



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROFNIT - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE
INTELECTUAL E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO

PEDRO MAGNO VIEIRA RODRIGUES

**ANÁLISES DO ESTADO DA TÉCNICA E DA ARTE DAS
TECNOLOGIAS *BLOCKCHAIN* E *NFT* APLICADAS AOS REGISTROS
ELETRÔNICOS DE SAÚDE.**

Orientadora: Prof. Dra. ANDREA VIVIANA WAICHMAN

Coorientador: Prof. Dr. DALTON CHAVES VILELA JUNIOR

PEDRO MAGNO VIEIRA RODRIGUES

Análises do estado da técnica e da arte das tecnologias *blockchain* e nft aplicadas aos registros eletrônicos de saúde.

Dissertação apresentada pelo Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação – PROFNIT – Ponto Focal da Universidade Federal do Amazonas.

Orientador (a): Andrea Viviana Waichman

Coorientador: Dalton Chaves Vilela Junior.

Manaus/AM
2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

-
- R696a Rodrigues, Pedro Magno Vieira
 Análises do estado da técnica e da arte das tecnologias
 blockchain e NFT aplicadas aos registros eletrônicos de saúde. /
 Pedro Magno Vieira Rodrigues. - 2025.
 68 f. : il., color. ; 31 cm.
- Orientador(a): Andrea Viviana Waichman.
 Coorientador(a): Dalton Chaves Vilela Junior.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas,
 Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e
 Transferência de Tecnologia para Inovação, Manaus, 2025.
1. EHR. 2. Blockchain. 3. NFT. 4. Saúde Digital. I. Waichman,
 Andrea Viviana. II. Vilela Junior, Dalton Chaves. III. Universidade
 Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em
 Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para
 Inovação. IV. Título
-

PEDRO MAGNO VIEIRA RODRIGUES

Análises do Estado da Técnica e da Arte das Tecnologias *Blockchain* e NFT Aplicadas aos Registros Eletrônicos de Saúde.

Dissertação apresentada, na data de 27/03/2025, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação – PROFNIT – Ponto Focal da Universidade Federal do Amazonas.

Orientador (a): Andrea Viviana Waichman

Coorientador: Dalton Chaves Vilela Junior.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr(a) Andrea Viviana Waichman.

Prof. Dr. Dalton Chaves Vilela Junior.

Prof. Dr(a) Maria Olivia Albuquerque Ribeiro Simão.

Prof. Dr. Eduardo Meireles.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família: ao meu esposo, Walder Chagas; aos meus pais, Lindalva e José Ferreira Rodrigues; e às minhas companheiras de quatro patas, Anne e Estrela. Aos meus orientadores, Dra. Andrea Waichman e Dr. Dalton Vilela, minha profunda gratidão — sem a paciência e a dedicação incansável de vocês, este trabalho não teria sido possível. De forma especial, dedico ao meu querido cachorro Jack, que faleceu em fevereiro de 2025. Sua presença constante ao meu lado, durante as noites em claro, feriados e fins de semana dedicados a esta missão, foi um conforto silencioso e uma companhia inestimável.

RODRIGUES, P. M. V. **Análises do Estado da Técnica e da Arte das Tecnologias *Blockchain* e NFT Aplicadas aos Registros Eletrônicos de Saúde.** (Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023.

RESUMO

Os Registros Eletrônicos de Saúde (RES), ou *Electronic Health Records* (EHRs), ou ainda prontuários de saúde, passaram recentemente a despertar um interesse crescente. Por meio de estudos científicos, da legislação e da lucratividade, introduziu-se uma mudança na cultura global, na qual as informações médicas se tornaram uma valiosa fonte de conhecimento. Todavia, foi detectado que os RES continuam em posse das corporações de saúde e que as pessoas não são “detentoras” de suas próprias informações. O presente estudo tem como objetivo oferecer à sociedade um modelo conceitual direcionado para a descentralização dos RES. Como metodologia, elaborou-se um estudo prospectivo do estado da arte nas tecnologias emergentes *blockchain* e NFT (*Non-Fungible Token*), uma vez que, segundo a literatura sobre o tema, elas são capazes de proporcionar um acesso seguro, sigiloso e facilitado, conforme apontam os autores pesquisados. Esse processo foi seguido por um trabalho sistemático de coleta, tratamento, análise e apresentação dos resultados extraídos de trabalhos científicos coletados na base SCOPUS, que buscavam esmerilar a temática. O propósito principal foi construir um modelo de RES contendo os elementos mais utilizados nos estudos científicos sobre o assunto. O modelo foi submetido à validação de profissionais da área na cidade de Manaus, que sugeriram melhorias para sua aplicação no contexto regional. Obteve-se, conseqüentemente, que, embora o estado da arte sobre a relação entre *blockchain* e saúde esteja bem desenvolvido, a introdução do elemento NFT nesse binômio ainda se encontra em sua fase inicial. Esse fato aponta para um solo propício ao desenvolvimento de pesquisas acadêmicas que busquem a utilização de ambas as tecnologias nos RES, principalmente se levarmos em conta que a LGPD, que determina que o cidadão deve ser soberano sobre suas informações pessoais, já está em vigor e que o descumprimento das normas de segurança dos dados de saúde pode resultar em multas vultosas.

Palavras-chave: EHR; Blockchain; NFT.

RODRIGUES, P. M. V. **Analysis of Blockchain and NFT's Technique Status and Art Status Applied to Eletronic Health Records.** (Master in Intellectual Property And Technology Transfer to Inovation) – Center of Social Science Applied. Federal University of Amazonas, Manaus, 2023.

ABSTRACT

Electronic Health Records (EHRs) have recently garnered increasing interest. Through scientific studies, legislation, and profitability, a shift in global culture has been introduced, making medical information a valuable source of data. However, it has been observed that EHRs remain in the possession of healthcare corporations, and individuals are not the "owners" of their own information. This study aims to provide a conceptual model direction towards the decentralization of EHRs. As methodology, a prospective study was conducted on the state-of-the-art emerging technologies of Blockchain and NFT (Non-Fungible Token), as the literature on the subject suggests they can provide secure, confidential, and facilitated access. This process was followed by a systematic work of collection, processing, analysis, and presentation of results extracted from scientific works collected in the SCOPUS database, which aim to refine the theme. The purpose was to construct a model for EHRs, containing the most commonly used elements in scientific studies on the subject. The model was submitted for validation by professionals in the field in the city of Manaus, who suggested improvements for its application in the regional context. Consequently, it was found that there is a fertile ground for the development of academic research that seeks to use both technologies in EHRs, especially considering that the General Data Protection Law (LGPD), which mandates that citizens should have sovereignty over their personal information, is already in full force and violations of health data security can result in hefty fines.

Keywords: EHR; Blockchain; NFT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de fluxo do processo de busca e seleção de artigos, adaptado da metodologia PRISMA	37
FIGURA 2 - Crescimento anual das publicações relacionadas ao uso de blockchain em registros eletrônicos de saúde entre 2016 e 2024	42
FIGURA3 - Distribuição geog. das public. <i>blockchain</i> e NFTs no setor de saúde	44
FIGURA 4 - Percentual de uso das principais plataformas de blockchain nos artigos analisados	46
FIGURA 5 - Distribuição dos protocolos mais utilizados no contexto de blockchain e NFTs para registros eletrônicos de saúde	49
FIGURA 6 - Modelo do Workflow Pajé	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 : Estratégia de buscas e resultados na base Scopus	33
Tabela 2 : Levantamento de dados na aplicação Orbit Intelligence.	39
Tabela 3 : Resultados com o termo "Non-fungible Token" na base Scopus	39
Tabela 4 : Resultados preliminares com o termo "Blockchain" na base Scopus	41
Tabela 5 : Distribuição dos artigos por padrão NFT.	46
Tabela 6 : Distribuição dos artigos por Protocolo.	35

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURA

DISA SUL	Distrito de Saúde Sul.
EHRs	Eletronic Health Records.
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais.
	Método de
TAM	Método de Aceitação de Tecnologia
NFT	Non-fungible Token
PHRs	Personal Health Records
PROFNIT	Prog. de Pós-Grad. em Prop. Intelectual e
	Transferência de Tecnologia para a Inovação.
SEASIS SUL	Setor de Análise de Situação de Saúde Disa Sul.
SEMSA MANAUS	Secretaria Municipal de Saúde de Manaus.
UFAM	Universidade Federal do Amazonas.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	13
2. INTRODUÇÃO	14
3. JUSTIFICATIVA	15
3.1. LACUNA PREENCHIDA PELO TCC	16
3.2. ADERÊNCIA AO PROFNIT.	16
4. OBJETIVOS	17
4.1. OBJETIVOS GERAIS.	17
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	17
5. REFERENCIAL TEÓRICO	17
5.1. OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE SAÚDE, SAÚDE DIGITAL E OS REGISTROS ELETRÔNICOS DE SAÚDE (RESs).	18
5.2. TECNOLOGIAS BLOCKCHAIN E NON-FUNGIBLE TOKEN.	22
5.3. BLOCKCHAIN E NFT NA SAÚDE.	25
6. METODOLOGIA	29
6.1. ESTRATÉGIA DE BUSCA E MEIOS.	30
6.1.1. <i>Estratégia de busca e meios – Dados Bibliográficos na Base Scopus.</i>	31
6.2 Proposição do Modelo	35
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
7.1 Classificação após a leitura dos artigos	41
7.2.Distribuição dos artigos por Padrão NFT	46
8. MODELO PROPOSTO	49
8.1. PRINCIPAIS ELEMENTOS UTILIZADOS EM EHRs DISPONÍVEIS EM BLOCKCHAINS.	49
8.2. MODELO PAJÉ.	49
8.3 VALIDAÇÃO DO MODELO PAJÉ POR GRUPO FOCAL DA ÁREA DE DADOS NA SAÚDE	54
9. IMPACTOS	55
10. ENTREGÁVEIS DE ACORDO COM OS PRODUTOS DO TCC	55

12. CONSIDERAÇÕES	60
13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
APÊNDICE	67

1.APRESENTAÇÃO

O autor deste estudo é o responsável técnico pelo Setor de Análise de Situação de Saúde (SEASIS), situado no Distrito de Saúde Sul (DISAS), uma das unidades administrativas da Secretaria Municipal de Saúde de Manaus (SEMSA). Com atuação conjunta nas Gerências de Vigilância Epidemiológica e de Inteligência de Dados, o autor é responsável pela análise do perfil epidemiológico da população do município, lidando com grandes volumes de informações sensíveis.

Considerando o contexto do mestrado profissional do PROFNIT e a demanda social por acesso seguro a informações de saúde, o autor propôs explorar tecnologias emergentes para aprimorar a segurança dos Registros Eletrônicos de Saúde (RES). A má gestão desses dados pode gerar sérios danos, o que ressalta a importância dessa iniciativa (Dallari, 2022).

O estudo focou na identificação de soluções baseadas em blockchain e NFTs para a criação de um modelo conceitual que venha a melhorar a segurança, rastreabilidade e integridade dos RES. Essas tecnologias permitem que o paciente seja o detentor de seu histórico médico, enquanto as instituições de saúde garantem a confidencialidade e precisão das informações.

A pesquisa constatou que, apesar de envolver tecnologias emergentes, o nível de inovação ainda é mediano, indicando a necessidade de mais investimento e foco para impulsionar sua adoção. No entanto, o potencial disruptivo dessas tecnologias é evidente. O trabalho oferece uma base sólida para orientar empresas e o setor de saúde na integração e desenvolvimento dessas soluções, visando otimizar a gestão dos RES.

Os resultados alcançados foram apresentados a um grupo focal de especialistas na área de dados na área da saúde, com ênfase nos gestores e profissionais da área, visando apoiar futuras implementações e melhorias no acesso e na segurança dos dados de saúde da população.

2. INTRODUÇÃO

Na Era digital, a produção e a circulação de dados têm crescido de forma exponencial. Stephens-Davidowitz (2022) estima que, no início do século XXI, a humanidade gerava 2,5 milhões de terabytes de dados diariamente. Esse imenso volume de informações está presente nos mais diversos setores da sociedade, como a academia, a indústria e a administração pública, demandando a criação e o aprimoramento de tecnologias emergentes que assegurem a integridade, a privacidade e a segurança desses dados.

O debate sobre a proteção de dados tornou-se crucial, especialmente no que diz respeito aos direitos constitucionais dos usuários. Tepedino (2019) argumenta que, com o crescente interesse comercial pelos dados, agora tratados como um valioso ativo financeiro, há uma tensão crescente entre a proteção dos direitos individuais e os interesses econômicos. Esse cenário também se reflete nos dados pessoais relacionados à saúde. Conforme Harari (2020), o aumento populacional, a natureza e a diversidade das informações geradas, bem como a crescente relevância dos dados, tornam esse ativo de extrema importância para a tríade Estado, indústria e academia.

No contexto da saúde, os Registros Eletrônicos de Saúde (RES, do inglês *Electronic Health Records* – EHRs) têm despertado maior atenção devido à sua relevância para o desenvolvimento da saúde digital (*e-health*). A Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), no Brasil, estabelece diretrizes claras sobre o tratamento, a acessibilidade e a privacidade das informações pessoais digitais. No entanto, o acesso aos RES (EHRs), especialmente pelos próprios cidadãos, ainda enfrenta obstáculos. Isso é evidenciado por processos judiciais recorrentes que buscam garantir o direito ao acesso a dados médicos.

Uma consulta ao portal Jusbrasil (<https://www.jusbrasil.com.br>) identificou mais de 10.000 casos em que cidadãos acionaram a Justiça para obter seus registros eletrônicos de saúde, o que evidencia uma lacuna significativa entre a legislação e a prática no que se refere ao direito de acesso aos dados de saúde.

O objetivo deste estudo é a construção de um modelo teórico através do mapeamento das iniciativas em curso e em desenvolvimento que buscam democratizar o acesso a prontuários médicos digitais, explorando tecnologias emergentes como Blockchain e NFT (Non-Fungible Token). De acordo com Mohammadi (2023), a tecnologia Blockchain tem sido cada vez mais explorada em diversos estudos, pois proporciona um ambiente mais seguro e autônomo para a gestão de informações sensíveis, como dados de saúde. Além disso, o uso de NFTs amplia essa abordagem ao permitir a integração de diferentes tipos de mídia, como imagens e áudios, aumentando a flexibilidade e a aplicabilidade da tecnologia no contexto dos Registros Eletrônicos de Saúde (RESs).

Embora o uso conjunto dessas tecnologias ainda não seja uma realidade no sistema de saúde brasileiro, o potencial de inovação é evidente. A adoção de Blockchain e NFTs poderia permitir que os próprios cidadãos fossem detentores de seus dados de saúde, em conformidade com o artigo 6º da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), que define o cidadão como soberano sobre suas informações pessoais. A pesquisa aqui apresentada, portanto, busca explorar um novo paradigma de acesso direto e seguro aos dados médicos, sem a necessidade de intervenções judiciais.

A aplicação possui um teor inovador moderado, mas apresenta alta complexidade em múltiplos campos. O estudo propõe contribuir para uma mudança cultural e tecnológica no tratamento dos registros médicos no Brasil, integrando diferentes áreas do conhecimento – Direito, Ciências Sociais, Segurança e Gestão da Informação e Saúde Coletiva – e reunindo diversos atores, incluindo profissionais da segurança e gestão da informação, profissionais da saúde e investidores financeiros. A implementação dessas tecnologias possui um potencial disruptivo, visando atender à demanda crescente por soluções seguras, acessíveis e eficazes para o gerenciamento de dados de saúde no país.

3. JUSTIFICATIVA

3.1 LACUNA PREENCHIDA PELO TCC

Com o aumento exponencial do uso da internet, a geração e o compartilhamento de dados pessoais - incluindo informações sensíveis, como dados de saúde - também cresceram significativamente. No entanto, apesar desse volume massivo de informações, ainda há falta de autonomia dos indivíduos sobre o acesso e o controle de seus próprios dados médicos.

Atualmente, os prontuários de saúde são frequentemente centralizados em instituições e sistemas de saúde, dificultando o acesso direto pelos cidadãos e, em alguns casos, exigindo medidas judiciais para garantir o direito a essas informações. Considerando que o acesso aos dados pessoais deve ser de livre consulta para seus usuários, pretende-se oferecer à sociedade um direcionamento para a criação de ferramentas que contribuam para a descentralização das informações médicas.

Dessa forma, este trabalho de conclusão busca preencher a lacuna existente na democratização do acesso aos registros médicos, propondo o uso de tecnologias emergentes, como Blockchain e NFTs, para descentralizar e garantir a segurança das informações de saúde.

Ao explorar essas tecnologias, o estudo pretende fornecer um direcionamento teórico claro para o desenvolvimento de ferramentas que possibilitem aos cidadãos o controle autônomo e seguro de seus dados de saúde, promovendo maior transparência e acessibilidade, em conformidade com os princípios estabelecidos pela Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

3.2 ADERÊNCIA AO PROFNIT

A estratégia adotada neste trabalho configura-se como um estudo prospectivo, alinhado aos objetivos do PROFNIT e ao projeto integrador das

disciplinas de Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia na área da saúde. O foco está na realização de buscas sistemáticas e exploratórias, com o intuito de agregar valor ao corpo de conhecimento científico sobre Registros Eletrônicos de Saúde (RES – EHRs), Blockchain e NFTs, visando preencher lacunas existentes no mercado.

O objetivo central não é apenas aprimorar o conhecimento atual, mas também fornecer subsídios valiosos para tomadores de decisão e formuladores de políticas públicas na área de saúde digital, impactando diretamente o desenvolvimento de soluções inovadoras e seguras.

A metodologia escolhida consiste em um processo sistemático de coleta, tratamento, análise e disseminação de informações relacionadas a ambientes competitivos, como o mercado de ativos digitais, a segurança da informação e a produção científica, entre outros. Esse processo visa identificar tendências e oportunidades para a criação de novas ferramentas que potencializam a gestão e o acesso aos dados de saúde.

Ao abordar questões estratégicas de propriedade intelectual e transferência de tecnologia, o estudo busca contribuir, de forma prática, para o desenvolvimento de soluções tecnológicas aplicáveis ao setor da saúde, em consonância com a linha de pesquisa do programa e com as demandas contemporâneas de proteção de dados e inovação tecnológica.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVOS GERAIS.

Realizar uma análise do estado da arte das tecnologias Blockchain e NFTs aplicadas aos Registros Eletrônicos de Saúde (RESs), identificando seu potencial para a descentralização, segurança e gestão eficiente dos dados de saúde.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e analisar as principais aplicações e estudos científicos que envolvem o uso de Blockchain e NFTs, no contexto dos Registros Eletrônicos de Saúde (RES), identificando as tendências, desafios e oportunidades tecnológicas;
- Avaliar a aplicabilidade e viabilidade das tecnologias prospectadas (Blockchain e NFTs) em sistemas de saúde, buscando insights práticos e orientações que possam subsidiar futuras implementações;
- Desenvolver e apresentar um modelo especulativo, apontando soluções para o preenchimento de lacunas na proteção e gestão de dados de saúde em prontuários eletrônicos, considerando a segurança, acessibilidade e conformidade com legislações como a LGPD, e propondo recomendações para a adoção dessas tecnologias.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

O presente referencial teórico busca esclarecer o atual paradigma do sistema de informação em saúde, além de apresentar as tecnologias que serão investigadas.

5.1 OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE SAÚDE, SAÚDE DIGITAL E OS REGISTROS ELETRÔNICOS DE SAÚDE (RESs)

Os Registros Eletrônicos de Saúde (RESs) são sistemas digitais que armazenam informações completas e estruturadas sobre a saúde dos pacientes. Esses registros contêm dados como histórico médico, diagnósticos, resultados de exames, prescrições de medicamentos e tratamentos realizados, oferecendo uma visão consolidada da saúde do indivíduo ao longo do tempo (Pereira, 2024).

Desde sua introdução, os EHRs têm se destacado como uma ferramenta essencial para modernizar a prestação de serviços de saúde, reduzindo a dependência de registros em papel e centralizando dados clínicos em plataformas acessíveis (Jamoom; Yang; Hing, 2016).

A adoção dos RESs começou a crescer nos anos 2000, especialmente após a implementação de políticas de incentivo, como o Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act (HITECH), de 2009, nos Estados Unidos, que promoveu o uso significativo de sistemas de saúde eletrônicos (Faulkenberry; Luberti; Craig, 2022; Jamoom; Yang; Hing, 2016; Li *et al.*, 2020).

O principal objetivo dos RESs é melhorar o gerenciamento de informações de saúde, permitindo que profissionais da área acessem rapidamente dados críticos para o cuidado do paciente (Adekunle Oyeyemi Adeniyi *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2020; Queen Elizabeth Enahoro *et al.*, 2023). Além disso, os RESs promovem a integração entre diferentes instituições de saúde, facilitando o compartilhamento de informações entre médicos, hospitais e outros prestadores de serviços de saúde.

Os RESs desempenham múltiplas funções nos sistemas de saúde:

- Organização e manutenção das informações médicas – Os dados são armazenados em formato digital, permitindo acesso rápido e preciso

por parte dos profissionais de saúde (Adekunle Oyeyemi Adeniyi *et al.*, 2024; Alanazi *et al.*, 2023; Pereira, 2024);

- Facilitação da comunicação - Através dos RESs, médicos, enfermeiros e outros profissionais de saúde podem compartilhar informações de maneira eficiente, melhorando a coordenação no atendimento ao paciente (Alanazi *et al.*, 2023);
- Suporte à tomada de decisões clínicas – Com o histórico de saúde detalhado do paciente disponível, os EHRs ajudam os profissionais de saúde a escolherem os melhores tratamentos, com base em dados precisos e atualizados (Jamoom; Yang; Hing, 2016);
- Monitoramento de tratamentos e prescrições – Os RESs permitem acompanhar a administração de medicamentos, reduzindo o risco de erros de medicação e melhorando a segurança do paciente (Mohammadi; Fatoorchi; Babagoli, 2023a; Queen Elizabeth Enahoro *et al.*, 2023; Shamshad S, 2020; Tanwar; Parekh; Evans, 2020).

Além dessas funções, os EHRs (RESs) têm sido cada vez mais utilizados para promover práticas baseadas em evidências, possibilitando análises detalhadas de dados que contribuem para a melhoria dos resultados clínicos e o desenvolvimento de políticas de saúde pública. Essa capacidade fortalece os avanços médicos contínuos e apoia estratégias de saúde pública, tornando a prestação de serviços de saúde mais eficaz e informada (Kumari; Chander, 2024; New *et al.*, 2018; Tanwar; Parekh; Evans, 2020).

Inúmeros são os benefícios que o uso de Registros Eletrônicos de Saúde (RESs) proporciona tanto para profissionais da saúde quanto para pacientes. A centralização dos dados permite o monitoramento em tempo real, além de gerar alertas para cuidados preventivos, possibilitando intervenções oportunas e melhores resultados clínicos (Alanazi *et al.*, 2023).

Além disso, os RESs simplificam os processos administrativos, reduzindo erros e custos operacionais associados aos registros em papel, bem como diminuindo a duplicação de exames e procedimentos desnecessários (Ebbers *et al.*, 2024; Suharti; Hariyati, 2024).

A integração de tecnologias, como inteligência artificial, aprimora a análise dos dados dos pacientes, identificando tendências que informam práticas baseadas em evidências e melhorar a prestação de cuidados (Kumari; Chander, 2024). Por fim, os RESs promovem a interoperabilidade entre clínicas, hospitais e laboratórios, permitindo que dados essenciais acompanhem o paciente independentemente do local onde ele esteja recebendo atendimento (New *et al.*, 2018).

No entanto, a implementação bem-sucedida dos RESs exige superar desafios como a interoperabilidade e o treinamento dos profissionais de saúde, para que o sistema alcance seu pleno potencial na melhoria da eficiência e qualidade do atendimento (Adekunle Oyeyemi Adeniyi *et al.*, 2024; Alanazi *et al.*, 2023). Muitos RESs de diferentes fornecedores não conseguem se comunicar adequadamente, dificultando o compartilhamento eficiente de informações entre instituições de saúde (Alzahrani; Daim; Choo, 2023).

Como os RESs contêm informações sensíveis sobre a saúde dos pacientes, questões relacionadas à segurança e privacidade são grandes preocupações. Violações de dados podem gerar consequências graves tanto para os pacientes quanto para as instituições de saúde, e a necessidade de conformidade com regulamentações, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) no Brasil, torna esse um desafio contínuo (Alanazi *et al.*, 2023).

A resistência à adoção por parte dos profissionais de saúde também se configura como um problema frequente, principalmente devido ao tempo e esforço necessários para aprender e utilizar os novos sistemas (Jamoom; Yang; Hing, 2016).

No geral, os RESs representam um avanço crucial nos sistemas de informação de saúde, impulsionando melhorias no atendimento ao paciente e na relação custo-benefício. Diversos países têm implementado RESs em larga escala, com resultados variáveis. Um dos exemplos mais notáveis é o sistema de saúde dos Estados Unidos, onde a adoção de RESs foi impulsionada pelo HITECH Act de 2009. Esse programa ofereceu incentivos financeiros às instituições que adotassem sistemas certificados de RESs, promovendo um crescimento significativo na adoção dessas tecnologias (Jamoom; Yang; Hing, 2016).

No Reino Unido, o programa NHS Care Data buscou integrar informações de saúde de diversas fontes, mas enfrentou desafios de aceitação pública devido à falta de clareza sobre o uso dos dados, o que resultou em seu cancelamento. No entanto, programas subsequentes, como o Salford Integrated Record (SIR), tiveram maior sucesso ao envolver diretamente os pacientes no processo de consentimento, além de explicitar os benefícios do compartilhamento de dados para a melhoria do atendimento à saúde (New *et al.*, 2018).

Na Suécia, o país desenvolveu um sistema nacional de RESs que integra informações de saúde de todos os prestadores de serviços. Esse sistema permite que os dados sejam acessados por profissionais de saúde e pelos próprios pacientes, promovendo maior transparência e controle sobre as informações (New *et al.*, 2018).

A tecnologia blockchain tem se destacado como uma solução promissora para os desafios enfrentados pelos Registros Eletrônicos de Saúde (RESs), especialmente no que diz respeito à segurança, rastreabilidade e descentralização dos dados. O blockchain, por sua natureza descentralizada e imutável, possibilita que os dados de saúde sejam gerenciados de forma mais segura e transparente, eliminando a necessidade de uma autoridade central (Alanazi *et al.*, 2023; Pereira, 2024).

Soluções baseadas em blockchain estão sendo adotadas nos sistemas de saúde para permitir a troca segura de informações entre prestadores de serviços. Com o uso de blockchain, garante-se que apenas indivíduos autorizados acessem os dados e que todas as transações sejam auditáveis e imutáveis, aumentando a confiança de pacientes e profissionais de saúde.

5.2 TECNOLOGIAS BLOCKCHAIN E NON-FUNGIBLE TOKEN

A tecnologia *blockchain* surgiu a partir das teorias de criptografia desenvolvidas nos anos 1980, quando David Chaum propôs o uso de cadeias de blocos para garantir a integridade e segurança dos dados (Carrano, 2022).

Esse sistema inovador registrava permanentemente alterações em sua estrutura. No entanto, o conceito ganhou notoriedade em 2008, com a criação do Bitcoin, uma criptomoeda desenvolvida por Satoshi Nakamoto, que utilizou a blockchain para viabilizar transações seguras e imutáveis sem a necessidade de intermediários (Nakamoto, 2008).

A tecnologia proposta tornou-se a base para as criptomoedas e, posteriormente, expandiu sua aplicação para diversos setores. Atualmente, a blockchain é explorada em áreas como a saúde, devido à sua capacidade de assegurar transparência e confiabilidade.

A blockchain é uma tecnologia de registro distribuído, mantida por uma rede de participantes verificados, que armazena blocos de dados imutáveis e compartilháveis sem a necessidade de intermediários (Abou Jaoude; George Saade, 2019). Os dados são protegidos por assinaturas criptográficas, enquanto algoritmos de consenso garantem a viabilidade do sistema (Abou Jaoude; George Saade, 2019). Sua arquitetura conecta blocos de dados validados, sendo que cada bloco é protegido por criptografia, de modo que qualquer alteração em um bloco invalida a cadeia subsequente. Essa imutabilidade torna a blockchain uma tecnologia altamente segura e transparente, sendo ideal para aplicações que exigem a integridade dos dados, como o gerenciamento de Registros Eletrônicos de Saúde (RESs).

Existem três tipos de blockchains: públicas, privadas e híbridas. As blockchains públicas, como as redes Bitcoin e Ethereum, são descentralizadas e abertas, permitindo que qualquer pessoa participe da rede. Embora ofereçam alta transparência, podem enfrentar problemas de escalabilidade e alto consumo de energia, devido ao processo de consenso baseado no proof of work (PoW).

Já as blockchains privadas são fechadas e controladas por uma entidade ou consórcio, permitindo que apenas participantes autorizados acessem a rede e realizem transações. Esse modelo torna a rede mais eficiente e adequada para uso corporativo. Em contraste, as blockchains híbridas combinam características das blockchains públicas e privadas, possibilitando maior flexibilidade e controle.

No contexto da saúde, as blockchains privadas e híbridas são particularmente úteis para proteger informações sensíveis, como dados médicos, nos quais o acesso deve ser controlado e regulado. A possibilidade de estabelecer permissões e gerenciar quem pode acessar ou modificar os dados é fundamental para garantir a conformidade com legislações de proteção de dados, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

Estudos indicam que o valor potencial da blockchain na saúde oferece benefícios significativos em diversas áreas, promovendo conformidade regulatória, maior eficiência, interoperabilidade entre organizações, além de aprimorar a qualidade, rastreabilidade, integridade dos dados, responsabilidade e controle de acesso (Hasselgren *et al.*, 2020; Mohammadi; Fatoorchi; Babagoli, 2023a; Spanò; Massaro; Iacuzzi, 2023).

Todos os tipos de blockchain compartilham uma arquitetura comum baseada em cadeias de blocos. Cada bloco é composto por um cabeçalho e um corpo, sendo que o cabeçalho contém elementos essenciais para a segurança e verificação dos dados. Conforme Carrano (2022), o cabeçalho de cada bloco inclui:

- O Hash do bloco anterior é um código gerado a partir de um algoritmo criptográfico que vincula os blocos entre si. A Merkle roo é uma estrutura usada para verificar de maneira eficiente a integridade de um conjunto de dados;
- O Timestamp, que é um registro temporal, no caso da criação do bloco;
- O Nonce, um número aleatório utilizado uma única vez no processo de validação do bloco.

As transações são registradas no corpo do bloco. Qualquer violação ou tentativa de manipulação de dados cria uma inconformidade nos elementos do cabeçalho, resultando em um alerta de quebra de segurança.

No entanto, o tamanho limitado dos blocos representa um desafio significativo para o armazenamento de grandes volumes de dados, como imagens e sons, especialmente em aplicações mais complexas, como os Registros Eletrônicos de Saúde (RESs).

Para esse desafio, múltiplas tecnologias foram desenvolvidas na era da saúde digital. Entre elas, os NFTs (Non-Fungible Tokens) surgiram como uma solução inovadora para o gerenciamento de dados. Baseados no padrão ERC-721 e implementados em plataformas como a blockchain Ethereum, os NFTs foram criados inicialmente em 2014, com o NFT "Quantum", desenvolvido por Kevin McCoy. Eles funcionam como certificados digitais, garantindo propriedade exclusiva e não duplicável de ativos (Vaddem *et al.*, 2023). Segundo Jayasinghe (2022), os NFTs promovem transparência, confiança e imutabilidade no tráfego de dados.

Alguns países já utilizam NFTs para proteger informações de saúde. Um exemplo é San Marino, que emprega essa tecnologia para a emissão de certificados digitais de vacinação contra a COVID-19, assegurando imutabilidade e acessibilidade (Vaddem *et al.*, 2023). Dessa forma, os NFTs se destacam como ferramentas valiosas para autenticação e rastreamento de informações em sistemas de saúde.

Os NFTs também vêm sendo explorados em outros contextos da área da saúde, como no compartilhamento de dados genômicos. Um exemplo desse uso inovador é a coleção baseada em genomas humanos, desenvolvida pelo biólogo George Church, em colaboração com a Nebula Genomics. Ao utilizar NFTs, a equipe de Church conseguiu garantir que os dados genômicos fossem protegidos e compartilhados de maneira segura e rastreável, conforme relatado pela revista Nature (Jones, 2021).

Embora a aplicação de NFTs em Registros Eletrônicos de Saúde ainda esteja em uma fase inicial, seu potencial é amplamente reconhecido (Calderone, 2023; Khan *et al.*, 2022; Musamih *et al.*, 2023; Yaghy *et al.*, 2023). Os NFTs têm o potencial de revolucionar vários aspectos da saúde, assim como já impactaram setores como arte e imóveis (Musamih *et al.*, 2023).

Uma revisão da literatura identificou pesquisas em andamento que exploram o uso de NFTs em diversas áreas, incluindo Internet das Coisas (IoT), Finanças, Saúde, Cadeia de Suprimentos, Segurança Cibernética, Artes Digitais e Jogos Eletrônicos. Esses esforços demonstram a versatilidade dos NFTs e seu potencial

para transformar o gerenciamento de dados em múltiplos setores, especialmente no armazenamento e compartilhamento seguro de informações de saúde.

5.3 Blockchain e NFT na Saúde

O setor de saúde tem adotado os Registros Eletrônicos de Saúde (EHRs), trazendo benefícios significativos, mas também levantando preocupações quanto à segurança e privacidade dos dados médicos confidenciais, especialmente diante de violações e ataques cibernéticos (Khan *et al.*, 2022).

Nos últimos cinco anos, os princípios da Indústria 4.0 introduziram a quarta era da saúde, marcada pelo uso de tecnologias inteligentes no cuidado dos pacientes (Mohammadi; Fatoorchi; Babagoli, 2023a).

Nessa nova fase, profissionais de saúde e pacientes compartilham responsabilidades no monitoramento da saúde, no relato de sintomas e na participação ativa nas decisões de cuidado. O foco está na criação de blockchains inteligentes, que proporcionam acesso em tempo real a dados clínicos, promovem a virtualização e viabilizam cuidados personalizados (Septiansyah *et al.*, 2022). Essas inovações evidenciam o potencial da tecnologia para transformar o setor e atender às crescentes demandas por segurança e eficiência.

Segundo Jayasinghe (2022), antes da introdução da tecnologia *blockchain* nos RESs, as discussões sobre a proteção de dados médicos concentravam-se predominantemente no armazenamento em infraestruturas de nuvem.

No entanto, com o advento da *blockchain* e dos NFTs, esse cenário foi profundamente transformado, proporcionando um novo paradigma de proteção das informações, caracterizado pela segurança descentralizada e pela imutabilidade dos dados em cadeias de blocos.

Apesar das suas vantagens, o uso da *blockchain* no armazenamento de Registros Eletrônicos de Saúde (RESs) enfrenta desafios técnicos e práticos. Um dos principais problemas é o tamanho limitado dos blocos em blockchains tradicionais, o que dificulta o armazenamento de grandes volumes de dados, como

imagens médicas e exames laboratoriais, essenciais para os prontuários eletrônicos (Jamoom; Yang; Hing, 2016; Tanwar; Parekh; Evans, 2020).

Além disso, o aumento no número de transações em uma blockchain pública pode gerar congestão na rede, elevando os custos e os tempos de processamento.

Para superar esses desafios, soluções alternativas estão sendo desenvolvidas, como o uso de armazenamento off-chain. Nesse modelo, dados volumosos, como imagens de alta resolução e vídeos, são armazenados fora da blockchain, enquanto a própria blockchain registra apenas os metadados ou hashes desses dados.

Em outras palavras, esse método assegura que as informações críticas sobre integridade e autenticação sejam preservadas na blockchain, enquanto o volume principal de dados é armazenado em repositórios externos seguros (Devi *et al.*, 2024).

Os Non-Fungible Tokens (NFTs) surgem como uma solução inovadora para o gerenciamento de dados únicos e intransferíveis, tornando-se especialmente valiosos no campo da saúde (Gebreab *et al.*, 2022; Mohammadi; Fatoorchi; Babagoli, 2023a, 2023b, 2023c; Musamih *et al.*, 2023).

Os NFTs são, essencialmente, ativos digitais que funcionam como certificados de propriedade exclusivos, permitindo que um indivíduo tenha controle sobre um ativo específico sem a possibilidade de duplicação. Ao contrário das criptomoedas, que são intercambiáveis e possuem o mesmo valor entre si, os NFTs são únicos, garantindo que cada unidade de dados seja distinta das demais.

Os NFTs têm o potencial de revolucionar a saúde, aprimorando o gerenciamento de dados e o envolvimento do paciente. Suas características únicas permitem transações seguras e rastreáveis de registros médicos, possibilitando a solução de problemas relacionados a silos de dados e à falta de transparência nos sistemas de saúde (Dash; Gantayat; Das, 2021; Lopes; Pereira, 2019).

Ao utilizar a tecnologia blockchain, os NFTs podem facilitar a criação de Registros Eletrônicos de Saúde (RESs) descentralizados, garantindo a integridade dos dados e a privacidade do paciente, ao mesmo tempo em que permitem acesso em tempo real às informações (Munoz; Constantinescu, 2021).

Além disso, a integração de NFTs com tecnologia vestível e componentes de redes sociais pode aprimorar o diagnóstico orientado pelo paciente, especialmente em resposta a desafios de saúde pública, como a pandemia da SARS-CoV-2 (Munoz; Constantinescu, 2021).

Entretanto, a implementação bem-sucedida de NFTs na área da saúde exige uma análise criteriosa da conformidade regulatória e do design da interface do usuário, a fim de evitar problemas relacionados à transparência e à responsabilidade (Cornelius, 2021; Khan *et al.*, 2023; Rouhani, 2018). No geral, embora os NFTs apresentem oportunidades significativas, sua aplicação na área da saúde deve ser abordada com uma compreensão abrangente dos desafios envolvidos.

No contexto dos Registros Eletrônicos de Saúde (RESs), os NFTs podem ser utilizados para representar de forma única cada prontuário médico, garantindo que o paciente tenha total controle sobre seus dados (New *et al.*, 2018).

Além disso, os NFTs possibilitam o registro não apenas de textos e informações básicas, mas também de arquivos multimídia, como imagens de exames e vídeos de procedimentos, fundamentais para um atendimento médico completo (Kostick-Quenet *et al.*, 2022; Mohammadi; Fatoorchi; Babagoli, 2023a; Nunes *et al.*, 2024; Rai *et al.*, 2023; Tanwar; Thakur, 2023).

A utilização de NFTs na área da saúde oferece diversos benefícios, tais como:

- Propriedade e controle descentralizado: Pacientes podem ter propriedade direta sobre seus dados de saúde, decidindo quem pode acessar, compartilhar ou modificar essas informações;
- Segurança e rastreabilidade: Como cada transação de NFT é registrada em uma *blockchain*, qualquer acesso ou modificação dos dados de saúde é rastreável, oferecendo maior transparência e segurança;
- Autenticidade garantida: NFTs garantem que os dados sejam autênticos e não replicáveis, evitando fraudes ou alterações indevidas de informações sensíveis.

Para demonstrar as aplicações da tecnologia foi realizada uma análise comparativa entre as contribuições e limitações das soluções de blockchain eNFTs no setor de saúde (Mohammadi; Fatoorchi; Babagoli, 2023).

A análise baseou-se em quatro fatores críticos: integridade dos dados, não repúdio, privacidade, confidencialidade, sigilo e escalabilidade. A seguir, detalha-se a descrição de cada um desses fatores:

1. Integridade dos dados: Refere-se à capacidade de garantir que as informações armazenadas em *blockchain*, com o suporte de NFTs, permaneçam inalteradas, assegurando que qualquer tentativa de modificação não autorizada seja detectada por meio do uso de criptografia avançada;
2. Não-repúdio: Trata-se da capacidade de garantir que a identidade do usuário que insere os dados, como médicos ou enfermeiros, seja autenticada e vinculada de maneira indiscutível à transação, de forma que o responsável pela inserção dos dados não possa negar sua autoria;
3. Privacidade e Confidencialidade: Relaciona-se à garantia de que somente usuários com permissões adequadas possam acessar as informações confidenciais, assegurando que os dados sejam protegidos de acessos não autorizados;
4. Sigilo: Foca na proteção da titularidade dos dados, de forma que as informações sensíveis permaneçam anônimas, exceto quando estritamente necessário, preservando assim a privacidade do paciente.
5. Escalabilidade: Diz respeito à capacidade do sistema de expandir e evoluir à medida que a demanda por recursos e dados aumenta, sem comprometer o desempenho ou a segurança.

As reflexões do estudo apontam que, embora o uso de blockchain no setor de saúde seja ainda inicial, seu potencial é reconhecido. O sistema proposto atendeu à maioria dos fatores analisados, exceto na escalabilidade. Contudo, incorporou NFTs, oferecendo uma solução inovadora para rastreabilidade e propriedade dos dados.

A adoção de NFTs revelou-se altamente eficaz, proporcionando uma alta capacidade de resolução para os desafios associados à privacidade e autenticidade dos dados no contexto dos Registros Eletrônicos de Saúde (RESs). Assim, esta pesquisa estabelece uma base sólida para o futuro da aplicação dessas tecnologias no setor de saúde.

Em síntese, as tecnologias de *blockchain* e NFTs emergem como soluções promissoras para superar os desafios de segurança, integridade e privacidade nos RESs, oferecendo um novo paradigma para a gestão de dados de saúde no ambiente digital. À medida que essas inovações continuam a evoluir, espera-se que sua adoção seja cada vez mais consolidada, promovendo uma transformação significativa nos sistemas de saúde.

6. METODOLOGIA

A presente pesquisa, de natureza exploratória e descritiva, realizou uma análise do estado da arte das tecnologias *blockchain* e NFTs aplicadas aos Registros Eletrônicos de Saúde (RESs), identificando seu potencial para a descentralização, segurança e gestão eficiente dos dados de saúde.

A prospecção tecnológica é um processo estratégico de identificação, análise e avaliação de tendências tecnológicas emergentes e oportunidades de inovação que possam influenciar ou transformar um determinado setor ou mercado. Esse processo envolve o monitoramento sistemático de tecnologias, patentes, publicações científicas e dados de mercado, com o objetivo de prever o desenvolvimento futuro de tecnologias e identificar áreas promissoras para investimento, pesquisa e desenvolvimento. Para tanto, foram identificadas e analisadas as principais aplicações e estudos científicos envolvendo o uso de *blockchain* e NFTs no contexto dos Registros Eletrônicos de Saúde (RESs).

Essa análise teve como finalidade elaborar e propor um modelo de trabalho para RESs que garanta segurança, integridade e acessibilidade tanto para os usuários responsáveis pelo manejo das informações quanto para os pacientes, detentores dos dados.

Para atingir esse objetivo, foi realizado um mapeamento sistemático e avaliação de artigos científicos que discutem o uso de *blockchain* e NFTs em sistemas de saúde digital, com foco em RESs. Esse mapeamento visou identificar as

contribuições dessas tecnologias para a segurança, rastreabilidade e acessibilidade das informações de saúde.

Adicionalmente, a pesquisa buscou fornecer mecanismos mais ágeis e eficientes aos tomadores de decisão no setor da saúde, permitindo-lhes assegurar a integridade dos dados sob sua responsabilidade, sem comprometer a acessibilidade dos pacientes aos seus próprios registros. A intenção é que o modelo proposto promova uma gestão mais robusta e segura das informações, oferecendo ao paciente controle e confiança sobre seus dados.

Como parte do escopo deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática nas bases de dados científicas (Web of Science, Google Scholar e IEEE), focando na identificação de artigos que tratam da aplicação de blockchain e NFTs em EHRs. A análise bibliométrica desenvolvida aqui teve como objetivo investigar o volume de publicações relacionadas ao tema e compreender o cenário de adoção das tecnologias estudadas.

Dessa forma, foram mapeados e quantificados os artigos científicos relevantes sobre a aplicação de blockchain e NFTs em RESs e, posteriormente, identificados e avaliados os principais trabalhos da área, de forma a compreender sua relevância e impacto no contexto da saúde digital.

6.1 Estratégia de busca e meios

A definição da estratégia de busca para a construção da linha de comando, ou *query string*, nas bases de dados bibliográficas e de patentes foi a mesma e seguiu um protocolo consistente e bem estruturado, conforme as normas dos Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises (PRISMA) (Page *et al.*, 2022; Moher *et al.*, 2009).

Em suma, a diretriz principal do PRISMA é fornecer orientações específicas para a elaboração de revisões sistemáticas, com recomendações para o relato de diferentes tipos de revisões.

Como parte essencial da metodologia, optou-se pela utilização do DeCS/MeSH (Descritores em Ciências da Saúde/*Medical Subject Headings*), um

tesauro multilíngue amplamente reconhecido, que auxiliou na identificação das palavras-chave mais pertinentes em trabalhos científicos relacionados à área da saúde.

O DeCS/MeSH é uma plataforma digital desenvolvida pela Bireme (Centro Latino-Americano e do Caribe de Informações em Ciências da Saúde), vinculada à Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) e à Organização Mundial da Saúde (OMS). A ferramenta oferece um vocabulário controlado para a indexação de literatura científica em ciências da saúde, garantindo uniformidade terminológica e facilitando a busca e recuperação de informações relevantes.

Por meio de uma busca na plataforma, foi possível identificar termos sinônimos ou semanticamente próximos, resultando na extração dos seguintes descritores: “medical*”, “record*”, “health*” e “clinical*”. O uso de asteriscos foi empregado como uma estratégia adicional para ampliar a abrangência dos resultados, permitindo a captura de variações dos termos pesquisados. Após a obtenção dos resultados iniciais, aplicaram-se diferentes filtros, conforme as opções disponibilizadas pelas bases científicas. As etapas detalhadas serão expostas na próxima seção.

6.1.1. Estratégia de busca e meios – Dados Bibliográficos na Base Scopus

O período de busca compreendeu o ano de 2014 até a data de 19 de abril de 2024, momento da realização da busca. Esse processo está pormenorizado na Tabela 1. A revisão adotou critérios de inclusão para assegurar a relevância e a qualidade das publicações. Os critérios aplicados foram os seguintes:

- Publicações revisadas por pares: Somente estudos que foram submetidos à revisão por pares foram incluídos. Foram incluídos apenas estudos submetidos à revisão por pares, garantindo que as pesquisas tenham sido avaliadas e validadas por especialistas da área, o que aumenta a confiabilidade e a credibilidade dos resultados apresentados;
- Foco no uso de *blockchain* e NFTT para RES: As publicações analisadas deveriam abordar especificamente o uso de tecnologias blockchain ou

NFTs para Registros Eletrônicos de Saúde (RES). Esse critério assegura que a revisão esteja concentrada em estudos diretamente relevantes ao tema;

- Data de publicação: A inclusão foi limitada a estudos publicados até uma data previamente definida, com o intuito de garantir que as descobertas refletem as pesquisas e os avanços mais recentes no campo da tecnologia *blockchain* e NFTs para RES;
- Relevância para áreas-chave: A revisão concentrou-se em áreas como registros eletrônicos de saúde (RES) e registros pessoais de saúde (RPS), que representam aplicações críticas das tecnologias *blockchain* no setor de saúde, assegurando que as publicações abordassem temas de alta relevância e impacto;
- Quando um trabalho aparecia em mais de uma base, somente foi considerado uma vez, de forma a evitar duplicações. Essa abordagem metodológica busca garantir que os estudos selecionados sejam tanto de alta qualidade quanto pertinentes às discussões contemporâneas sobre o uso de *blockchain* na saúde.

Na primeira etapa, foi realizada uma busca nas bases de dados com os termos selecionados, acrescidos de *non-fungible token* e *blockchain*. Os buscadores selecionados foram empregados nos campos título, resumo e palavras-chave. A estratégia de busca detalhada seguiu o seguinte formato: *medical and record*, agrupados por parênteses e conectados pelo operador booleano "AND". O operador booleano "OR" foi empregado para combinar esse conjunto com o próximo: *health and record*. O mesmo procedimento foi replicado para a inclusão de *Clinical and record*.

Por fim, o termo *non-fungible token* foi incorporado à estratégia de busca da seguinte maneira: *(TITLE-ABS-KEY((medical* AND record*) OR (health* AND record*) OR (clinical* AND record*)) AND TITLE-ABS-KEY("non-fungible token"))*;

Apesar da estruturação detalhada da consulta, o resultado foi a recuperação de apenas nove artigos. Esse número reduzido pode ser explicado pela natureza emergente da integração de NFTs com registros médicos e de saúde, o que indica um campo ainda em desenvolvimento, com potencial limitado de publicações até o momento.

Optou-se pelo uso do termo completo *non-fungible token* para designar a

tecnologia NFT, pois, durante o processo de busca, foi observado que a versão abreviada "NFT" é frequentemente utilizada para se referir a outros conceitos em áreas distintas do conhecimento, o que poderia gerar ambiguidade nos resultados.

Nesta fase inicial, a inclusão do termo *blockchain* foi considerada desnecessária, uma vez que este constitui a infraestrutura subjacente ao funcionamento dos NFTs, tornando-se, portanto, um conceito implícito e subordinado à própria tecnologia dos tokens não fungíveis.

Para a segunda etapa, optou-se por repetir a pesquisa com os mesmos termos utilizados, contudo, limitando-os ao campo de título. Para o campo resumo, optou-se por substituir o termo *non-fungible token* por *blockchain*.

A query string obtida foi: ((TITLE-ABS (*medical* AND record**) OR TITLE-ABS (*health* AND record**) OR TITLE-ABS (*clinical* AND record**)) AND TITLE-ABS ("blockchain")).

O resultado obtido foi promissor, retornando 1.881 trabalhos. Com base nesse volume de publicações, decidiu-se iniciar o refinamento dos resultados para uma análise mais focada.

O primeiro filtro aplicado foi por áreas do conhecimento, uma vez que a busca inicial apresentou resultados em 26 campos do saber. Contudo, a maioria dos campos não agregava valor ao objetivo da pesquisa e, portanto, foi descartada.

Considerando o foco deste estudo, que visa contribuir para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao uso de tecnologias como *blockchain* e NFTs na gestão de dados de saúde, selecionaram-se as seguintes áreas do conhecimento para o refinamento dos resultados:

- Ciência da Computação
- Engenharia
- Medicina
- Decisões Científicas
- Ciências Sociais
- Negócios, Gestão e Contabilidade
- Economia e Finanças

Essas áreas foram escolhidas por sua relevância direta na interseção entre

tecnologia, saúde e gestão de dados.

TABELA 1 - Estratégia de buscas e resultados nas bases de dados

Linha de comando (<i>Query string</i>)	Resultados	Destinação
TITLE-ABS-KEY (clinical* AND record*) OR TITLE-ABS-KEY (medical* AND record*) OR TITLE-ABS-KEY (health AND record*) AND TITLE-ABS-KEY ("non-fungible token") AND TITLE-ABS-KEY ("blockchain")	28	Referencial Teórico
((TITLE-ABS-KEY ("medical*" AND "records*") OR TITLE-ABS-KEY ("health*" AND "records*") OR TITLE-ABS-KEY ("clinical*" AND "records*")) AND TITLE-ABS-KEY ("non-fungible token")).	09	Referencial Teórico
(TITLE-ABS ("medical*" AND "records*") OR TITLE-ABS ("health*" AND "records*") OR TITLE-ABS ("clinical*" AND "records*")) AND TITLE-ABS ("blockchain")).	1.881	Filtragem
((TITLE-ABS ("medical*" AND "records*") OR TITLE-ABS ("health*" AND "records*") OR TITLE-ABS ("clinical*" AND "records*")) AND TITLE-ABS ("blockchain")). AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "COMP") OR AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "ENGI") OR AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "SOCI") OR AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "BUSI") OR AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "DECI") OR AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "ECON") OR AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "MEDI"))	351	Bibliometria

Fonte: Autoria Própria.

Os dados coletados foram estruturados e registrados em uma planilha no Microsoft Excel, garantindo organização e fácil acessibilidade para análise posterior. As informações foram registradas com base nos seguintes campos:

1. Identificação (Autor, título, ano de publicação, afiliação e resumo);
2. Utilização ou não do modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM);
3. Qual *blockchain* utilizada;
4. Qual o padrão NFT praticado;
5. Classificação do *smart contract*;
6. Tipo de protocolo empreendido;
7. Tipo de carteira;
8. Qual o método de criptografia explorado;
9. Utilização de *machine learning*;
10. Classificação da linguagem de programação empreendida;
11. Qual a biblioteca de linguagem de programação executada;
12. Qual o protocolo de consenso praticado;
13. Utilização ou não de *deep learning*;
14. Tipo de estrutura de dados.

Esse detalhamento permite uma categorização clara e consistente dos dados, facilitando a identificação de padrões e *insights* relevantes para a pesquisa.

6.2 Proposição do Modelo Teórico

Com base nas tecnologias e aplicações identificadas, foi elaborado um modelo reflexivo para implementar o uso de *blockchain* e NFTs na criação de um sistema de Registros Eletrônicos de Saúde (RES). Este sistema visa otimizar o gerenciamento de dados de saúde, garantindo segurança, privacidade e integridade das informações.

O esquema descreve as etapas envolvidas na implementação do sistema. Inicialmente, ele abrange a coleta de dados dos pacientes, que serão registrados de forma segura em uma rede *blockchain*. Cada registro será associado a um NFT, garantindo a propriedade e a autenticidade das informações.

A seguir, o esquema estabelece como os profissionais de saúde poderão acessar os registros, utilizando credenciais específicas que asseguram que apenas usuários autorizados possam visualizar e manipular os dados. Isso inclui a implementação de um sistema de autenticação robusto, que verifica a identidade de cada usuário.

Para os pacientes, o esquema de sistema proporcionará um portal onde poderão acessar seus próprios registros de saúde de maneira intuitiva. Isso não só melhora a transparência, mas também empodera os pacientes ao permitir que monitorem sua própria saúde.

Além disso, o molde considera a guarda segura dos dados após o uso, em conformidade com as diretrizes de privacidade, garantindo que as informações sensíveis não sejam armazenadas desnecessariamente. A integração com a Internet das Coisas Médicas (IoMT) também é contemplada, permitindo a coleta em tempo real de dados de dispositivos de saúde.

Por fim, o sistema teórico incluirá mecanismos de auditoria e relatórios para monitorar o acesso e o uso dos registros, assegurando a conformidade com regulamentos e proporcionando maior confiança aos usuários. Essa abordagem integrada visa não apenas modernizar o sistema de saúde, mas também criar um ambiente mais seguro e eficiente para o manejo dos dados de saúde.

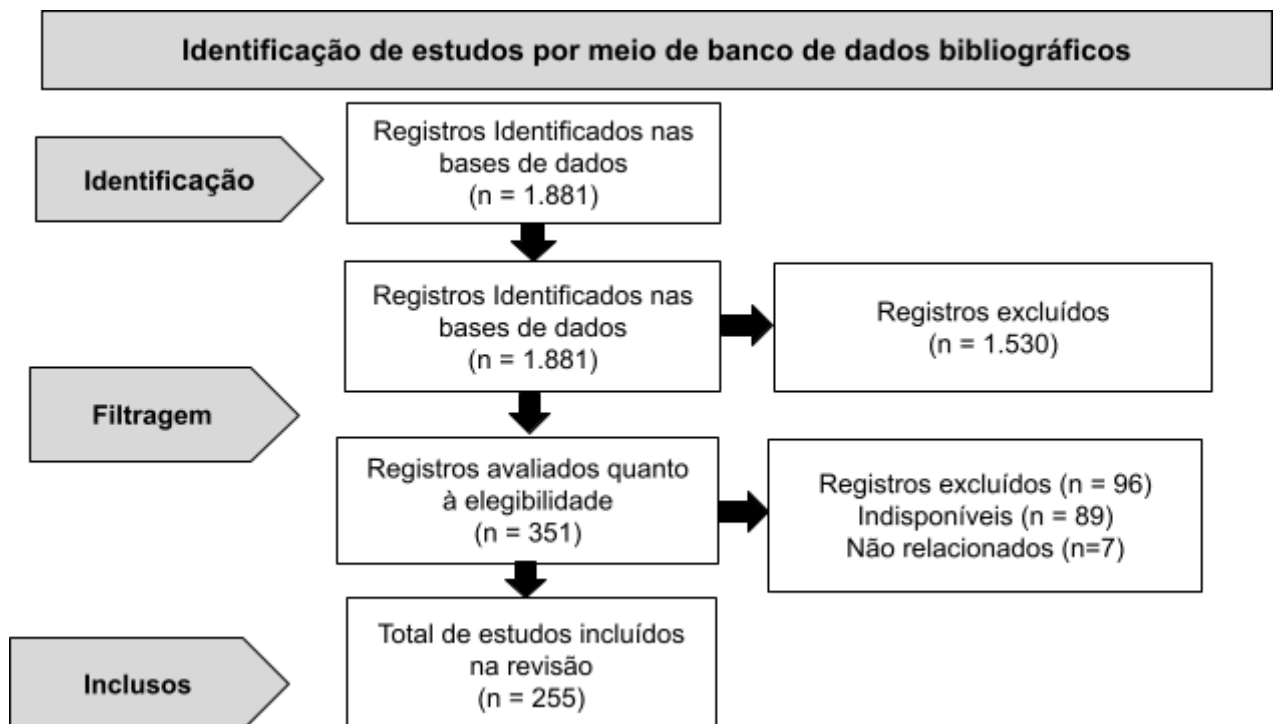
O trabalho foi apresentado a profissionais da área de Saúde para sua validação. A validação foi realizada utilizando a técnica de ponto focal. O ponto focal é uma técnica qualitativa que facilita discussões aprofundadas entre os participantes, permitindo que os pesquisadores coletem dados sobre temas específicos.

Esse método é particularmente eficaz na exploração de conceitos complexos, pois incentiva a participação ativa e o diálogo entre os sujeitos, tornando-os co-criadores de conhecimento (Backes *et al.*, 2011). Ao contrário de outras abordagens qualitativas, que podem depender fortemente de entrevistas ou pesquisas individuais, a técnica de grupo focal promove um ambiente colaborativo onde os participantes podem expressar suas percepções (Sehnem *et al.*, 2015). De forma geral, a técnica do grupo focal se destaca por sua capacidade de gerar insights coletivos e estimular a reflexão crítica entre os participantes.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A etapa de prospecção bibliométrica resultou em 1.881 artigos. Esse resultado foi então submetido a refinamento, alcançando no final 255 resultados (Figura 1).

Figura 1 - Diagrama de fluxo do processo de busca e seleção de artigos, adaptado da metodologia PRISMA



Fonte: Autoria própria.

Durante a fase de prospecção bibliométrica, constatou-se que há um estado da arte bem consolidado sobre a utilização da tecnologia *blockchain* na criação de Registros Eletrônicos de Saúde (RES).

No entanto, ele não se verificou no caso dos NFTs, como evidenciado pela diferença na quantidade de registros bibliográficos. Isso se deve, em parte, ao fato de o *blockchain* ter tido as suas bases lançadas durante o final do século XX, o que

proporcionou uma janela temporal de desenvolvimento mais ampla em comparação com a tecnologia NFT, criada em 2014.

Desde seu lançamento, os NFTs têm sido aplicados principalmente nas indústrias de jogos e arte. No entanto, outros setores, como o da saúde, podem se beneficiar significativamente do uso de NFTs para mitigar alguns de seus problemas existentes (Musamih *et al.*, 2023).

Para ilustrar essa constatação, analisamos os resultados das buscas realizadas. As query strings utilizadas foram: (*TITLE-ABS-KEY (“medical*” AND “records*”) OR TITLE-ABS-KEY (“health*” AND “records*”) OR TITLE-ABS (“clinical*” AND “records*”)*), aplicadas separadamente aos termos: (“non-fungible token”) e (“blockchain”).

Ao comparar ambas as buscas, sem a aplicação de filtros, o termo “non-fungible token” representou apenas 0,5% do total de registros obtidos com o termo “blockchain” (1.881).

É importante destacar que a busca utilizando NFTs foi mais abrangente, pois incluiu-se também palavras-chave relacionadas. Isso evidencia a maturidade e a disseminação significativamente maior da tecnologia *blockchain* no contexto dos Registros Eletrônicos de Saúde (RES) em comparação aos NFTs.

Esse resultado também é evidente na distribuição temporal dos artigos encontrados. Ao analisar a combinação da linha de comando com o termo “non-fungible token”, observou-se que as publicações começaram a surgir apenas a partir de 2021, o que destaca a recente adoção da tecnologia NFT no contexto dos Registros Eletrônicos de Saúde (RES) (Tabela 2).

Em contraste, a pesquisa com o termo “blockchain” abrange um período muito mais amplo de publicações, refletindo a maturidade dessa tecnologia, que já ganhava tração no setor da saúde em anos anteriores (Tabela 1).

A ausência de publicações sobre NFTs em RES antes de 2021 indica que essa tecnologia ainda está em fase inicial de exploração no setor de saúde. Em contrapartida, o *blockchain*, com uma trajetória mais consolidada, já conta com um corpo substancial de estudos que avaliam sua aplicação prática e impactos em RES. Essa diferença temporal enfatiza a necessidade de aprofundar as investigações

sobre o potencial dos NFTs nesse domínio, especialmente em áreas como rastreabilidade de dados e gestão de direitos digitais em sistemas de saúde.

TABELA 2 - Resultados preliminares com o termo "Non-fungible Token"

Ano da primeira aplicação	Resultado
2021	02
2022	04
2023	03
TOTAL	09

Fonte: Autoria nossa.

A análise das publicações sobre "blockchain" no setor de saúde mostra um aumento expressivo no interesse pelo tema a partir de 2016. Em 2019, houve um crescimento de 45% nas publicações, com 198 trabalhos publicados, em comparação com 91 em 2018.

Esses dados evidenciam uma tendência crescente de pesquisa sobre o uso de blockchain em registros eletrônicos de saúde (RES), indicando uma maior conscientização e um grande potencial de aplicação na área da saúde.

TABELA 3 - Resultados preliminares com o termo "Blockchain"

Ano	Quantidade
2016	05
2017	30
2018	91
2019	198
2020	324
2021	447
2022	586
2023	200
TOTAL	1.181

Fonte: Autoria própria.

A tecnologia blockchain está sendo cada vez mais integrada aos sistemas de Registros Eletrônicos de Saúde (RES) para enfrentar desafios como segurança, privacidade e integridade dos dados. O projeto Valkyrie, por exemplo, utiliza um sistema federado de RES que gerencia e acessa os registros dos pacientes em diferentes sistemas de saúde na Noruega, garantindo que os dados sejam extraídos

em tempo real e destruídos após o uso, preservando a privacidade (Chelsom *et al.*, 2024).

Além disso, a integração do *blockchain* com a Internet das Coisas Médicas (IoMT) melhora a segurança dos registros de saúde, assegurando que apenas indivíduos autorizados possam acessá-los e aumentando a precisão das informações coletadas por dispositivos de saúde (Khan *et al.*, 2023).

Por fim, uma abordagem inovadora que combina *blockchain* editável e IPFS revogável foi proposta para gerenciar RESs, permitindo atualizações e redações seguras sem comprometer a integridade dos dados, o que é essencial, dada a natureza imutável dos *blockchains* tradicionais (Shen; Guo; Yang, 2019).

Ademais, uma arquitetura de aplicativo descentralizado (DApp) foi desenvolvida para armazenar registros médicos localmente enquanto usa *blockchain* para gerenciar índices de dados, reduzindo custos e melhorando o desempenho, mantendo a maioria dos dados fora da cadeia (Mandarino; Pappalardo; Tramontana, 2024). Enfim, essa abordagem também permite que os pacientes definam políticas de autorização, garantindo que somente profissionais de saúde designados possam acessar seus registros.

Ainda convém destacar que um design centrado no paciente que aproveita o *blockchain* é proposto para superar os desafios de centralização e padronização, aumentando a confiança e mitigando o preconceito no gerenciamento de dados de saúde. Esse design enfatiza a privacidade e o controle, embora reconheça desafios como tempos de transação mais lentos, que exigem mais pesquisas para otimizar o uso do *blockchain* na área da saúde (Zhang; Lin, 2018; Zhang; Yang; Liu, 2022). Coletivamente, esses avanços destacam o potencial do *blockchain* de criar um ecossistema de saúde mais seguro, eficiente e equitativo.

Os resultados preliminares parecem indicar que a produção científica sobre o uso da tecnologia *blockchain* na área de Registros Eletrônicos de Saúde (RES) está atingindo uma estabilidade após anos de crescente desenvolvimento. Contudo, as pesquisas que correlacionam os NFTs nesta área específica da saúde possuem um potencial promissor, como exposto no referencial teórico.

O uso de *tokens* não fungíveis (NFTs) para registros eletrônicos de saúde (RESs) é uma abordagem inovadora que aproveita a tecnologia *blockchain* para aprimorar o gerenciamento, a segurança e a acessibilidade de dados médicos.

Os NFTs, sendo ativos digitais exclusivos, são empregados para certificar a imutabilidade e a propriedade dos registros de saúde, garantindo que as informações confidenciais do paciente sejam armazenadas e trocadas com segurança entre os sistemas de saúde (Mohammadi; Fatoorchi; Babagoli, 2023).

Após a aplicação dos filtros descritos na seção de metodologia, foram obtidos 351 artigos sobre o tema NFTs e registros eletrônicos de saúde (Tabela 4). A análise cuidadosa do conteúdo desses artigos, juntamente com a identificação dos elementos mais utilizados, serviu como base para a elaboração do modelo apresentado neste trabalho.

7.1 Classificação após a leitura dos artigos

TABELA 4 - Classificação dos artigos após leitura

ANÁLISE APÓS LEITURA	TOTAL
Relacionados	191
Revisões Bibliográficas	64
Indisponível	89
Não Relacionados	7
TOTAL	351

Fonte: Autoria Nossa.

Foram identificadas 191 publicações relacionadas ao tema, representando 54,4% do total analisado. Esse volume expressivo indica uma base sólida de literatura já consolidada e evidencia que a área de pesquisa está em pleno desenvolvimento, com uma quantidade significativa de estudos focados no tópico específico.

As revisões bibliográficas correspondem a 18,2% das publicações, totalizando 64 trabalhos. Esse número destaca a importância das revisões na consolidação do conhecimento, ao fornecer uma visão abrangente das tendências e lacunas da

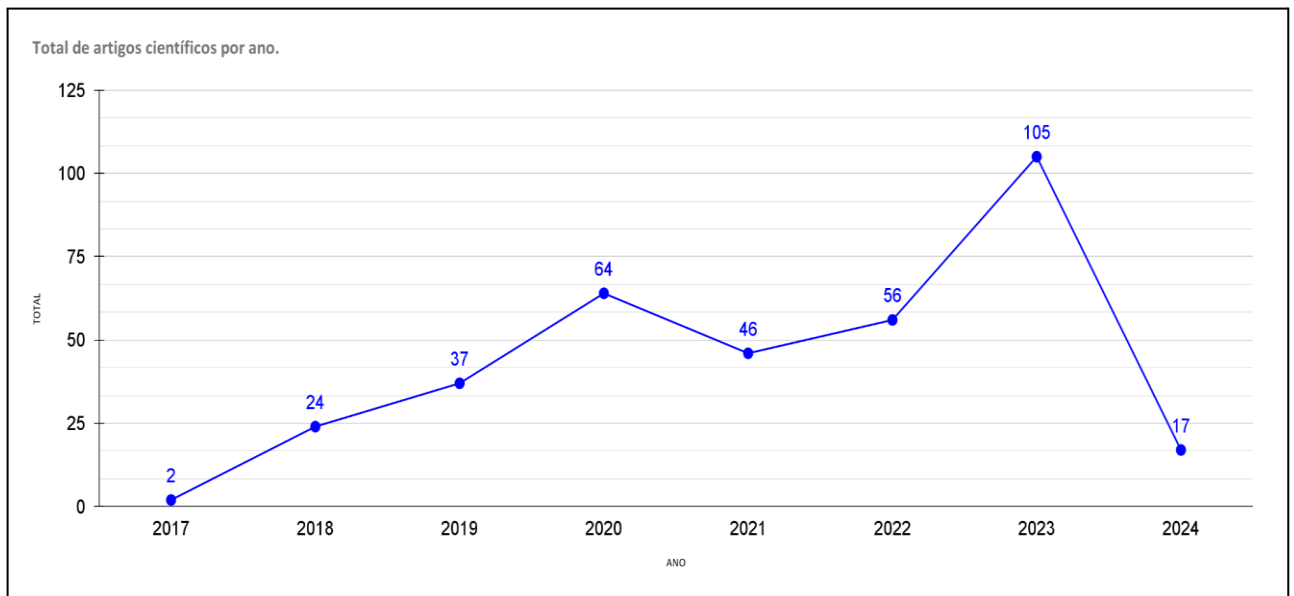
pesquisa. Isso indica que a área está em um estágio que exige a síntese do conhecimento acumulado para orientar futuras investigações.

A categoria "Indisponível", com 89 publicações (25,4% do total), destaca desafios relacionados ao acesso à informação. A ausência de um quarto das publicações pode ser atribuída a restrições de acesso ou à falta de indexação adequada, dificultando análises completas e robustas por parte dos pesquisadores.

Finalmente, apenas 2% das publicações foram consideradas "Não Relacionadas", o que é um número bastante pequeno. Isso sugere que a *string query* utilizada foi eficiente e precisa em captar os artigos relevantes ao tema de interesse, resultando em uma baixa taxa de ruído na pesquisa.

A análise bibliométrica da distribuição das publicações ao longo dos anos revela algumas tendências e padrões significativos (Figura 3).

FIGURA 2 - Crescimento anual das publicações relacionadas ao uso de blockchain em registros eletrônicos de saúde entre 2016 e 2024



Fonte: Autoria própria.

Em 2017, foram encontradas apenas 2 publicações. Esse número bastante baixo é típico em campos de estudo emergentes, sugerindo que o interesse inicial pela área era limitado.

A partir de 2018, observamos um aumento substancial, com 24 publicações, o que representa um crescimento de 1.100% em relação ao ano anterior. Esse aumento pode indicar que o tema começou a ganhar tração na comunidade acadêmica, possivelmente impulsionado por inovações tecnológicas ou eventos relevantes que chamaram a atenção para o tema.

Em 2019, essa tendência de crescimento continuou, com 37 publicações, um aumento de aproximadamente 54% em relação a 2018. A partir desse ponto, o campo parece estar em expansão contínua.

Em 2020, houve um salto significativo para 64 publicações, o que equivale a um aumento de 73% em relação a 2019. Esse pico pode estar relacionado a fatores externos, como a pandemia de COVID-19, que gerou uma aceleração em pesquisas tecnológicas, especialmente nas áreas de *blockchain*, tecnologia e saúde digital.

O ano de 2021 apresenta uma leve queda no número de publicações, com 46 trabalhos, uma redução de 28% em relação ao ano anterior. Essa queda pode indicar uma possível saturação temporária da pesquisa no campo ou uma mudança no foco de interesse acadêmico.

Entretanto, em 2022, observa-se uma recuperação com 56 publicações, um aumento de 21% em relação a 2021. Esse número sugere que, embora tenha havido um leve declínio no ano anterior, o campo não perdeu seu ímpeto e continua sendo uma área de interesse acadêmico.

O ano de 2023 marca o ponto mais alto na produção acadêmica, com 105 publicações, representando um crescimento expressivo de 87,5% em relação a 2022. Esse aumento exponencial pode refletir um maior reconhecimento das aplicações práticas e do potencial da área de estudo, possivelmente associado a novos avanços tecnológicos ou a um aumento no financiamento e no interesse industrial.

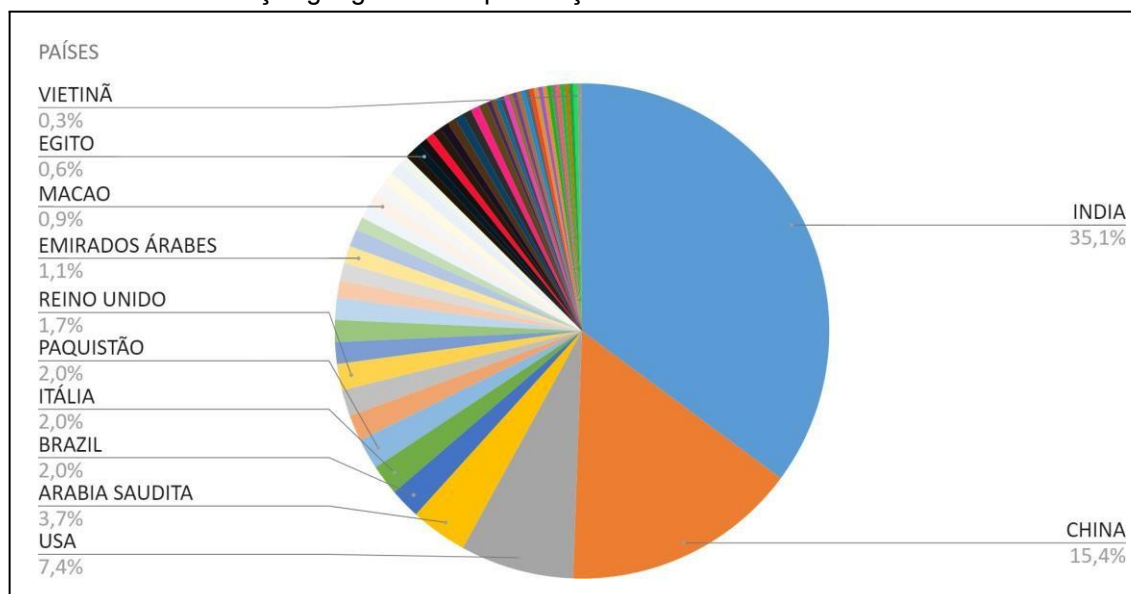
O registro do ano 2024 é parcial e, até o encerramento da busca em abril de 2024, foram registradas 17 publicações. Embora esse número seja significativamente menor que os dos anos anteriores, é importante considerar que o ano ainda não está completo, e o número pode aumentar à medida que mais trabalhos sejam publicados.

A Figura 4 mostra a distribuição de publicações por países. Isto é, a Índia possui a maior contribuição, com 123 ocorrências, o que corresponde a mais de 50% do total agregado de todos os países listados. Isso demonstra uma concentração significativa em relação aos demais países. A China, com 54 ocorrências, é o segundo maior contribuinte, representando aproximadamente 22% do total. Os Estados Unidos aparecem em terceiro lugar, com 26 ocorrências, somando cerca de 11%. A Arábia Saudita (13), o Brasil (7), a Itália (7) e o Paquistão (7) juntos contribuem com os valores restantes, somando menos de 20% do total.

A distribuição de publicações apresenta uma disparidade significativa, com Índia e China dominando como grandes centros de contribuição. O número de publicações diminui drasticamente para outros países, como Brasil, Itália e Paquistão, que apresentam contribuições iguais (7 ocorrências cada).

Em suma, esse padrão pode refletir investimentos em pesquisa, o tamanho da comunidade acadêmica ou políticas nacionais voltadas à ciência e inovação.

FIGURA3 - Distribuição geográfica das publicações sobre *blockchain* e NFTs no setor de saúde



Fonte: Autoria própria.

Nos artigos prospectados, foram observadas as plataformas de blockchain utilizadas, conforme ilustrado na Figura 5. *Ethereum* e *Hyperledger Fabric* são

amplamente citados e referenciados devido à sua maturidade e popularidade, tanto no ambiente acadêmico quanto no setor corporativo.

Cada uma dessas tecnologias oferece recursos distintos, personalizados para o setor de saúde. Dados semelhantes foram encontrados por Nunes *et al.* (2024). Enquanto o *Ethereum* se destaca em ambientes descentralizados e abertos, o *Hyperledger Fabric* é preferido para soluções permissionadas com controle de acesso.

O *Ethereum* é uma rede *blockchain* descentralizada e de código aberto, conhecida por seus recursos de contrato inteligente, que fornecem garantias criptográficas de confidencialidade de dados, privacidade e controle de acesso. Isso o torna adequado para executar e verificar, de maneira descentralizada, o código de aplicativos relacionados a registros eletrônicos de saúde.

No entanto, armazenar grandes quantidades de dados diretamente no *Ethereum* pode ser oneroso. Por essa razão, soluções como o *InterPlanetary File System* (IPFS) são empregadas para reduzir custos, armazenando dados fora da cadeia e mantendo apenas um índice no *blockchain* (Baseer *et al.*, 2023; Jahir Pasha *et al.*, 2024).

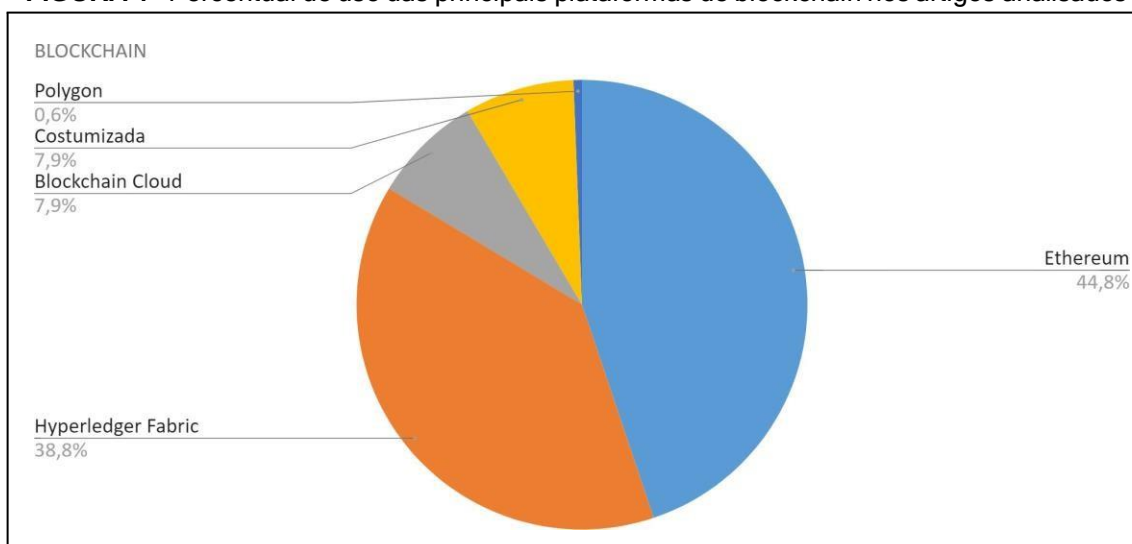
Por outro lado, o *Hyperledger Fabric* é uma plataforma *blockchain* permissionada, que utiliza um livro-razão distribuído com um estado global em uma rede peer-to-peer. Ele oferece transparência controlada sem a necessidade de algoritmos de consenso computacionalmente intensivos, o que o torna ideal para aplicações na área da saúde, onde privacidade e segurança são requisitos essenciais.

Essa plataforma oferece suporte à interoperabilidade entre múltiplos atores, como pacientes, profissionais de saúde e instituições médicas, facilitando a criação, recuperação e armazenamento seguro de registros médicos (Oladele *et al.*, 2024).

Além dessas plataformas, a *Blockchain Cloud* e as Customizadas evidenciam um espaço para soluções especializadas e híbridas, adaptadas às necessidades específicas do setor da saúde. O desenvolvimento de *blockchains* "sob medida" pode se tornar uma tendência crescente para atender requisitos técnicos e regulatórios específicos de diferentes países e instituições.

Por fim, a *Polygon* surge como uma alternativa emergente para futuras pesquisas, especialmente no contexto de escalabilidade e eficiência de custos. Com o crescente interesse por soluções *blockchain* que reduzam taxas de transação e melhorem o desempenho, a *Polygon* pode se tornar uma opção viável para a implementação de Registros Eletrônicos de Saúde (RES) em larga escala.

FIGURA 4 - Percentual de uso das principais plataformas de blockchain nos artigos analisados



Fonte: Autoria própria.

Um dos dados extraídos dos artigos, quando disponível, é o padrão do NFT utilizado (Tabela 5). Essa análise oferece uma visão clara das tendências de uso de diferentes padrões de NFTs, destacando a importância dos padrões consolidados e as possíveis áreas de expansão para inovações futuras.

Para melhorar a integração de contratos inteligentes, os *tokens* seguem regras específicas definidas por suas *blockchains*. No caso do *Ethereum*, existe uma estrutura chamada *Ethereum Request for Comments* (ERCs), amplamente reconhecida. Os ERCs descrevem funções básicas e orientações para que os *tokens* funcionem sem problemas na rede *Ethereum*.

Existem dois tipos principais de tokens no *Ethereum*: 1) os *tokens* fungíveis, que podem ser trocados entre si, como moedas. Eles seguem o padrão ERC-20 e

são amplamente utilizados em plataformas de troca de criptomoedas; 2) os *tokens* não fungíveis (NFTs), que são únicos e representam algo exclusivo, como uma obra de arte digital ou um certificado de propriedade. Eles seguem o padrão ERC-721 e são utilizados em casos como armazenamento de imagens, autenticação de propriedade e direitos digitais.

7.2 Distribuição dos artigos por Padrão NFT

TABELA 5 - Distribuição dos artigos por padrão NFT utilizado

Padrão NFT	Total
Ethereum Framework	06
ERC - 721	04
ERC - 20	05
ERC - 1155	0
TOTAL	15

Fonte: Autoria Nossa.

Analisando essa tabela de padrões de NFTs no contexto de plataformas blockchain, podemos fazer algumas observações relevantes. O *Ethereum Framework* lidera com seis ocorrências. Isso reflete a popularidade e a confiança na estrutura do Ethereum como base para o desenvolvimento e a implementação de NFTs. O Ethereum é amplamente reconhecido por ser a primeira e mais utilizada plataforma de contratos inteligentes para NFTs, o que explica seu destaque.

O padrão ERC-721 aparece com quatro ocorrências, mostrando que esse é o principal padrão utilizado para NFTs, já que foi especificamente projetado para representar itens únicos e indivisíveis. Sua aplicação inclui ativos digitais, como arte, colecionáveis e certificados de propriedade.

O padrão ERC-20, tradicionalmente usado para *tokens* fungíveis, aparece com cinco ocorrências. Isso pode ser explicado por sua versatilidade e pelo uso em contextos híbridos, nos quais os NFTs podem apresentar características que se

sobrepõem às de tokens fungíveis, ou ainda pela integração com aspectos financeiros, como tokens de governança ou *utility tokens* em redes de NFTs.

No contexto da implementação de RESs baseados na *blockchain Ethereum*, os padrões ERC-20 e ERC-721 são amplamente utilizados no ecossistema *Ethereum*. Esses padrões podem ser empregados no desenvolvimento de sistemas de registros eletrônicos de saúde na *blockchain Ethereum*, garantindo a interoperabilidade e o compartilhamento seguro de dados entre hospitais (Akbar *et al.*, 2023).

O padrão ERC-1155, que permite a criação de *tokens* fungíveis e não fungíveis dentro de um mesmo contrato inteligente, não aparece nesta tabela (zero ocorrências). Isso pode indicar uma adoção ainda limitada desse padrão, possivelmente devido à complexidade de sua implementação ou ao fato de as plataformas estarem mais focadas nos padrões já estabelecidos, como o ERC-721.

Finalmente, foram analisados os protocolos utilizados no contexto do uso de *blockchain* e NFTs, revelando algumas observações importantes (Figura 6). O IPFS (*InterPlanetary File System*), com 57 ocorrências, domina amplamente a tabela. O IPFS é uma solução popular para o armazenamento descentralizado de arquivos e dados em redes *blockchain*, sendo o protocolo mais relevante para soluções de *blockchain* e NFTs, dado seu papel essencial no armazenamento distribuído de dados fora da cadeia.

No contexto de NFTs e registros eletrônicos de saúde, o IPFS é frequentemente utilizado para armazenar arquivos, como imagens ou dados médicos, que são referenciados por um NFT. Isso permite o armazenamento de grandes volumes de dados fora da *blockchain*, garantindo descentralização e resiliência contra falhas. A prevalência do IPFS reflete sua importância como uma solução escalável e eficiente para o armazenamento de arquivos em sistemas descentralizados, nos quais a imutabilidade e o acesso distribuído são requisitos-chave.

O HL7 (*Health Level Seven*), com três ocorrências, é um protocolo específico para o setor de saúde, utilizado para a troca de informações entre sistemas hospitalares e clínicos. Sua presença sugere que ele desempenha um papel

importante, mas ainda pequeno, no cenário da adoção de tecnologias de *blockchain* e NFTs no setor de saúde. A adoção limitada pode ser explicada pela complexidade de integrar sistemas legados de saúde com tecnologias emergentes, como a *blockchain*.

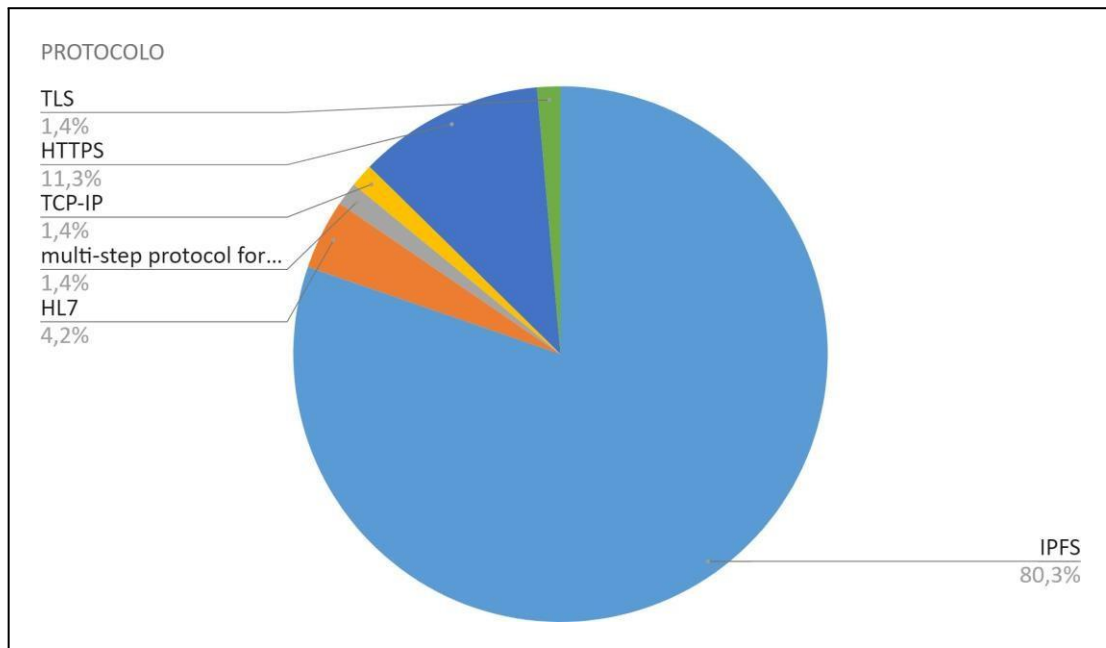
No entanto, o HL7 tem um potencial significativo de expansão nesse contexto, especialmente em sistemas de registros eletrônicos de saúde (RES), nos quais a interoperabilidade e a padronização de dados são essenciais.

Os protocolos TCP-IP e TLS, com apenas uma ocorrência cada, são amplamente utilizados para a transmissão de dados na internet, mas têm pouca presença direta em registros eletrônicos de saúde ou NFTs. O TCP-IP, essencial para o funcionamento da internet, aparece como um protocolo subjacente, não diretamente associado a sistemas especializados.

O protocolo HTTPS, com oito ocorrências, é o protocolo de comunicação mais seguro utilizado na web. Sua presença indica a preocupação com a segurança na transmissão de dados, especialmente no contexto de transações que envolvem informações sensíveis, como dados de saúde ou a transferência de NFTs. O uso do HTTPS demonstra a prioridade na proteção dos dados durante o tráfego pela internet.

O HL7 tem potencial para ganhar maior adoção com a integração da *blockchain* e dos NFTs na saúde, enquanto o HTTPS permanece essencial para a segurança na transferência de dados sensíveis. A análise ressalta a convergência entre protocolos amplamente utilizados e a crescente demanda por soluções especializadas no setor de saúde.

FIGURA 5 - Distribuição dos protocolos mais utilizados no contexto de blockchain e NFTs para registros eletrônicos de saúde



Fonte: Autoria própria.

8 MODELO PROPOSTO

A partir dos principais elementos prospectados, foi montado um esquema conceitual próprio que foi submetido ao grupo focal, com o intuito de buscar a validação ou obter sugestões de melhoria.

8.1. Principais elementos utilizados em ehRs disponíveis em *blockchains*

8.2. Modelo Pajé

A implementação de soluções baseadas em *blockchain* para registros eletrônicos de saúde (RES) representa uma inovação significativa no campo da tecnologia e da gestão da saúde, especialmente no contexto regulatório imposto pela Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) no Brasil.

Dessa forma, foi idealizado um esquema para o registro eletrônico de prontuários médicos que assegura ao paciente a propriedade e o controle sobre seus dados, conforme as diretrizes legais, além de explorar o papel dos contratos inteligentes (*smart contracts*) e da auditoria de conformidade (Figura 7).

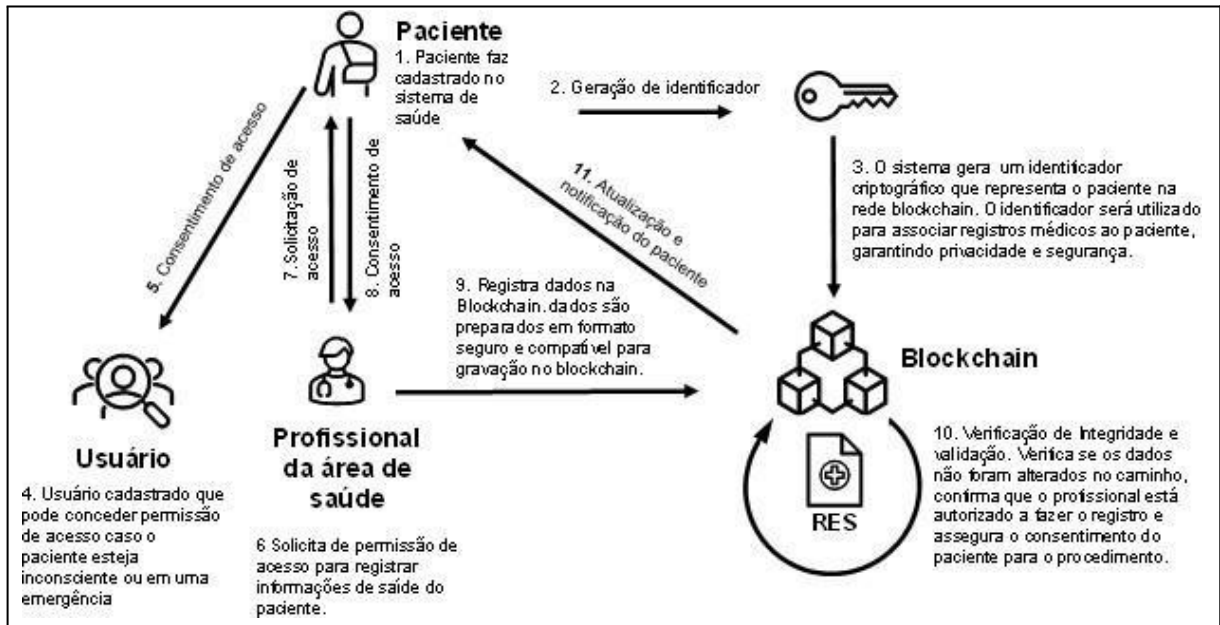
O modelo foi idealizado contendo os seguintes elementos:

1. Autoridade de Registro: Um órgão ou autoridade pública confiável responsável por registrar usuários e administradores do sistema;
2. Pacientes: Detentores dos EHRs, possuem acesso e controlam as questões de compartilhamento de dados;
3. Profissionais da Saúde: Criadores dos EHRs, devem solicitar autorização para criação e gerência complementarmente o acesso;
4. Usuários: Solicitantes que pedem acesso ao histórico de saúde. Podem ser médicos, clínicos, técnicos etc;
5. *Ethereum Blockchain*: Código aberto e programável. Linguagem de programação: *Solidity*. *Smart Contracts*: autônomos e imutáveis. Criptomoeda: *Ether*, dada pela prova de trabalho (PoW);
6. IPFS: Armazenamento distribuído ponto a ponto usado como um repositório *off-chain* para manter extensos dados médicos;
7. ERC-721: Padrão da *Blockchain Ethereum* para criação de NFTs.

As etapas do modelo são descritas a seguir:

1. Cadastro de Atores: cadastro dos profissionais de saúde, cadastro dos pacientes e cadastro dos usuários. Após a inicialização, os atores solicitam à Autoridade de Registro o cadastro com seus atributos, como função, nome, idade, data de nascimento, localização etc. Eles recebem um endereço único. O perfil de usuário está relacionado a uma pessoa autorizada pelo paciente para liberar o acesso caso o paciente não esteja consciente e no caso de o paciente ser menor de idade ou incapaz. O cadastro deve possuir níveis de privilégios, para que, em caso do paciente e dos usuários cadastrados estejam indisponíveis, o profissional de saúde possa acessar o RES, após comprovação de uma emergência;
2. Criação dos RES: Os registros gerados após o tratamento ou consulta são carregados na *blockchain* pelo profissional de saúde. Os registros são primeiro criptografados, incluindo a política de acesso satisfeita pelos pacientes, e depois carregados *no blockchain*;
3. Acesso aos RES: Os usuários solicitam dos pacientes o acesso, que enviam autorizam o acesso caso concordem. No caso de emergência, o profissional de saúde pode acessar os registros. Os registros são criptografados e sua autenticidade é garantida. Apenas os usuários que satisfazem o procedimento podem baixar e descriptografar;
4. Criação de NFTs: No momento do registro de novas informações, o profissional da área da saúde cria a NFT do RES, usando o padrão ERC-721 da *Blockchain Ethereum*. O registro da NFT é feito de forma transparente para os usuários, não sendo necessária a escolha de uma opção que converta os dados do sistema em NFT. Após isso, o paciente acessa toda vez que precisar.

FIGURA 6 - Modelo do Workflow Pajé



Fonte: Autoria própria.

O consentimento específico, requisito central da LGPD, é operacionalizado em diversas etapas no sistema proposto. Inicialmente, profissionais de saúde solicitam permissão para acessar ou registrar dados no RES.

Em outras palavras, o paciente é notificado em tempo real sobre a solicitação, recebendo informações claras quanto à finalidade do acesso, à identificação do profissional solicitante e ao período de validade da permissão. O consentimento, dado explicitamente via aplicativo ou portal, é registrado na *blockchain* por meio de um *smart contract*, que assegura a imutabilidade das informações e vincula o acesso à finalidade declarada. Caso necessário, o paciente pode revogar o consentimento a qualquer momento, com o cancelamento automático das permissões previamente concedidas.

Os contratos inteligentes desempenham um papel central na automatização e na segurança do fluxo de trabalho. No gerenciamento do consentimento e do controle de acesso, um *smart contract* valida a permissão concedida pelo paciente, registrando logs imutáveis na *blockchain* sobre quem acessou, quais dados foram utilizados e com qual propósito.

Além disso, contratos específicos garantem que apenas profissionais autorizados possam registrar ou atualizar dados no RES. Esses registros incluem verificações de integridade e autenticidade, como a validação de credenciais e a conformidade com o consentimento.

Outro *smart contract* gerencia a revogação de permissões, assegurando que a retirada do consentimento pelo paciente seja aplicada imediatamente, em conformidade com o princípio da autodeterminação informacional. O paciente é notificado em tempo real (via aplicativo, SMS, e-mail etc.) de que seu prontuário foi atualizado. O histórico completo fica acessível ao paciente, garantindo a propriedade e a transparência sobre seus dados de saúde.

A auditoria e a conformidade são pilares fundamentais para a credibilidade e a segurança do sistema. Todas as interações no sistema geram logs auditáveis, contendo informações detalhadas, como a identidade criptográfica dos usuários, carimbos de data e hora e a finalidade declarada.

Esses registros são imutáveis, permitindo rastreabilidade e facilitando a identificação de acessos indevidos. Além disso, ferramentas específicas para auditores garantem a consulta eficiente aos logs, enquanto relatórios automatizados fornecem indicadores-chave de conformidade, como o número de acessos e casos de revogação de consentimento. O sistema também permite respostas rápidas a incidentes, notificando os pacientes em caso de acessos fora do padrão e fornecendo registros detalhados para investigação.

A escolha da tecnologia *blockchain* é crucial para a eficácia do sistema. Redes como *Hyperledger Fabric*, *Ethereum* e *Quorum* destacam-se como plataformas adequadas para aplicações na área da saúde.

O *Hyperledger Fabric*, por exemplo, oferece controle granular de permissões em redes privadas, enquanto o *Ethereum* e o *Quorum* permitem a implementação de contratos inteligentes altamente personalizáveis, garantindo privacidade e escalabilidade.

Este modelo esquemático não apenas atende aos requisitos legais da LGPD, mas também promove a confiança e a transparência entre pacientes e instituições de saúde. Ao assegurar a propriedade dos dados ao paciente e ao integrar

tecnologias avançadas para automação e auditoria, a solução proposta demonstra seu potencial para transformar a gestão de dados de saúde, alinhando-se às demandas contemporâneas de proteção de dados e inovação tecnológica.

8.3 Validação do modelo pajé por especialistas da área de dados na saúde

A representação foi submetida, de forma exploratória, à avaliação de quatro especialistas da área de dados em saúde, com o objetivo de obter *feedback* e aperfeiçoar o processo de modelagem do prontuário eletrônico voltado ao cidadão. Como resultado dessa avaliação exploratória, alguns elementos importantes foram apontados e são descritos a seguir.

A integração de dados no sistema baseado em *blockchain* é um desafio que exige uma estratégia robusta para garantir a importação dos prontuários existentes, assegurando a integridade e a continuidade do histórico médico dos pacientes. Além disso, é crucial definir uma abordagem eficaz para promover a adesão dos profissionais de saúde ao sistema, considerando as resistências naturais às mudanças em sistemas de dados e a curva de aprendizado envolvida.

Uma sugestão relevante é permitir que os profissionais continuem utilizando os aplicativos atualmente em uso, promovendo uma migração de dados integrada que facilite a transição e reduza barreiras iniciais.

Em cenários de emergência, nos quais o paciente está impossibilitado de se comunicar e não há usuários previamente autorizados disponíveis, é necessário estabelecer protocolos claros que possibilitem aos profissionais de saúde o acesso a informações críticas dos prontuários de forma segura e regulamentada.

Paralelamente, é essencial avaliar o preparo ético da população para o uso de prontuários eletrônicos baseados em *blockchain*, considerando as implicações em termos de privacidade e acesso.

Outra questão fundamental é analisar o impacto estrutural da arquitetura *blockchain* na performance e na velocidade de acesso aos dados, especialmente em situações de alta demanda.

Por fim, além da segurança técnica oferecida pelo sistema, deve-se priorizar estratégias para garantir a segurança no acesso social, protegendo os dados dos pacientes contra acessos indevidos no contexto social e assegurando a confiança na adoção dessa tecnologia inovadora. Ainda, no contexto brasileiro, a adoção de tecnologias emergentes enfrenta barreiras adicionais, como a resistência à mudança e a falta de capacitação técnica.

9. IMPACTOS

A presente pesquisa pretende oferecer ferramentas para a introdução de novas tecnologias na gestão de dados de saúde, com o intuito de promover a democratização dos dados pessoais de saúde. O impacto esperado é fomentar novas pesquisas na área, além da criação de novos produtos tecnológicos.

Uma vez atestada a potencialidade de utilização das tecnologias citadas para a implementação do que se pretende na pesquisa, espera-se que a aplicabilidade seja imediata. Após a verificação da eficiência da proposta, recomendaremos seu uso por operadoras de saúde coletiva e empresas de tecnologia.

A presente pesquisa possui um teor inovador moderado, pois pretende encontrar uma nova forma de acesso direto aos dados pessoais de saúde pelo próprio usuário, baseando-se em tecnologias recentes.

A pesquisa apresenta alta complexidade, por associar diferentes áreas do conhecimento (Direito, Ciências Sociais, Segurança e Gestão da Informação, Saúde Coletiva e Mercado de Ativos Digitais) e envolver a interação de múltiplos atores (profissionais da segurança e gestão da informação, profissionais da saúde e investidores financeiros). Há uma multiplicidade de saberes identificáveis nas etapas e soluções geradas, associadas à trilha tecnológica, além da necessidade de resolução de conflitos cognitivos entre os atores envolvidos.

10. ENTREGÁVEIS DE ACORDO COM OS PRODUTOS DO TCC

Como pré-requisito para aprovação deste trabalho no exame de qualificação, constam neste trabalho os seguintes itens obrigatórios:

- Matriz de SWOT (FOFA) sendo um Anexo do texto dissertativo do TCC;
- Figura Diagrama do Modelo de Negócio CANVAS como um Anexo do texto dissertativo do TCC;
- Texto Dissertativo no formato mínimo do PROFNIT Nacional;
- Artigo Científico;
- Relatório Técnico.

11. CONSIDERAÇÕES

O estudo destacou o potencial do *blockchain* e dos NFTs para transformar a gestão de dados e a saúde no Brasil, especialmente em resposta à demanda por descentralização, governança e segurança no gerenciamento dos dados de saúde.

A análise do estado da arte revelou que a tecnologia Blockchain já se encontrou em um estágio avançado de desenvolvimento e aplicação nos RESs. Com um histórico robusto de estudos iniciados no final do século XX, a *blockchain* avançou na adoção de soluções maduras e práticas para enfrentar desafios como segurança, privacidade e interoperabilidade. Isto é, observado em exemplos como sua integração com a Internet das Coisas Médicas (IoMT), percebeu-se que eles demonstraram seu potencial para transformar a gestão de dados em saúde.

Além disso, identificamos e analisamos a aplicação de inovações como contratos inteligentes e o uso de plataformas, como: *Ethereum* e *Hyperledger Fabric*, o que evidenciou suas capacidades de atender às demandas específicas do setor. Em contraste, a aplicação de NFTs nos RES esteve em estágio inicial, como foi demonstrado pelo número reduzido de publicações e pelo surgimento recente de estudos, a partir de 2021.

Contudo, os NFTs apresentaram grande potencial para resolver problemas persistentes na saúde, como a rastreabilidade de dados e a gestão de direitos digitais. A análise das publicações identificou aplicações promissoras de NFTs em certificação de propriedade de dados médicos e controle seguro de acesso, o que evidenciou o espaço para crescimento dessa abordagem.

O uso predominante de padrões como ERC-721 e ERC-20, voltados para a infraestrutura *Ethereum*, também apontou para a necessidade de explorar alternativas, como o ERC-1155 e blockchains personalizadas.

O modelo desenvolvido abordou lacunas críticas, como a integração de dados existentes, a adesão profissional e o acesso em emergências, pois se alinhou às diretrizes da LGPD e promoveu a soberania dos pacientes sobre seus dados.

Ademais, as aplicações práticas incluíram maior segurança, descentralização e eficiência na gestão dos RESs, com potencial para reduzir custos operacionais e

melhorar a experiência do paciente. No entanto, a aplicação dessas tecnologias exigiu investimentos em infraestrutura, capacitação e políticas públicas que incentivaram a inovação no setor de saúde.

Por fim, embora a tecnologia *blockchain* tenha alcançado estabilidade na produção científica, o interesse pela aplicação de NFTs na área da saúde indicou que essa foi uma área emergente que requereu mais estudos aprofundados.

A colaboração entre academia, setor público e privado foi essencial para superar as barreiras e explorar plenamente o potencial dessas tecnologias no Brasil, o que criou um sistema de saúde mais equitativo e centrado no paciente. Tais esforços foram essenciais para preencher as lacunas existentes e promover avanços no setor de saúde digital.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOU JAOUDE, J.; GEORGE SAADE, R. Blockchain applications - Usage in different domains. **IEEE Access**, v. 7, p. 45360-45381, 2019.
- ADEKUNLE OYEYEMI ADENIYI *et al.* The impact of electronic health records on patient care and outcomes: A comprehensive review. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v. 21, n. 2, p. 1446-1455, 2024.
- AKBAR, Irfan Maulana; BHAWIYUGA, Adhitya; SIREGAR, Reza. An Ethereum Blockchain Based Electronic Health Record System for Inter-Hospital Secure Data Sharing. **Association for Computing Machinery**, New York, p. 226-230. nov. 2023.
- ALANAZI, F. M *et al.* Using Electronic Health Records to Improve Patient Health Care. **Saudi Journal of Medicine**, v. 8, n. 09, p. 514-518, 2023.
- ALZAHIRANI, S.; DAIM, T.; CHOO, K. K. R. Assessment of the Blockchain Technology Adoption for the Management of the Electronic Health Record Systems. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 70, n. 8, p. 2846-2863, 1 ago. 2023.
- ARUN KUMAR, B.R., VADDEM, S. The NFT Wave and Better Use Cases—Using NFTs for Documents, Identification, and College Degrees. *In*: Sharma, N., Goje, A., Chakrabarti, A., Bruckstein, A.M. (eds) Data Management, Analytics and Innovation. ICDMAI 2023. **Lecture Notes in Networks and Systems**, vol 662. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-1414-2_61
- BACKES, D. S *et al.* Grupo focal como técnica de coleta e análise de dados em pesquisas qualitativas. **O Mundo da Saúde**, v. 35, n. 4, p. 438-442, 2011.
- BASEER, K. K *et al.* Design and Implementation of Electronic Health Records using Ethereum Blockchain. **Proceedings of the 2023 2nd International Conference on Electronics and Renewable Systems**, ICEARS 2023, p. 784-791, 2023.
- CALDERONE, D. C. Event Management Evolution Through Non-Fungible Tokens. 2023 IEEE International Workshop on Sport, **Technology and Research**, STAR 2023 - Proceedings, p. 85-89, 2023.
- CARRANO, F.M., Sileri, P., Batt, S. *et al.* Blockchain in surgery: are we ready for the digital revolution? **Updates Surg**, 74, 3-6 (2022). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13304-021-01232-y>
- CHELSOM, J. *et al.* Federated Electronic Health Records Using a Blockchain. **Studies in health technology and informatics**, v. 316, p. 1219-1223, 2024.
- CORNELIUS, K. Betraying blockchain: Accountability, transparency and document standards for non-fungible tokens (nfts). **Information** (Switzerland), v. 12, n. 9, 2021.
- DALLARI, Fernando. **LGPD Na Saúde Digital**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2012. 522 p.
- DASH, S.; GANTAYAT, P. K.; DAS, R. K. Blockchain Technology in Healthcare: Opportunities and Challenges BT - Blockchain Technology: Applications and

Challenges. In: PANDA, S. K *et al.* (Eds.). **Cham**: Springer International Publishing, 2021. p. 97-111.

DEVI V, DR. S *et al.* Robust Security for Healthcare Data Using Blockchain. **Ijarccce**, v. 13, n. 4, p. 1262-1266, 2024.

DESCRIPTORES EM CIÊNCIAS DA SAÚDE. **DeCS. 2023**. ed. rev. e ampl. São Paulo: BIREME / OPAS / OMS, 2017. Disponível em: <http://decs.bvsalud.org> . Acesso em 22 de maio. 2023.

EBBERS, T *et al.* The implementation of a multidisciplinary, electronic health record embedded care pathway to improve structured data recording and decrease electronic health record burden. **International Journal of Medical Informatics**, v. 184, n. February 2023, p. 105344, 2024.

ENAHORO, Q.UEEN E. LIZABETH ENAHORO *et al.* The impact of electronic health records on healthcare delivery and patient outcomes: A review. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v. 21, n. 2, p. 451-460, 2023.

FAULKENBERRY, J. G.; LUBERTI, A.; CRAIG, S. Electronic health records, mobile health, and the challenge of improving global health. **Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care**, v. 52, n. 1, p. 101111, 2022.

GALVÃO, T. F *et al.* A declaração PRISMA 2020: Diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 31, n. 2, p. 1-20, 2022.

GEBREAB, S. A *et al.* NFT-Based Traceability and Ownership Management of Medical Devices. **IEEE Access**, v. 10, n. November, p. 126394-126411, 2022.

HARARI, Y. N. **Sapiens**: Uma breve história da humanidade; traduzido por Jorio Dauster. São Paulo. Editora Companhia das Letras, 2020.

HASSELGREN, A *et al.* Blockchain in healthcare and health sciences—A scoping review. **International Journal of Medical Informatics**, v. 134, n. December 2019, p. 104040, 2020.

HOLDEN, R.J.; KARSH, B.T. The Technology Acceptance Model: Its past and its future in health care. **Journal of Biomedical Informatics**, 43 (2010) 159-172: Julho 2009.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL - INPI. **International Patent Classification - IPC**. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

IRFAN, M. A., ADHITYA, B., REZA, A. S. **An Ethereum Blockchain Based Electronic Health Record System for Inter-Hospital Secure Data Sharing**, 2021, p. 226-230. doi: 10.1145/3479645.3479699

JAHIR PASHA, M *et al.* Ethereum Blockchain-Based Design and Implementation of Electronic Records for Home Care. Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Networking and Communications 2024, **ICNWC 2024**, p. 1-8, 2024.

JAYASINGHR, J.G. L.A. Shiranthaka, K.G.S *et al.* **Blockchain-based Secure for Electronic Health Records**. (2022 13th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies – ICCNT) 2022.

JONES, Nicola. Scientists Embrace Digital Craze For Non-Fungible Tokens. **Nature**, Nova York, Vol. 594 (7864), 481-482, Junho, 2021. Disponível em:

JUSBRASIL. Busca: Obtenção de Prontuários Médicos. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/busca?q=obten%C3%A7%C3%A3o+de+prontu%C3%A1rio+m%C3%A9dico> Acesso em 20 de maio de 2023.

JAMOOM, E. W.; YANG, N.; HING, E. Adoption of Certified Electronic Health Record Systems and Electronic Information Sharing in Physician Offices: United States, 2013 and 2014. **NCHS data brief**, n. 236, p. 1-8, 2016.

KETIKIDIS, P; LAZURAS, T. D *et al.* Acceptance of health information technology in health professionals: An application of the revised technology acceptance model. **Health Informatics Journal**, 18(2) p.124-134, 2012.

KHAN, F *et al.* Enhancing Non-Fungible Tokens for the Evolution of Blockchain Technology. International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems, **ICSCDS 2022 - Proceedings**, p. 1148-1153, 2022.

KHAN, M. Z *et al.* Blockchain based Secure Data Management for Healthcare Applications. 2023 3rd International Conference on Communication, Computing and Digital Systems, **C-CODE 2023**, p. 1-6, 2023.

KOSTICK-QUENET, K *et al.* How NFTs could transform health information exchange. **Science**, v. 375, n. 6580, p. 500-502, 4 fev. 2022.

KUMARI, R.; CHANDER, S. Improving healthcare quality by unifying the American electronic medical report system: time for change. **Egyptian Heart Journal**, v. 76, n. 1, 2024.

LI, Y. *et al.* BEHRT: Transformer for Electronic Health Records. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2020.

LOPES, J.; PEREIRA, J. L. **Blockchain Technologies: Opportunities** in Healthcare BT - Digital Science. (T. Antipova, A. Rocha, Eds.) Cham: Springer International Publishing, 2019.

MANDARINO, V.; PAPPALARDO, G.; TRAMONTANA, E. A Blockchain-Based Electronic Health Record (EHR) System for Edge Computing Enhancing Security and Cost Efficiency. **Computers**, v. 13, n. 6, 2024.

MOHAMMADI, S; Fatoorchi, A *et al.* NFT-based online prescription for data management in healthcare services. **Technology Analysis & Strategic Management** 2023.

<https://doi-org.ez2.periodicos.capes.gov.br/10.1080/09537325.2023.2209209>

MOHER, D. *et al.* Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement (Reprinted from Annals of Internal Medicine). **Physical Therapy**, v. 89, n. 9, p. 873-880, 2009.

MUNOZ, D. J.; CONSTANTINESCU, D. A. Decentralised Blockchain-based Solutions for Electronic Healthcare Record with Interacting Social Networking Components. 2021 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics. **Computing and Technologies**, 3ICT 2021, p. 488-493, 2021.

MUSAMIH, A *et al.* NFTs in Healthcare: Vision, Opportunities, and Challenges. **IEEE Consumer Electronics Magazine**, v. 12, n. 4, p. 21-32, 2023.

NAKAMOTO, S. **A Peer-to-Peer Electronic Cash System**. A Peer-to-Peer Electronic Cash System, p. 1-24, 2008.

NEW, J. P *et al.* Putting patients in control of data from electronic health records. **BMJ - Clinical research ed**, v. 360, n. January, p. j5554, 2018.

NUNES, T *et al.* Non-Fungible Tokens (NFTs) in Healthcare: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 21, n. 8, 2024.

OLADELE, J. K *et al.* BEHeDaS: A Blockchain Electronic Health Data System for Secure Medical Records Exchange. **Journal of Computing Theories and Applications**, v. 1, n. 3, p. 231-242, 2024.

PAGE, M. J.; *et al.* A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, 31(2), 2022. e2022107.

PEREIRA, K. A. **Rumo a uma maior eficiência na saúde: o impacto da digitalização de registros médicos**. p. 709-714, 2024.

PEREIRA KSS, Melo DRA; Junior, DCV *et al.* Fatores que Influenciam a Aceitação de Inteligência Artificial na Saúde. **Revista Gestão & Saúde**, v. 12 n. 01 (2021): Janeiro /Março 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.26512/gs.v13i01.41552> . Acesso em: 10/08/2023

RAI, S *et al.* Blockchain-based NFT for Healthcare System. Proceedings - 2023 12th IEEE International Conference on Communication Systems and Network Technologies, **CSNT 2023**, p. 700-704, 2023.

ROUHANI, S. MediChain TM: A Secure Decentralized Medical Data Asset Management System. 2018 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, **Physical and Social Computing (CPSCoM) and IEEE Smart Data (SmartData)**, n. Section II, p. 1533-1538, 2018.

SEHNEM, G. D *et al.* Utilização do grupo focal como técnica de coleta de dados em pesquisas: relato de experiência/Focal group utilization as data gathering technique to researches: experience report. **Ciência, Cuidado e Saúde**, v. 14, n. 2, p. 1194, 2015.

SEPTIANSYAH, R *et al.* Blockchain for Industry 4.0: A Far reaching Survey. **Blockchain Frontier Technology**, v. 1, n. 2, p. 29-38, 2022.

SHAMSHAD S, S. H. Evaluating The Impact of Electronic Health Record Systems On Reducing Medication Errors: A Study at Lady Reading Hospital, PESHAWAR.

Biological and Clinical Sciences Research Journal, v. 16, n. 17th July 2020, p. 1-8, 2020.

SHEN, B.; GUO, J.; YANG, Y. MedChain: Efficient healthcare data sharing via blockchain. **Applied Sciences** (Switzerland), v. 9, n. 6, 2019.

SPANÒ, R.; MASSARO, M.; IACUZZI, S. Blockchain for value creation in the healthcare sector. **Technovation**, v. 120, n. August 2021, 2023.

STEPHENS-DAVIDOWITZ, S. **Todo mundo mente**: O que a internet e os dados dizem sobre quem realmente somos. Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2018. 335 p.

SUHARTI, N.; HARIYATI, T. S. Management Information Systems Towards Improving the Quality of Nursing Care Services: A Literature Review. **Jurnal Ilmiah Ilmu Keperawatan**. Indonesia, v. 14, n. 01, p. 22-31, 2024.

TANWAR, Vishesh; RAMKUMAR, K.R. An Analysis of Blockchain and NFT Technologies and their Drawbacks. Proceedings of the Second International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing. **ICAAIC 2023 - IEEE Xplore Part Number**: CFP23BC3-ART; ISBN: 978-1-6654-5630-2

TEPEDINO, Gustavo; Frazão, A; Oliva, M. **Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais e suas repercussões no Direito Brasileiro**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2019. 824 p.

TANWAR, N.; THAKUR, J. Patient-centric soulbound NFT framework for electronic health record (EHR). **Journal of Engineering and Applied Science**, v. 70, n. 1, 1 dez. 2023.

TANWAR, S.; PAREKH, K.; EVANS, R. Blockchain-based electronic healthcare record system for healthcare 4.0 applications. **Journal of Information Security and Applications**, v. 50, 2020.

YAGHY, A *et al.* The potential use of non-fungible tokens (NFTs) in healthcare and medical research. **PLOS Digital Health**, v. 2, n. 7, p. e0000312, 2023.

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, 1 ago. 2018.

ZHANG, G.; YANG, Z.; LIU, W. Blockchain-based privacy preserving e-health system for healthcare data in cloud. **Computer Networks**, v. 203, 11 fev. 2022.

WIPO. **WIPO**: International Patent Classification (IPC), c2023. Disponível em: <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>. Ac

APÊNDICES

APÊNDICE A - MATRIZ FOFA (SWOT)



APÊNDICE B - MODELO DE NEGÓCIO CANVAS

Registro Eletrônico de Saúde Descentralizado

