Revista Tecnologia e Sociedade
ISSN: 1984-3526

https://periodicos.utfpr.edu.br/rts

Uma arquitetura tecnológica como a blockchain pode induzir o modelo de governança federada da Rede Nacional de Dados em Saúde?

Felipe Ferré
Conselho Nacional de Secretários de Saúde (Conass), Brasília, Distrito Federal, Brasil
labxss@gmail.com

Andrea de Oliveira Gonçalves
Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasil
andreagon@unb.br

Rodrigo de Souza Gonçalves
Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasil
rgoncalves@unb.br

RESUMO

Na criação do Sistema Único de Saúde (SUS), a Lei 8.080/1990 estabeleceu a implantação até 1992 de um sistema nacional de informações em saúde. Porém, insistiu-se em operar o SUS com dados administrativos, focado na prestação de contas do pagamento, ao invés de orientar os serviços por dados clínicos a partir do Registro Eletrônico de Saúde (RES). A Rede Nacional de Dados de Saúde (RNDS) foi pactuada para descentralizar a gestão da informação com uma estrutura de blockchain mantida por entes federados e coordenada pelo Ministério da Saúde (MS). Porém, a rede foi implantada como blockchain privativa do MS. Após o ataque hacker que privou brasileiros do certificado vacinal, a tecnologia blockchain foi demovida em 2021. A federalização da RNDS foi iniciada em 2023, com arquitetura em aberto. Objetiva-se avaliar a pertinência da adoção no SUS da tecnologia blockchain como forma de prevenir eventos contrários à governança compartilhada, fortalecendo o federalismo informacional.

PALAVRAS-CHAVE: Federalismo. Blockchain. Interoperabilidade da Informação em Saúde. Registros Eletrônicos de Saúde

INTRODUÇÃO

O Sistema Único de Saúde (SUS) é configurado em redes de Atenção à Saúde, entre gestores e estabelecimentos, cuja gestão ocorre num federalismo onde União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios são autônomos, mas colaboram entre si por meio de políticas públicas, usualmente por convênios e consórcios públicos regionalizados. Entretanto, apesar da operacionalização do SUS decorrer em rede e da existência de tecnologias de governança compartilhada da informação e de aplicações, a estratégia de centralização de dados que não retornam consolidados aos que os alimentam implica em conflito federativo e ações desarticuladas, com apagões, seja por questões técnicas ou decisões monocráticas (FLEURY; SANTOS; LOPES, 2023; NOVAES, 2020; OUVERNEY; MAFORT; FLEURY, 2023). Ainda, o reflexo de décadas de autonomia com falhas de coordenação na governança cooperativa dos dados, resultou em centenas de sistemas de informação de saúde fragmentados (BRASIL, 2018; COELHO NETO; CHIORO, 2021; FERRÉ, 2021; LEAL et al., 2021a), o que não situa o usuário no centro do cuidado, mais o serviço.

O Poder Público detém a responsabilidade, de forma compartilhada entre os entes federativos, de executar, bem como regular, fiscalizar e controlar as Ações e Serviços de Saúde (ASS) a qual pode ser executada, diretamente ou por meio de terceiros, sendo pessoas físicas ou jurídicas de direito privado. As instituições de governança são as Comissões Intergestores Bipartite (CIB, com estados e municípios) e Tripartite (CIT) com representação do Conselho Nacional de Secretários de Saúde, Conselho Nacional de Secretarias Municipais de Saúde e do Ministério da Saúde (MS). As CIB e CIT são supervisionadas pelos conselhos de saúde, nas três esferas, e devem cumprir com planos de saúde orientados pelo controle social, o qual vem exigindo, por meio de conferências, resolutividade do SUS com transformação digital, como a difusão do prontuário eletrônico, regulação transparente e interoperabilidade (BRASIL, 2023d; KOERICH et al., 2024), abordam a inovação tecnológica como um vetor para a tomada de decisão administrativa. Alinhado a princípios de transparência, participação e eficiência, destacam que governos atuam em ambientes de mudanças contínuas e alta cobrança social, nos quais sistemas eletrônicos e tecnologias digitais tornam-se instrumentos necessários para qualificar decisões e aprimorar serviços públicos.

A fiscalização das ações, ainda focadas no controle do repasse de recursos (MIRANDA, 2020), decorre via Sistemas de Informação de Saúde (SIS) ligados a centralizadores de procedimentos ambulatoriais e hospitalares (BRASIL, 2009a), bem como pelo controle de ações orçamentárias. Porém, não são avaliados sistematicamente o desfecho clínico das ASS, onde resultados de saúde são acompanhados usualmente por meio de indicadores com dados ecológicos (SILVA, 2009; UGÁ et al., 2010) ou restritos ao âmbito acadêmico com coortes observacionais derivadas de pareamento probabilístico para a formação de repositórios que deveriam ter sido consistidos na origem (BARRETO et al., 2022; GUERRA JUNIOR et al., 2018).

A governança da CIT é amparada tecnicamente por Grupos de Trabalho (GT), onde dados e sistemas de informações do SUS são tratados no GT de Informação e Saúde Digital (GTISD) e pelo Comitê Gestor da Saúde Digital (CGSD), originalmente estabelecido pela Resolução CIT nº 5/2016. A despeito dos espaços de diálogo interinstitucional, a governança informacional foi pivô do esgarçamento

das relações interfederativas, sendo uma das diversas fraturas na autonomia e na coordenação do SUS (FORNAZIN; JOIA, 2015; RACHID et al., 2023). O apagão de dados autocrático realizado pelo governo federal, em 2020, retirou o Brasil do ranking mundial de casos e óbitos por Covid-19 durante um fim de semana e soou um alerta quanto à estratégia de centralização de dados de governança tripartite (FERRÉ et al., 2021; FLEURY, 2021; FLEURY; SANTOS; LOPES, 2023; NOVAES, 2020; OUVERNEY; FLEURY, 2023; VIEIRA; SERVO, 2020).

Apesar do SUS ter definido um sistema nacional de informações em saúde para 1992, conforme o Art. 47 da Lei 8.080/1990, apenas em 2019, a partir de ações do GTISD e CGSD, foi iniciada a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS), publicada na Portaria GM/MS 1.434/2020. Entretanto, apesar da RNDS ter sido pactuada para ser de gestão conjunta, inicialmente com *blockchain* federada, persiste centralizada no Ministério da Saúde.

O presente trabalho objetiva investigar a governança compartilhada de dados de saúde sob arquitetura tecnológica federada à luz do advento da RNDS. Adicionalmente, é explorada uma lacuna na literatura acerca da oportunidade ou não da adoção da tecnologia blockchain como aporte à segurança e como solução nativa para a gestão federada de Registros Eletrônicos de Saúde (RES) no escopo da RNDS. Ainda, é aventada a blockchain como uma garantia tecnológica para a governança compartilhada de mecanismo para evitar atos autocráticos de represamento de dados, em contraste com outras abordagens que são passíveis de serem reconvertidas para modelos centralizados. Finalmente, é apontada a necessidade de fortalecer o federalismo Informacional na perspectiva de descentralização da gestão da RNDS comungada entre os entes federativos (o sentido de federalização aplicado no artigo), com coordenação central, em oposição à centralização tradicional, causa recorrente de conflitos e "apagões" de dados.

METODOLOGIA

Revisão integrativa de caráter narrativo, com busca estruturada na literatura e em materiais institucionais normativos e técnicos, consolidando modelos aplicados em outros territórios.

As buscas de artigos de revisão foram realizadas em janeiro de 2024, sem filtro de data, a partir da combinação dos termos DeCS/MeSH (OPAS/BIREME, 2025) no sítio PubMed ("Health Information Interoperability"[Mesh] OR "Electronic Health Records"[Mesh] OR FHIR OR openEHR) AND (blockchain[MeSH Terms] OR microservice OR cryptography), Lilacs/BVS (mh:("Interoperabilidade da Informação em Saúde") OR mh:("Registros Eletrônicos de Saúde") OR ("FHIR") OR ("openEHR")) AND (mh:("Blockchain") OR ("microservice") OR ("cryptography")) e complementadas com buscas livres no Google Scholar a partir das palavras-chave e referências verificadas nos trabalhos. Foi utilizada a ferramenta Connected Papers para observar as relações entre os artigos e ampliar as buscas de forma indutiva (EITAN et al., 2018).

REFERENCIAL TEÓRICO

Tradicionalmente, os dados são armazenados em tabelas relacionais, onde as linhas contêm registros e as colunas os atributos. Os repositórios mantidos em Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD) asseguram a integridade referencial entre as tabelas. O acesso ao SGBD ocorre por meio do fornecimento de credenciais que incluem o endereço eletrônico, usuário e senha. A gestão dos acessos dos sistemas nacionais é centralizada pelo MS via Departamento de Informática do SUS (DataSUS/SEIDIGI/MS). A disseminação de dados centralizados para estados e municípios ocorre usualmente como dados abertos (e.g., estratégia TabNet/Tabwin, dados.gov.br) e via API (Application Programming Interface ou Interface de Programação de Aplicativos), seja para dados abertos ou fechados (BRASIL, 2025a; COELHO NETO; CHIORO, 2021; FERRÉ et al., 2025; LEAL et al., 2021b).

A RNDS representa um avanço tecnológico e de governança de dados. O Decreto nº 12.560/2025 define a RNDS, como

> "(...) a plataforma de interoperabilidade do ecossistema de dados do Sistema Único de Saúde - SUS, integrada em todo território nacional e com foco na interoperabilidade e no compartilhamento de dados de saúde, administrativos, financeiros e cadastrais relacionados às ações e aos serviços de saúde" (BRASIL, 2025b).

A RNDS é alimentada de duas formas. A primeira é com o uso de centralizadores nacionais (SIA, SIH, SIM, SINAN, SINASC, BNAFAR, etc; vide tabela 1), integrados por sistemas de informação locais ou nacionais em consonância a modelos de informação, via de regra, pactuados de forma tripartite. A segunda é via API , onde são cedidas credenciais a estabelecimentos integradores conforme terminologia prevista no portal de serviços do DataSUS (BRASIL, 2025a). A via nacional de acesso dos dados pelo cidadão e pelo profissional ocorre pelo aplicativo Meu SUS Digital (BRASIL, 2024a), com permissão de acesso gerenciada via registro no gov.br. Até 2023, os dados da RNDS não enriqueciam prontuários que não fossem de gestão do MS, ou seja, não havia interoperabilidade, apenas envio passivo de dados.

Entretanto, a RNDS foi projetada como uma plataforma federada e permissionada do RES brasileiro, onde entes da federação, e não apenas o governo federal, poderiam gerenciar quem lê e escreve dados. Desta forma, nenhum ente federativo poderia "desligar" a rede (BRASIL, 2020a). A proposta original visava a governança compartilhada, permitindo que cada ente administrasse seus próprios contêineres e controlasse a rede em conjunto com o MS:

> "Como as aplicações de Saúde Digital são executadas em um ambiente heterogêneo e descentralizado, a tecnologia Blockchain foi adotada por se apresentar como uma forte solução nas questões de segurança, desempenho, acesso e escalabilidade. No geral, a implementação da RNDS se dá por meio da disponibilização de "contêineres" virtuais em nuvens para cada Estado da Federação. A aquisição, instalação e

> manutenção desses contêineres estão sob a responsabilidade do DATASUS" (BRASIL, 2021a).

A RNDS foi pactuada para contemplar aspectos éticos, legais e de interoperabilidade entre estabelecimentos públicos e privados, sobretudo quanto à proteção de dados pessoais (BRASIL, 2015, 2018, 2020a, 2020d, 2020e, 2020f, 2023a; DE LUCENA; LEITÃO JUNIOR; BRAGA, 2022). A RNDS é consonante a Estratégia de Saúde Digital para o Brasil 2020-2028 (ESD28, Portaria GM/MS 3.632/2020) e a Política Nacional de Informação e Informática (PNIIS), formalizada originalmente em 2015 com a Portaria 589, e advém da governança tripartite da transição digital e, conforme à Lei Orgânica do SUS, reafirmam que municípios, estados e governo Federal, são autônomos, sem relação de subordinação, porém, com a atuação coordenada, conforme previsto no Art. 15 da Lei 8.080/1990 (BRASIL, 2015, 2020a, 2020b, 2020c, 2020d, 2020g, 2020h, 2020i, 2021b, 2022b, 2023a, 2023e; FERRÉ, 2021; JÚNIOR; DE SÁ LEITÃO JÚNIOR, 2021; PIAUÍ, 2023; PIRES, 2020).

A blockchain é composta por blocos interligados, formando uma cadeia. Cada bloco contém dois componentes principais: o cabeçalho e o corpo do bloco. O cabeçalho contém metadados, como número da versão, data/hora, nonce (um valor numérico aleatório usado uma única vez para garantir a segurança do bloco), raiz Merkle (uma sequência de caracteres que representa as transações contidas no bloco) e o identificador do bloco anterior (que conecta o bloco atual ao anterior, garantindo a imutabilidade). No corpo do bloco, são registrados os dados chamados transacionais, como informações de prontuário. É previsto o armazenamento off-chain, onde dados e informações são guardados fora da blockchain, por exemplo, imagens e eletrocardiogramas, melhorando a escalabilidade e reduzindo custos de transação. Blockchains podem ser públicas, permissionadas ou privadas. As públicas ficam acessíveis para registros e leitura de informações. As privadas são utilizadas exclusivamente por uma instituição (MAYER; DA COSTA; RIGHI, 2020; WU; HO, 2023).

A blockchain utiliza mecanismos criptográficos para garantir segurança, integridade, autenticidade e imutabilidade dos dados adotando funções hash criptográficas. O hash é o resultado de uma função criptográfica que resume o conteúdo do bloco, sendo uma espécie de “impressão digital” do bloco. Qualquer alteração modifica esse valor de forma imprevisível. Ele garante integridade e encadeamento entre os blocos. O encadeamento de hashes entre blocos garante a imutabilidade da cadeia. Ainda, a blockchain possui criptografia assimétrica (chaves pública e privada), cujos participantes assinam transações digitalmente com uma chave privada. Qualquer nó pode validar a assinatura usando a chave pública correspondente. Isso assegura autenticidade, não repúdio e controle de acesso transacional (AGBO; MAHMOUD, 2020; AHMAD et al., 2021; FANG et al., 2021; HASHIM; SHUAIB; SALLABI, 2022; HASNAIN et al., 2023; HASSELGREN et al., 2020; HICKMAN et al., 2020; HUSSIEN et al., 2019, 2021; ISMAIL; MATERWALA; HENNEBELLE, 2021; KASSAB et al., 2019; KHATRI et al., 2021; KOSHECHKIN et al., 2021; O’DONOGHUE et al., 2019; PILARES et al., 2022; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SHI et al., 2020; SINGH et al., 2023a, 2023b; SIYAL et al., 2019; SRIVASTAVA et al., 2022; TAGDE et al., 2021; WU; HO, 2023; XIE et al., 2021; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021; ZUBAYDI et al., 2019).

Os contratos inteligentes operam acima desse mecanismo e não determinam o consenso. Eles atuam apenas na camada de aplicação, permitindo programar regras de negócio que serão executadas de forma automática e determinística sobre a infraestrutura consensuada. Enquanto contratos tradicionais podem admitir interpretações subjetivas sobre obrigações e condições, os contratos inteligentes são executados por programas que traduzem instruções do tipo “se”, “então” e “senão”, registrando de forma transparente e rastreável cada operação no livro-razão distribuído, sobretudo aquelas relacionadas à escrita e atualização de dados no repositório comum (FELIX DE LIMA; VASCONCELOS; GRASSI, 2024; LEITÃO; FERREIRA, 2022; NETO et al., 2024).

A arquitetura da blockchain é composta por camadas de infraestrutura, dados, rede, consenso e aplicação. A camada de infraestrutura abrange hardware, conectividade e armazenamento de dados. O mecanismo de consenso estabelece regras para os nós concordarem sobre o estado da blockchain, assegurando a validade das transações. Entre os algoritmos de consenso mais comuns estão Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS) e Proof of Authority (PoA). PoW exige que participantes resolvam problemas matemáticos complexos, consumindo muita energia. PoS seleciona validadores com base na quantidade de criptomoedas "stakeadas", sendo mais eficiente energeticamente. “Stakeadas” significa criptomoedas colocadas em custódia como depósito obrigatório, que ficam travadas para permitir que o usuário participe do processo de validação no PoS. No PoA, os validadores são entidades previamente autorizadas, que utilizam sua identidade institucional, e não criptomoedas, como elemento de confiança; por isso o mecanismo é compatível com blockchains federadas, onde participantes são conhecidos e controlados (ANGELIS et al., 2018; LOPEZ-BARREIRO et al., 2022).

Na arquitetura de governança original, caberia ao MS definir o consenso de blockchain, adicionando novos operadores, nós e contratos inteligentes, além de criar novos livros-razão (Hyperledger Fabric Channels). Hyperledger Fabric é uma plataforma de blockchain permissionada que oferece uma infraestrutura modular para criar redes privadas. Desenvolvido pela Linux Foundation, permite controle de acesso, onde apenas participantes autorizados interagem com a rede. Utiliza uma arquitetura modular de contratos inteligentes, que podem ser escritos em linguagens de programação amplamente utilizadas, como Go, JavaScript e Java, suportando transações rápidas e seguras (AGBO; MAHMOUD, 2020; AHMAD et al., 2021; BRASIL, 2020a; FANG et al., 2021; HASNAIN et al., 2023; HASSELGREN et al., 2020; HICKMAN et al., 2020; HUSSIEN et al., 2019, 2021; ISMAIL; MATERWALA; HENNEBELLE, 2021; KHATRI et al., 2021; KUMAR; CHAND, 2021; PILARES et al., 2022; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SINGH et al., 2023a, 2023b; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021; ZUBAYDI et al., 2019).

A rede adotaria um livro-razão distribuído com metadados e padrão HL7 FHIR para troca de informações em saúde. FHIR é um padrão, baseado em recursos representando entidades do cuidado, que permite a coleta e análise de dados centrados no paciente, possibilitando o reuso da informação independente da origem (SEMENOV et al., 2019). Contratos inteligentes gerenciariam históricos de pacientes e acessos autorizados. A RNDS foi projetada para gerenciar até 5 bilhões de registros de saúde anualmente, com potencial de 1.800 transações por segundo (BRASIL, 2020a).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consórcios, contratos, fundos e sistemas de informação se tornam instrumentos da governança do SUS, entretanto, a não consolidação compartilhada de dados clínicos é um dos gargalos para a resolutividade das Redes de Atenção à Saúde. Não foi detectada na literatura indexada, até o período de análise, discussão acerca da tecnologia blockchain no contexto da RNDS, sobretudo como tecnologia preconizada de aporte à segurança e nativa problematizando, na democracia brasileira, governança e gestão federada de registros clínicos (FILHO; VALTER, 2021; FORNASIER, 2022; LEITÃO; FERREIRA, 2022; PIRES, 2020).

Ações de integração de dados advém dos três Poderes. No Supremo Tribunal Federal (STF), foi lançada uma plataforma nacional de assistência farmacêutica, incorporando a RNDS como uma das portas de entrada (BRASIL, 2023b, 2024b). No âmbito legislativo foi aventada a federalização da RNDS, a qual se encontra como Projeto de Lei e reúne dezenas de pleitos da Câmara dos Deputados e do Senado Federal de informatização da saúde, cujo texto original definiu "a RNDS como via única de interoperabilidade" (BRASIL, 2023a, 2025c).

Salienta-se que o termo federalização é polissêmico, sendo aqui aplicado como fortalecimento da cooperação federativa com gestão em rede federada, ao contrário do outro uso corrente quando ocorre transferência da gestão para o governo federal, a exemplo de estabelecimentos, como hospitais.

Por sua vez, a federalização da RNDS contemplada no Capítulo IV do Decreto nº 12.560/2025, tem como objetivo “garantir o acesso integral, ágil e descentralizado a seus dados pelos Estados, pelo Distrito Federal e pelos Municípios, de forma a promover a transição e continuidade do cuidado ao cidadão”. Logo, até haver regulamentação com normas específicas, o decreto apenas prevê o compartilhamento, entre entes federados, de dados e não da gestão em si, persistindo os riscos inerentes à gestão centralizada.

Iniciativas que associam Open Health à RNDS, se afiguram na contramão das pactuações derivadas da PNIIS e ESD28 em décadas de discussão, pois não preveem a gestão pública com controle social avaliando eticamente possíveis conflitos de interesse (VASCONCELLOS; OTHERS, 2005). No início de 2022, o MS contemporizou com a plataforma Open Health, uma espécie de "Open Bank da saúde", focada nos dados enquanto ativo econômico, fomentando, inclusive, a realização de benchmarks, isto é, comparativos de mercado(BRASIL, 2022a, 2022d; MENDES, 2022). O setor privado com fins lucrativos vem organizando plataformas, por exemplo, uma que conglomera 25 instituições de saúde para consolidar exames, consultas médicas e vacinas (NAV DASA, 2023).

Uma das pressões às políticas públicas, cuja solução possa ser a blockchain (BRASIL, 2022c; DE ALCÂNTARA et al., 2019; DIVAN, 2024; PINTO-ORTIZ; PIAS-MACHADO; COSTA-QUINTANA, 2024; REDDICK; RODRÍGUEZ-BOLÍVAR; SCHOLL, 2021), é a consolidação do alcunhado "prontuário eletrônico único" (BRASIL, 2023a, 2023d; LOPES; OLIVEIRA; MAIA, 2019), onde escolhas do modo de operação podem impactar, em décadas, a translação de soluções clínicas, epidemiológicas e de gestão, previstas na ESD, seja pelos atores que focam na perspectiva de saúde enquanto direito universal, seja enquanto mercadoria escassa (CELUPPI et al., 2019). Apesar da RNDS não ser o prontuário propriamente dito, e a ideia de

"prontuário único" ser uma redução de um conceito para facilitar o amplo entendimento, a rede foi prevista como a via única para de troca e armazenamento do RES ou do Conjunto Mínimo de Dados (CMD) (BRASIL, 2023a).

A arquitetura original da RNDS adotou a tecnologia blockchain, sobretudo, como mecanismo tecnológico que asseguraria a gestão descentralizada e federada dos dados, ao contrário de outras tecnologias que deveriam ser adaptadas para o mesmo fim (BRASIL, 2020a). Entretanto, até 2023, a RNDS consistiu em um centralizador tradicional, pois os nós-piloto de São Paulo e Alagoas foram iniciados, mas não houve conclusão e integração dos contêineres da blockchain, cuja entrega seria uma rede co-gerida por entes federados de diferentes esferas de gestão.

A RNDS nasceu como blockchain privada do MS e, após o ataque hacker, a tecnologia não vem sendo mais citada no material de divulgação do governo federal (BRASIL, 2020g, 2020h, 2022b, 2023e; CONASS, 2022; PIRES, 2020). Consequentemente, a RNDS não ainda exerceu o papel de plataforma única de interoperabilidade (BRASIL, 2011, 2020j, 2021c, 2023a) e vem abrindo espaço para implantações originalmente não articuladas com a RNDS no setor público (CURITIBA, 2024; IPES.TECH, 2023).

Blockchains privadas podem ser onerosas quando a instituição mantém integralmente a infraestrutura. Isso significa manutenção de servidores, nós validadores, mecanismos de consenso, monitoramento, auditorias, hardening de rede (medidas contra ataques cibernéticos), gestão de chaves e equipes técnicas especializadas. Ao contrário dos SGBD, onde as regras de controle ficam centralizadas no administrador do banco, nas blockchains o comportamento da rede é definido pelo mecanismo de consenso, que determina como os nós validam transações e produzem blocos. Sobre essa infraestrutura consensuada atuam os contratos inteligentes, que são programas executados na própria blockchain e que aplicam automaticamente regras de negócio previamente definidas, de forma determinística e sem necessidade de intermediários (SILVA; MARQUES, 2021).

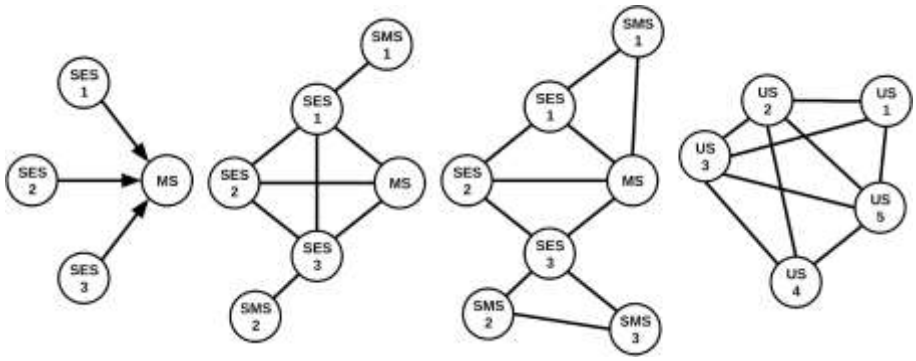
Assim, a concepção original da RNDS se afiguraria como viável ao constituir infraestrutura nacional, distribuída e federada, com nós interligados que compartilham dados de forma padronizada e segura. Nesse arranjo, o Ministério da Saúde atuaria como operador da rede e gestor do domínio nacional, enquanto os demais entes participariam como "organização" da rede blockchain, com seus próprios pares validadores e políticas de identidade, mas compartilhando o mesmo mecanismo de consenso, a mesma rede lógica e o mesmo modelo de dados, por exemplo, FHIR para os recursos clínicos (HASNAIN et al., 2023; ISMAIL; MATERWALA; HENNEBELLE, 2021). Em vez de cada ente manter infraestrutura completa, parte dos componentes, como serviço de ordenação e monitoramento central, pode ser provida pelo MS, reduzindo a replicação de custo e mantendo a governança tripartite.

Uma rede de dados tem potencial para elevar a qualidade do cuidado ao permitir que os estabelecimentos de saúde compartilhem informações transversais do atendimento ao cidadão. Além de reduzir custos associados ao registro redundante e à guarda de documentos clínicos físicos, a utilização da RNDS em blockchain flexibiliza interoperabilidade, possibilita uma visão distribuída da linha do tempo em saúde e assegura o acesso aos dados somente mediante consentimento, alinhado à LGPD. Adicionalmente, a tecnologia impede alterações

retroativas nos registros e força múltiplas validações antes da gravação, o que reduz fraudes com mecanismos aprimorados de fiscalização (BRASIL, 2020a).

Numa blockchain pública, são as regras de consenso que definem se a informação será persistida ou não, configurando uma rede distribuída, sem coordenação central. Numa blockchain permissionada há controle dos nós pelos entes descentralizados, quando não há coordenação central, ou federados, quando há coordenação (figura 1).

Figura 1 - Topologias de rede de dados centralizada, federada, descentralizada e distribuída.



Rede Centralizada | Rede Federada | Rede Descentralizada | Rede Distribuída

US: unidade de saúde. SMS: Secretaria Municipal de Saúde. SES: Secretaria Estadual de Saúde. MS: Ministério da Saúde. Fonte: elaboração própria.

Embora atualmente a gestão seja centralizada, a RNDS foi originalmente definida como permissionada, pois a leitura e escrita decorreria de consentimento dos gestores, inicialmente federais e estaduais e, posteriormente, de municípios que desejassem. Entretanto, vulnerabilidades podem ser associadas à baixa descentralização, demandando um volume de entes federados aderentes.

O número reduzido de nós facilita ataques ao consenso, inclusive controle majoritário capaz de modificar ou censurar transações. Há maior exposição a ataques internos, pois operadores concentram privilégios elevados. A superfície de ataque fica restrita a poucos servidores, frequentemente homogêneos, e surgem pontos únicos de falha, como validadores centrais ou serviços de autenticação, que podem comprometer todo o ambiente caso sejam capturados (PILARES et al., 2022). Assim, é importante para a segurança da RNDS a adesão de algumas dezenas de entes federados.

As soluções de informação em saúde desenvolvidas ao longo de três décadas de SUS resultaram em um modelo no qual os dados clínicos permanecem fragmentados nos estabelecimentos, enquanto as bases nacionais, centralizadas no Ministério da Saúde, foram orientadas sobretudo ao controle administrativo, e não à integração longitudinal centrada no usuário. Esse descompasso entre, ilustrado na Tabela 1, decorre do desalinhamento entre marcos normativos e implantação de arquiteturas tecnológicas.

A adoção do prontuário eletrônico é condicionada por limitações organizacionais, baixa integração entre sistemas e incoerência entre políticas informacionais e instrumentos tecnológicos, produzindo heterogeneidade de uso e manutenção da fragmentação documental (BRASIL, 2018; COELHO NETO; CHIORO, 2021; FERRÉ, 2021; LEAL et al., 2021a). Ainda, a evolução normativa não

tem sido acompanhada por soluções de monitoramento, avaliação e integração dos dados assistenciais. Ainda que reconheçam a utilidade do prontuário eletrônico, profissionais enfrentam dificuldades técnicas, lacunas formativas e sobrecarga operacional, evidenciando que políticas nacionais e tecnologias disponíveis avançam em ritmos distintos, perpetuando lacunas estruturais entre diretrizes federais e a integração real dos registros clínicos (DE OLIVEIRA DA CUNHA; MORAES ZOUAIN, 2023).

Tabela 1 - Marcos normativos conjunturais na formação de políticas públicas de saúde digital.

Presidência/ Ministério	Saúde Digital	Política Nacional
Fernando Collor		
Alceni Guerra (1990-1992)	A Lei Nº 8.080/1990 define, no Art. 47 que em 1992 o Ministério da Saúde Organizará um sistema nacional de informações em saúde.	Normas Operacionais Básicas (NOB), Normas Operacionais da Assistência à Saúde (Noas) e Pacto de Gestão (NOGUEIRA, 2010, p. 194).
Itamar Franco		
Henrique Santillo (1993-1995)	Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) 1993, Sistema de Informação Ambulatorial (SIA) 1994, Sistema de Informação da Atenção Básica (SISAB) 1994	Saúde da Pessoa Idosa (Lei 8.842)
Fernando Henrique Cardoso		
José Carlos Seixas (1996-1996)	Port 2.390/1996. Rede Integrada de Informações para a Saúde (RIPSA)	
José Serra (1998-2002)	Comunicação de Informação Hospitalar (CIH), 1999, Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) 2000	Alimentação e Nutrição (PNAN, Port 710); Medicamentos (PNM, Port n.º 3.916); Redução da Morbimortalidade por Acidentes e Violência (Port n.º 737 MS/GM); Sangue, Componentes e Hemoderivados (Lei 10.205); Saúde Mental (Lei 10.216)
Barjas Negri (2002-2003)		Atenção Integral à Saúde da Pessoa com Deficiência (PNAISPD, Port GM/MS 1.060)
Luiz Inácio Lula da Silva		
Humberto Costa (2003-2005)	Sistema de Informações do Programa Nacional de Imunizações (SIPNI) 2004, Farmácia Popular 2004	Assistência Farmacêutica (PNAF, Res CNS no 338); Atenção ao Portador de Doença Neurológica (Port GM/MS 1.161); Atenção ao Portador de Doença Renal (Port 1.168); Atenção Cardiovascular de Alta Complexidade (Port GM/MS 1169); Atenção de Alta Complexidade em TraumatoOrtopedia (Port 95); Atenção Integral em Reprodução Humana Assistida (Port GM/MS 426); Educação Permanente em Saúde (PNEPS, Port 198/GM); Educação Popular em Saúde (PNEPS, Port 198/GM); Saúde Bucal (Brasil Sorridente, -); a

		População em Situação de Rua (Decr 7.053); os Hospitais de Pequeno Porte (Port GM/MS 1.044)
José Saraiva Felipe (2005-2006)		Atenção Integral às Pessoas com Doença Falciforme e outras Hemoglobinopatias (Port 1.391); Promoção da Saúde (PNPS, Port MS/GM 687)
Agenor Álvares (2006-2007)		Diretrizes Nacionais para Prevenção do Suicídio (Port 1.876); Plantas Medicinais e Fitoterápicos (Decr 5.813); Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC, Port GM/MS no 971)
José Gomes Temporão (2007-2010)	Sistema de Gerenciamento da Tabela de Procedimentos, Medicamentos e Órteses, Próteses e Meios Auxiliares de Locomoção (SIGTAP) 2007, Hórus 2009, Terminologia Unificada da Saúde Suplementar (TUSS) 2010	Atenção em Oftalmologia (PNAO, Port 957); Atenção Integral à Saúde das Mulheres (PNAISM, Port 1.944 do Ministério da Saúde); Atenção Integral à Saúde do Homem (Port GM/MS 1.944); Atenção Integral em Genética Clínica (Port 81); Gestão de Tecnologias em Saúde (Port 2.690); Gestão Estratégica e Participativa (ParticipaSUS, Port GM/MS n.º 3.027); Regulação do Sistema Único de Saúde (Port 1.559)
Dilma Rousseff		
Alexandre Padilha (2011-2014)	Comunicação de Informação Hospitalar e Ambulatorial (CIHA) 2011, Base Nacional de Dados de Ações e Serviços da Assistência Farmacêutica no SUS (BNAFAR) 2013, Sistema de Informação do Câncer (Siscan) 2013, Port 2.073/2011. Estabelece padrões de interoperabilidade, Lei nº 12.527/2011 Lei de Acesso à Informação, Port nº 1127/2012. Comitê Gestor de Implementação,	Atenção à Saúde das Pessoas com Transtornos do Espectro do Autismo no âmbito da Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista (Lei 12.764); Atenção Básica (PNAB, Port GM/MS 2.488); Atenção Domiciliar (PNAD, Port 2.029); Atenção Hospitalar (PNHOSP, Port 3.390); Atenção Integral à Saúde das Pessoas Privadas de Liberdade no Sistema

	Monitoramento e Avaliação de Projetos de Informação em Saúde, Port 406/2012 Sala de Apoio à Gestão Estratégica (SAGE)	Prisional no Âmbito do SUS (PNAISP, Port Interministerial 01); Atenção Integral às Pessoas com Doenças Raras. (Port GM/MS 199); Saúde do Trabalhador e da Trabalhadora (Port 1.823); Saúde Integral das Populações do Campo, da Floresta e das Águas (PNSIPCFA, Port n° 2.866); Saúde Integral de Lésbicas, Gays, Bissexuais, Travestis e Transexuais (Port 2.836)
Arthur Chioro (2014-2015)		Atenção Integral à Saúde da Criança (PNAISC, Port 1.130); Atenção Integral à Saúde de Adolescentes em Conflito com a Lei, em Regime de Internação e Internação Provisória (Port 1.082); Informação e Informática em Saúde (PNIIS, Port 589)
Marcelo Castro (2015-2016)	Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS, Port Nº 589).	
Michel Temer		
Ricardo Barros (2016-2018)	Dec 29/2017 Dispõe sobre o Conjunto Mínimo de Dados da Atenção à Saúde (CMD), Res 6/2016. O CMD compõe o Registro Eletrônico de Saúde (RES) e integra a estratégia e-SUS Atenção Básica (e-SUS AB), Res 5/2016 Institui o Comitê Gestor da Estratégia e-Saúde. Port de Consolidação 1/2017 Institui o Comitê Gestor da Saúde Digital, Res 33/2018 Modelos de informação do Sumário de Alta e do Registro de Atendimento Clínico, Estratégia e-Saúde.	Diretrizes para Vigilância, Atenção e Eliminação da Hanseníase como Problema de Saúde Pública (-); Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde (Decr 9.245)
Gilberto Occhi (2018-2018)	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD, 13.709).	Atenção Integral à Saúde do Povo Cigano/Romani (Port 4.384); Vigilância em Saúde (Res n. 588/2018)
Jair Bolsonaro		
Luiz Henrique Mandetta (2019-2020)	Dec 10.046/2019 governança no compartilhamento de dados no âmbito da administração pública federal e institui o Cadastro Base do Cidadão e o Comitê Central de	

	Governança de Dados, RNDS Termo de abertura (19/6/19, arquitetura 27/08/2019).	
Eduardo Pazuello (2020-2021)	Port GM/MS n.º 1.434/2020 Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS) e Programa Conecte SUS, Port GM/MS nº 3.632/2020 Estratégia de Saúde Digital para o Brasil 2020-2028 (ESD28), Instrução Normativa 117/2020 Dispõe sobre a indicação do Encarregado pelo Tratamento dos Dados Pessoais no âmbito dos órgãos e das entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional, Res CIT 1/2021 Implantação de novos aplicativos e sistemas de informação no SUS.	
Marcelo Queiroga (2021-2022)	Port 2.236/2021 CPF no SUS, Port 50/2022 Modelos de Informação Registro de Prescrição de Medicamentos e Registro de Dispensação de Medicamentos.	
Luiz Inácio Lula da Silva		
Nísia Trindade Limav (2023-)	Dec 11.358/2023 Secretaria de Informação e Saúde Digital - SEIDIGI, Projeto de Lei n° 2338, de 2023. Dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial, Substitutivo do projeto de Lei Nº 5.875/2013. Institui a RNDS e sua a federalização, Port 3.232/2024 Altera a Port de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para instituir o Programa SUS Digital. Res Nº 738/2024, Res 738/2027 Dispõe sobre uso de bancos de dados com finalidade de pesquisa científica envolvendo seres humanos, Lei Nº 14.874/2024 Dispõe sobre a pesquisa com seres humanos e institui o Sistema Nacional de Ética em Pesquisa com Seres Humanos.	Política Nacional de Cuidados Paliativos (Port de Consolidação GM/MS 2), Política Nacional para Prevenção e Controle do Câncer (PNPCC, Lei 14.758), Política Nacional de Direitos das Populações Atingidas por Barragens (PNAB, Lei 14.755), Política Nacional de Atenção Especializada em Saúde (PNAES, Port 1.604)

Fonte: Elaboração própria.

Esforços históricos como a Rede Integrada de Informações para a Saúde (RIPSA, 1996) trouxeram avanço na integração de dados, sem, contudo, enfrentar

as dificuldades de interoperabilidade. Outros destaques se devem à Lei de Acesso à Informação (Lei 12.527/2011) e a Portaria Nº 2.073/2011, que estabeleceu padrões de interoperabilidade para os sistemas de informação em saúde, visando melhorar a comunicação entre as diferentes plataformas e a Portaria 406/2012 Sala de Apoio à Gestão Estratégica (SAGE) (VASCONCELLOS; OTHERS, 2005).

Para a continuidade do cuidado das ASS no âmbito das RAS, o Brasil enseja realizar a transformação digital abrangendo a complexidade de seu território, por exemplo, com Programa SUS Digital (BRASIL, 2024c). O desafio consiste em integrar o país, segmentado em 120 macrorregiões de saúde, as quais são dotadas de 456 regiões de saúde, cuja governança ocorre via Comissões Intergestores Bipartite (CIB) e Comissões Intergestores Regional (CIR). Em setembro de 2023 haviam 12.804 estabelecimentos de gestão estadual, 3.365 estabelecimentos de gestão dupla e 385.027 estabelecimentos de gestão municipal. Entretanto, dos 401.196 estabelecimentos, 186.466 tratam-se de consultórios isolados e 88.102 são de administração pública municipal, dentre 94.799 (FERRÉ, 2021). Em 2022, cerca de 14% dos estabelecimentos públicos mantinham informações clínicas e cadastrais apenas em papel, contra 7% dos estabelecimentos privados. Entretanto, apenas 8% das Unidades Básicas de Saúde operavam apenas em papel. Quanto à interoperabilidade, 40% dos estabelecimentos públicos informaram a existência de sistema eletrônico com essa função, contra 12% dos privados (CETIC.BR, 2022).

A fragmentação das RAS, retroalimentada pela descoordenação dos dados, ocorre nos três níveis de gestão. Apenas no nível federal, haviam 1.953 gestores de 463 Sistemas de Informação, dentre gestores de negócio e gestores de informação (BRASIL, 2018). Dos 38 tipos de estabelecimentos catalogados no Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil (CNES), segundo a natureza jurídica, 95.022 mil (32,4% dentre 293.256) operam pelo direito público e os demais dois terços detém a autonomia de informações gozada pelo modo de operação de empresas, ainda que muitas destas, prestem serviços ao SUS (BRASIL, 2009b). Logo, a arquitetura de dados reflete na efetivação do SUS, isto é, para fortalecer as RAS, é necessária a comunicação sistematizada entre usuários, trabalhadores, gestores e prestadores, o que, segundo a ESD28, se concretiza com uma rede de dados igualmente não hierárquica, mas coordenada, autônoma e síncrona.

Sequer a política centralizada de disseminação de microdados abertos de Ações e Serviços de Saúde Pública (ASSP) ocorre em todos os níveis de atenção. A disseminação de dados pela principal estratégia, via TabWin, não conta com dados de Atenção Primária à Saúde (Sistema de Informação em Saúde para a Atenção Básica, SISAB), nem de Assistência Farmacêutica nos componentes básico e estratégico (Base Nacional de Dados de Ações e Serviços da Assistência Farmacêutica no SUS, BNAFAR) (LEAL et al., 2021b). Essa política unilateral do governo federal não apenas cerceia a atuação do controle social como partícipe da governança do SUS, mas também prejudica a adoção de boas práticas estimuladas pela academia e sociedade civil, a exemplo das derivadas da Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS)(“Avaliação de Políticas Públicas”, 2024).

O Departamento de Informática do SUS (DataSUS, MS), definiu em seu livro comemorativo de 29 anos com codinome "a estrada para a transformação digital do SUS", enaltecendo o papel de transparência e redução de custos da tecnologia (SILVA; MARQUES, 2021):

> A RNDS define-se como um repositório de informações retrospectivas, simultâneas e prospectivas do paciente em formato digital, cujo principal objetivo é promover o cuidado da saúde de forma integrada e contínua, com eficiência e qualidade. Conta com tecnologias modernas, como Blockchain, PWA, APIs, EHR Services e já teve início na Cloud (BRASIL, 2020d).

A RNDS, conforme descrito pelo Tribunal de Contas da União, é uma rede federada, pois, embora descentralizada tecnicamente, a governança seria compartilhada, originalmente, entre o MS e as Secretarias Estaduais de Saúde, sob coordenação do MS e governança da CIT. Apenas entes federados possuiriam nós na blockchain. A RNDS não foi concebida como uma rede distribuída, ou seja, não integra diretamente os estabelecimentos de saúde e seus prontuários. Também não seria uma rede descentralizada, pois foi considerada necessária a coordenação central pelo MS, em conformidade com os marcos normativos do SUS (BRASIL, 2020a) (figura 1).

Dessa forma, a organização do sistema de saúde, entre gestores e prestadores, foi contemplada na RNDS original, a qual advém de uma tendência global em adotar redes distribuídas ou descentralizadas, em detrimento de arquiteturas de gestão centralizada. A tabela sumariza soluções adotadas inicialmente na RNDS frente a outros esforços.

Tabela 2 - Soluções de blockchain aplicadas na saúde destacadas em artigos de revisão.

Solução	Arquitetura e topologia da rede	Governança	Estratégia de Consenso e Ferramenta de Contrato Inteligente	Países e Sistemas de Saúde
RNDS (BRASIL, 2020a, 2020b, 2020c, 2020i, 2021b, 2023e; PIAUÍ, 2023; PIRES, 2020)	descentralizada Hyperledger Fabric (federada)	híbrida	Raft (consenso), Hyperledger Fabric SDK	Brasil (universal)
MedRec (AGBO; MAHMOUD, 2020; AHMAD et al., 2021; FANG et al., 2021; HASSELGREN et al., 2020; HICKMAN et al., 2020; HUSSIEN et al., 2021; ISMAIL; MATERWALA; HENNEBELLE, 2021; KASSAB et al., 2019; KHATRI et al., 2021; KOSHECHKIN et al., 2021; O'DONOGHUE et al., 2019; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SHI et al., 2020; SINGH et al., 2023a, 2023b; SIYAL et al., 2019; SRIVASTAVA et al., 2022; TAGDE et al., 2021; WU; HO, 2023; XIE et al., 2021; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021; ZUBAYDI et al., 2019)	modular com contratos inteligentes (descentralizada)	descentra-lizada	Prova de Trabalho (PoW), Solidity	EUA (mercado)
FHIRChain (AGBO; MAHMOUD, 2020; HASSELGREN et al., 2020; HICKMAN et al., 2020; HUSSIEN et al., 2019, 2021; KHATRI et al., 2021; NEGRO-CALDUCH et al., 2021; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SHI et al., 2020; SINGH et al., 2023a, 2023b; SIYAL et al., 2019; TAGDE et al., 2021; WU; HO, 2023; XIE et al.,	FHIR e blockchain (descentralizada)	descentra-lizada	Prova de Trabalho (PoW), Solidity	EUA, Europa (universal)

2021; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021; ZUBAYDI et al., 2019)				
Ancile (AGBO; MAHMOUD, 2020; AHMAD et al., 2021; FANG et al., 2021; HASNAIN et al., 2023; HASSELGREN et al., 2020; HICKMAN et al., 2020; HUSSIEN et al., 2019, 2021; ISMAIL; MATERWALA; HENNEBELLE, 2021; KHATRI et al., 2021; PILARES et al., 2022; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SINGH et al., 2023a, 2023b; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021; ZUBAYDI et al., 2019)	Ethereum com contratos inteligentes (descentralizada)	descentra-lizada	Prova de Trabalho (PoW), Solidity	EUA (mercado)
MedShare (HASNAIN et al., 2023; HASSELGREN et al., 2020; HICKMAN et al., 2020; HUSSIEN et al., 2019, 2021; ISMAIL; MATERWALA; HENNEBELLE, 2021; KHATRI et al., 2021; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SHI et al., 2020; SINGH et al., 2023a, 2023b; SIYAL et al., 2019; TAGDE et al., 2021; XIE et al., 2021; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021; ZUBAYDI et al., 2019)	modular descentralizada (rede distribuída) (federada)	consórcio	Prova de Trabalho (PoW), Solidity	EUA (mercado)
MedBlock (ABU-ELEZZ et al., 2020; AGBO; MAHMOUD, 2020; AHMAD et al., 2021; HASSELGREN et al., 2020; HICKMAN et al., 2020; HUSSIEN et al., 2019, 2021; ISMAIL;	ledger distribuído em duas camadas (federada)	híbrida	Raft e Prova de Trabalho (PoW), Solidity	Europa (universal)

MATERWALA; HENNEBELLE, 2021; KASSAB et al., 2019; KHATRI et al., 2021; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SINGH et al., 2023a, 2023b; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021; ZUBAYDI et al., 2019)				
Medicalchain (AGBO; MAHMOUD, 2020; AHMAD et al., 2021; FANG et al., 2021; HUSSIEN et al., 2021; KOSHECHKIN et al., 2021; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SINGH et al., 2023a, 2023b; SRIVASTAVA et al., 2022; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021)	dupla blockchain (descentralizada)	descentralizada	Prova de Trabalho (PoW), Solidity	Reino Unido (universal)
DermoNet (SIYAL et al., 2019; TAGDE et al., 2021; XIE et al., 2021)	especializada em dados dermatológicos (centralizada)	local	N/A (modelo local, sem contratos inteligentes)	França (universal)
data preservation system (DPS) (HUSSIEN et al., 2019, 2021; PILARES et al., 2022)	IPFS e blockchain combinada (descentralizada)	baseada em registros locais	Prova de Trabalho (PoW), IPFS (sem contratos inteligentes)	Brasil (universal)
ProActive Aging (SIYAL et al., 2019; TAGDE et al., 2021; XIE et al., 2021)	voltada a idosos (centralizada)	local	N/A (modelo local, sem contratos inteligentes)	Japão (universal)

Fonte: Elaboração própria.

O MedBlock (ABU-ELEZZ et al., 2020; AGBO; MAHMOUD, 2020; AHMAD et al., 2021; HASSELGREN et al., 2020; HICKMAN et al., 2020; HUSSIEN et al., 2019, 2021; ISMAIL; MATERWALA; HENNEBELLE, 2021; KASSAB et al., 2019; KHATRI et al., 2021; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SINGH et al., 2023a, 2023b; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021; ZUBAYDI et al., 2019) é uma solução focada na criação de Prontuários Eletrônicos de Saúde (EHR) na Nova Zelândia, utilizando uma arquitetura blockchain para garantir a privacidade e a integridade dos dados. Permite que pacientes e provedores acessem e compartilhem registros de saúde de forma segura, com consentimento dinâmico e uma visão longitudinal da saúde

do paciente. Contudo, enfrenta desafios de escalabilidade e integração com outros sistemas.

O consenso Raft facilita a coordenação de uma rede distribuída, garantindo que todos os nós concordem sobre os dados. Utiliza um líder eleito para coordenar atualizações, sendo aplicável em redes permissionadas. Raft consome menos recursos que PoW, sendo mais adequado para redes privadas onde a confiança já existe. Oferece menor latência e melhor escalabilidade que PoS, que, embora mais eficiente que PoW, introduz complexidade para garantir equidade (HASNAIN et al., 2023).

O FHIRChain (AGBO; MAHMOUD, 2020; HASSELGREN et al., 2020; HICKMAN et al., 2020; HUSSIEN et al., 2019, 2021; KHATRI et al., 2021; NEGRO-CALDUCH et al., 2021; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SHI et al., 2020; SINGH et al., 2023a, 2023b; SIYAL et al., 2019; TAGDE et al., 2021; WU; HO, 2023; XIE et al., 2021; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021; ZUBAYDI et al., 2019) também se destaca pela sua segurança e escalabilidade, usando dados do padrão HL7 FHIR e identidades digitais criptografadas para facilitar a colaboração no cuidado remoto. Apesar de suas vantagens, ainda lida com questões éticas e responsabilidades por dados.

O Medicalchain (AGBO; MAHMOUD, 2020; AHMAD et al., 2021; FANG et al., 2021; HUSSIEN et al., 2021; KOSHECHKIN et al., 2021; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SINGH et al., 2023a, 2023b; SRIVASTAVA et al., 2022; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021) adota a tecnologia Hyperledger Fabric para otimizar o gerenciamento e o compartilhamento de prontuários, permitindo que pacientes controlem o acesso aos seus dados. Sua integração com dispositivos IoT promove um monitoramento contínuo e personalizado, aumentando a segurança e a transparência no compartilhamento de informações.

O MedRec (AGBO; MAHMOUD, 2020; AHMAD et al., 2021; FANG et al., 2021; HASSELGREN et al., 2020; HICKMAN et al., 2020; HUSSIEN et al., 2021; ISMAIL; MATERWALA; HENNEBELLE, 2021; KASSAB et al., 2019; KHATRI et al., 2021; KOSHECHKIN et al., 2021; O'DONOGHUE et al., 2019; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SHI et al., 2020; SINGH et al., 2023a, 2023b; SIYAL et al., 2019; SRIVASTAVA et al., 2022; TAGDE et al., 2021; WU; HO, 2023; XIE et al., 2021; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021; ZUBAYDI et al., 2019) propõe um sistema descentralizado que elimina repositórios centralizados, oferecendo um histórico virtualmente completo do paciente. A estrutura modular permite integração com soluções de armazenamento local e incentiva a participação de stakeholders, recompensando o acesso a dados anonimizados.

A solução MedShare (HASNAIN et al., 2023; HASSELGREN et al., 2020; HICKMAN et al., 2020; HUSSIEN et al., 2019, 2021; ISMAIL; MATERWALA; HENNEBELLE, 2021; KHATRI et al., 2021; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SHI et al., 2020; SINGH et al., 2023a, 2023b; SIYAL et al., 2019; TAGDE et al., 2021; XIE et al., 2021; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021; ZUBAYDI et al., 2019) visa o compartilhamento de dados entre múltiplos participantes não confiáveis, com um banco de dados imutável e auditável. Sua conformidade com regulamentações rigorosas como a lei federal dos Estados Unidos, de 1996, que protege a privacidade e a segurança das informações de saúde (Health Insurance Portability and Accountability Act - HIPAA) e a equivalente da União Européia (General Data Protection Regulation - GDPR) garante a segurança das transações e a privacidade dos dados em um ambiente colaborativo.

Ancile (AGBO; MAHMOUD, 2020; AHMAD et al., 2021; FANG et al., 2021; HASNAIN et al., 2023; HASSELGREN et al., 2020; HICKMAN et al., 2020; HUSSIEN et al., 2019, 2021; ISMAIL; MATERWALA; HENNEBELLE, 2021; KHATRI et al., 2021; PILARES et al., 2022; SHARMA; KAUR; SINGH, 2021; SINGH et al., 2023a, 2023b; ZAHID; WINGREEN; SHARMA, 2021; ZUBAYDI et al., 2019) utiliza contratos inteligentes na blockchain Ethereum, combinando criptografia avançada e acesso controlado para proteger metadados dos usuários. A plataforma equilibra privacidade e acessibilidade, melhorando a interação entre pacientes, provedores e terceiros. Ethereum é uma plataforma pública para criar e executar contratos inteligentes em um ambiente descentralizado. Ao contrário do Hyperledger Fabric, qualquer usuário pode se tornar um nó e participar do consenso. Utiliza a Ethereum Virtual Machine (EVM) para executar contratos imutáveis, garantindo segurança por meio da prova de trabalho (PoW) e, mais recentemente, pela prova de participação (PoS) no Ethereum 2.0. Ethereum é amplamente usado para aplicativos descentralizados (dApps) e soluções de finanças descentralizadas (DeFi).

ProActive Aging (SIYAL et al., 2019; TAGDE et al., 2021; XIE et al., 2021) foca na promoção da saúde entre idosos, utilizando contratos inteligentes em uma blockchain privada para gerenciar acordos entre seguradoras e prestadores de serviços. A abordagem centrada em pessoas e atividades busca incentivar a participação em programas de atividade física.

Existem outras plataformas não destacadas, algumas com potencialidade de aplicação em sistemas de saúde. Por exemplo, BurstIQ (JOHNSON, 2022), Patientory (2024) e ProCredEx (2022). O BurstIQ se destaca pela sua capacidade de integrar e analisar dados de saúde em grande escala, utilizando uma plataforma que combina blockchain com inteligência artificial. O Patientory, por sua vez, foca na segurança e privacidade dos dados dos pacientes, fornecendo um sistema que permite o compartilhamento seguro e controlado de informações de saúde entre pacientes e provedores. O ProCredEx se diferencia por sua ênfase na verificação e credenciamento de profissionais de saúde, utilizando blockchain para garantir a integridade e a transparência na validação das credenciais profissionais,facilitando a gestão e a rastreabilidade (SINGH et al., 2023b).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O termo "federalismo" é definido como "forma de estado caracterizada pela união de coletividades públicas dotadas de autonomia política"(OPAS/BIREME, 2025). "O princípio orientador do federalismo é a unidade na diversidade" e, ao menos na gestão do SUS, deve migrar de um federalismo de confrontação, a exemplo da disputa pelo acesso aos dados, para ser menos dependente da coordenação e mais baseado na colaboração voluntária e discricionária (OUVERNEY; FLEURY, 2023).

O federalismo, em oposição ao centralismo anterior a 1889, é uma característica do Brasil no ciclo das políticas públicas, envolvendo identificação, planejamento, implementação e avaliação das ações de governo para distribuir riqueza. Muitos problemas da democracia brasileira, após a Constituição de 1988, resultam das dificuldades dos governos em redirecionar políticas e lidar com

questões macroeconômicas e de governança não previstas pelos constituintes (LINHARES; MENDES; LASSANCE, 2012; SOUZA, 2005).

A sinergia entre instituições e tecnologias de gestão é abordada por análises, como a de Neto et al. (2024), que demonstram que a lacuna de mecanismos robustos de transparência, auditoria e participação social fragiliza processos decisórios e limita a capacidade estatal de responder a mudanças estruturais, cujas falhas de governança continuam a influenciar a efetividade das políticas públicas e a qualidade democrática no país. Tais fragilidades tornam-se ainda mais evidentes no contexto das cidades inteligentes, onde a provisão de serviços públicos depende de ecossistemas digitais complexos e intensivos em dados. Nessas condições, falhas de governança impactam não apenas a efetividade das políticas públicas, mas também a qualidade democrática e a confiança social necessária para sustentar modelos avançados de gestão urbana (FORNASIER, 2022; OLIVEIRA et al., 2024).

O SUS apresentou uma estratégia de descentralização com reforço aos comandos hierárquicos e atuação regionalizada(LINHARES; MENDES; LASSANCE, 2012, p. 32). Apesar disso, ainda há espaço discricionário para um ente federado represar dados diante de vazios normativos (FERRÉ et al., 2021; FLEURY; SANTOS; LOPES, 2023; NOVAES, 2020; OUVERNEY; FLEURY, 2023; VIEIRA; SERVO, 2020). Sem dados compartilhados e confiança mútua, a tendência do atual modelo é aumentar a pressão sobre estados e municípios, sobretudo diante do congelamento de gastos federais por vinte anos (BRASIL, 2016). Como consequência do federalismo atual, espera-se redução da capacidade de coordenação, perda da efetividade do sistema, competição e fragmentação com aumento da desigualdade no acesso (JACCOUD; VIEIRA, 2018).

A cooperação, coordenação e integração são prejudicadas pelo federalismo predatório na distribuição de recursos escassos e pode gerar desconfiança no compartilhamento de dados. Municípios de diferentes portes enfrentam tensões conhecidas como "welfare magnets", onde menores têm dificuldade em gerenciar projetos devido a exigências técnicas e falta de profissionais qualificados (LINHARES; MENDES; LASSANCE, 2012, p. 29).

A ESD28 (BRASIL, 2020h) reforçou a abordagem federada, estabelecendo uma visão de longo prazo para a informatização do SUS. A estratégia reconheceu as limitações das tentativas anteriores de centralização e promoveu uma integração gradual e coordenada dos sistemas de informação em saúde. Anteriormente, outros marcos para a integração de dados foram o Decreto 29/2017 que dispõe sobre o Conjunto Mínimo de Dados da Atenção à Saúde (CMD) e a resolução 33/2018 que estabelece modelos de informação do Sumário de Alta e do Registro de Atendimento Clínico.

No decorrer de oito presidentes da república e 27 ministros da saúde, a sexta república ainda tenta superar a orientação centralista de dados e atribuições do governo federal, contrária aos princípios do federalismo num Estado-Nação (ARRETCHE, 2004, 2010; BOBBIO; MATTEUCCI; PASQUINO, 1992, p. 477). A transição de governos e as mudanças frequentes na liderança do MS impediram um esforço concentrado para a realização das previsões do Art. 47 da Lei 8.080/1990. Em 2023, novas políticas fortalecem a saúde pela via da transformação digital, como a criação da Secretaria de Informação e Saúde Digital (SEIDIGI) pelo Decreto Nº 11.358/2023 e o Programa SUS Digital, instituído pela

Portaria Nº 3.232/2024. A estratégia atual foca na federalização da RNDS(SES-PI, 2023), cuja definição arquitetural continua em curso. A federalização, sem tocar na adoção ou não da blockchain, foi anunciada pela ministra da saúde e foi iniciada no final de 2023. O modelo a ser escolhido pode inspirar a construção de redes colaborativas de desenvolvimento de software e compartilhamento de dados no âmbito das Redes Estaduais de Dados em Saúde (REDS), à luz da execução do programa SUS Digital, apresentado na 10ª. CIT de 2023 (BRASIL, 2023c).

O que o SUS vem destituindo é uma gestão hierárquica, onde as decisões são verticais, do topo para a base e implica em mecanismo de confiança mútua e compartilhamento de dados, nativos numa rede blockchain (FERREIRA DA SILVA NETO; FILIPPI; GUARNIERI, 2022). Federalizar a gestão da RNDS implica em informatizar e integrar as RAS, bem como o setor privado, considerando as instituições de prestação direta ao SUS e os usuários do SUS com dupla cobertura via saúde suplementar.

Na governança colaborativa os atores são interconectados e interdependentes, reunindo recursos para atingir objetivos individuais e comuns. A coordenação e controle é realizada por meio da interação entre crescente número de atores em processos de negociação e tomada de decisão coletiva sobre a distribuição e conteúdo das tarefas(KICKERT; KLIJN; KOPPENJAN, 1997; WEGNER; VERSCHOORE, 2022). Na governança em rede, gestores negociam e tomam decisões coletivas. O controle em redes é mais complexo, baseado na adesão voluntária às normas sociais, sustentado por confiança e reciprocidade (CASSILHA; TAVARES, 2025; MATUS, 1989; MORIN, 2007; WILLIAMSON, 1987), mas a efetivação das redes do SUS depende da sua capacidade de comunicação e decisão em rede com uma estratégia comum de saúde digital entre todos os atores.

Blockchain architecture for decentralized and federated governance of the National Health Data Network Can technology enable network governance against monocratic and centralizing actions?

ABSTRACT

When the Unified Health System (SUS) was created, Law No. 8,080/1990 established the implementation of a national health information system by 1992. However, the SUS continued to operate using administrative data focused on payment accountability, rather than guiding services with clinical data derived from the Electronic Health Record (EHR). The National Health Data Network (RNDS) was agreed upon to decentralize information management through a blockchain structure maintained by federated entities and coordinated by the Ministry of Health (MoH). However, the network was implemented as a private blockchain under the MoH. After a hacker attack that deprived Brazilians of access to vaccination certificates, blockchain technology was discontinued in 2021. The federalization of the RNDS began in 2023, with an open architecture. The objective is to assess the relevance of adopting blockchain technology within the SUS as a means to prevent events contrary to shared governance, thereby strengthening informational federalism.

KEYWORDS: Federalism. Blockchain. Health Information Interoperability. Electronic Health Records.

REFERÊNCIAS

ABU-ELEZZ, I. et al. The benefits and threats of blockchain technology in healthcare: A scoping review. **International journal of medical informatics**, v. 142, p. 104246, out. 2020.

AGBO, C. C.; MAHMOUD, Q. Blockchain in Healthcare: Opportunities, Challenges, and Possible Solutions. **International journal of healthcare information systems and informatics: official publication of the Information Resources Management Association**, v. 15, p. 82–97, 2020.

AHMAD, R. W. et al. The role of blockchain technology in telehealth and telemedicine. **International journal of medical informatics**, v. 148, p. 104399, abr. 2021.

ANGELIS, S. D. et al. PBFT vs proof-of-authority: Applying the CAP theorem to permissioned blockchain. **Italian Conference on Cybersecurity**, 2018.

ARRETCHE, M. Federalismo e políticas sociais no Brasil: problemas de coordenação e autonomia. **São Paulo em Perspectiva**, v. 18, n. 2, p. 17–26, jun. 2004.

ARRETCHE, M. Federalismo e igualdade territorial: uma contradição em termos? **DADOS-Revista de Ciências Sociais**, v. 53, n. 3, p. 587–620, 2010.

Avaliação de Políticas Públicas. Disponível em: <https://www.gov.br/cgu/pt-br/assuntos/auditoria-e-fiscalizacao/competencias-tecnicas-de-auditoria/avaliacao-de-politicas-publicas>. Acesso em: 9 jan. 2024.

BARRETO, M. L. et al. Cohort profile: The 100 million Brazilian cohort. **International Journal of Epidemiology**, v. 51, n. 2, p. e27–e38, 9 maio 2022.

BOBBIO, N.; MATTEUCCI, N.; PASQUINO, G. **Dicionário de política**. [s.l.] UnB, 1992.

BRASIL. **A experiência brasileira em sistemas de informação em saúde: Produção e disseminação de informações sobre saúde no Brasil**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2009a.

BRASIL. **Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES**. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?cnes/cnv/estabbr.def>. Acesso em: 24 dez. 2023b.

BRASIL. Portaria nº 2.073, de 31 de agosto de 2011. Regulamenta o uso de padrões de interoperabilidade e informação em saúde para sistemas de informação em saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde, nos níveis Municipal, Distrital, Estadual e Federal, e para os sistemas privados e do setor de saúde suplementar. **Diário Oficial da União**, ago. 2011.

BRASIL. Portaria nº 589, de 20 de maio de 2015. Institui a Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS). **Diário Oficial da União**, 20 maio 2015.

BRASIL. Emenda Constitucional nº 95, de 15 de dezembro de 2016. Altera o Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, para instituir o Novo Regime Fiscal, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2016.

BRASIL. **Gestores de Sistemas**. Disponível em: <https://ced.saude.gov.br/about>. Acesso em: dez. 2023.

BRASIL. **Aplicações de blockchain no setor público do Brasil - apêndice 1**. [s.l.] Tribunal de Contas da União, 2020a.

BRASIL. Portaria GM/MS nº. 1.434, de 28 de maio de 2020. Institui o Programa Conecte SUS e altera a Portaria de Consolidação nº 1/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para instituir a Rede Nacional de Dados em Saúde e dispor sobre a adoção de padrões de interoperabilidade em saúde. **Diário Oficial da União**, 2020b.

BRASIL. **RNDS SIMPLIFIER.NET**. Disponível em: <https://simplifier.net/redenacionaldedadosemsaude>. Acesso em: 10 fev. 2024c.

BRASIL. **Book de Aniversário de 29 Anos do Datasus - Realizações do Último Ano (2019-2020) a Estrada para a Transformação Digital do SUS**. 1. ed. Brasília, DF: Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), 2020d.

BRASIL. Portaria nº 1.434, de 28 de maio de 2020. Institui o Programa Conecte SUS e altera a Portaria de Consolidação nº 1/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para instituir a Rede Nacional de Dados em Saúde e dispor sobre a adoção de padrões de interoperabilidade em saúde. **Diário Oficial da União**, 28 maio 2020e.

BRASIL. **Conecte SUS avança em todo país com a implantação da rede nacional de dados em saúde**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2020/junho/conecte-sus-avanca-em-todo-pais-com-a-implantacao-da-rede-nacional-de-dados-em-saude>. Acesso em: dez. 2025f.

BRASIL. **RNDS Rede Nacional de Dados em Saúde**. Disponível em: <https://www.conasems.org.br/wp-content/uploads/2020/07/4-RNDS.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2024g.

BRASIL. **Apresentação: Conecte SUS e RNDS - Live CONASEMS A estratégia de Saúde Digital do Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/seidigi/publicacoes/conecte-sus-e-rnds.pdf/view>. Acesso em: 11 jan. 2024h.

BRASIL. **Estratégia de Consentimento Rede Nacional de Dados em Saúde**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/seidigi/publicacoes/>. Acesso em: 11 jan. 2023i.

BRASIL. **Portaria GM/MS Nº 3.632, de 21 de dezembro de 2020. Altera a Portaria de Consolidação GM/MS nº 1, de 28 de setembro de 2017, para instituir a Estratégia de Saúde Digital para o Brasil 2020-2028 (ESD28)**. [s.l.] Diário Oficial da União, 2020j.

BRASIL. **Relatório de Gestão 2020**. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio_gestao_MS_2020.pdf>. Acesso em: 28 maio. 2024a.

BRASIL. **DIANA Evolução e fortalecimento da Rede Nacional de Dados em Saúde com ênfase em ciência de dados**. Disponível em: <https://www.proadi-sus.org.br/projeto/evolucao-e-fortalecimento-da-rede-nacional-de-dados-em-saude-com-enfase-em-ciencia-de-dados>. Acesso em: 5 jan. 2024b.

BRASIL. Resolução Nº 659, de 26 de julho de 2021. Dispõe sobre a Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS). **Conselho Nacional de Saúde, Diário Oficial da União**, 2021c.

BRASIL. **Relatório de aprimoramento do Setor de Saúde Suplementar mediante compartilhamento de dados de usuários e provedores de serviços de saúde. Relatório Final do Grupo de Trabalho Portaria GM/MS nº 392, de 23 de fevereiro de 2022**. [s.l.] {Ministério da Saúde}, 2022a.

BRASIL. **Elementos estruturantes, implantação e uso da RNDS**. Disponível em:

<https://www.cosemssp.org.br/wp-content/uploads/2022/07/3-Elementos-estruturantes-implantacao-e-uso-da-RNDS.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2024b.

BRASIL. **Auditoria de acompanhamento. Mapeamento da maturidade das organizações públicas federais quanto à implementação de controles críticos de segurança cibernética (segciber). Fragilidades na adoção de controles e na proteção de serviços e informações. Recomendações. Ações pedagógicas e normativas. Análise incidente cibernético no ministério da saúde (invasão hacker com interrupção de serviços de saúde). Desapensamento. Determinação. Constituição de acompanhamento em apartado para acompanhamento dos desdobramentos do incidente na saúde**. [s.l.] TCU, 2022c.

BRASIL. **Open Health: Ministério da Saúde atua para otimizar serviços de saúde no Brasil. Proposta tende a beneficiar mais de 49 milhões de beneficiários que utilizam planos de saúde**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2022/dezembro/open-health-ministerio-da-saude-atua-para-otimizar-servicos-de-saude-no-brasil>. Acesso em: 10 jan. 2024d.

BRASIL. Substitutivo ao Projeto de Lei nº. 5.875, de 2013. Dispõe sobre a Rede Nacional de Dados em Saúde RNDS, a Plataforma ConecteSUS, o Cadastro Nacional de Pessoas para a Saúde CadSUS e dá outras providências. **Congresso Nacional**, 2023a.

BRASIL. **Tema 1234 - Legitimidade passiva da União e competência da Justiça Federal, nas demandas que versem sobre fornecimento de medicamentos registrados na Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, mas não padronizados no Sistema Único de Saúde – SUS**. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/jurisprudenciaRepercussao/verAndamentoProcesso.asp?incidente=6335939&numeroProcesso=1366243&classeProcesso=RE&numeroTema=1234>. Acesso em: 24 dez. 2023b.

BRASIL. **Apresentação – Programa SUS Digital Brasil e Telessaúde, Comissão Intergestores Tripartite - CIT**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/acesso-a-informacao/gestao-do-sus/articulacao-interfederativa/cit/pautas-de-reunioes-e-resumos/2023/outubro/apresentacao-2013-programa-sus-digital-brasil-e-telessaude/view>. Acesso em: 24 dez. 2023c.

BRASIL. **Relatório Consolidado Versão Preliminar da 17a Conferência Nacional de Saúde**. [s.l.] Conselho Nacional de Saúde, 2023d.

BRASIL. **A Interoperabilidade como fundamento para a Saúde Digital. Sistemas de Informação em Saúde e o Modelo de Arquitetura de Interoperabilidade da Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS)**. Disponível em: <https://cosemspi.org.br/wp-content/uploads/2023/11/Slide-3-.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2024e.

BRASIL. **SUS Digital**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/seidigi/sus-digital>. Acesso em: 7 jan. 2026a.

BRASIL. Em: MENDES, G. (Ed.). **Recurso extraordinário, com repercussão geral 1.366.243 Santa Catarina (Tema 1.234)**. [s.l: s.n.]. v. 2.

BRASIL. **Portal de Serviços do DATASUS**. Disponível em: <https://servicos-datasus.saude.gov.br/>. Acesso em: dez. 2025a.

BRASIL. Decreto Nº 12.560, de 23 de julho de 2025. Dispõe sobre a Rede Nacional de Dados em Saúde e sobre as Plataformas SUS Digital e regulamenta o art. 47 e o art. 47-A, caput, § 1º e § 2º, da Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. **Diário Oficial da União**, 23 jul. 2025b.

BRASIL. **STF realiza audiência para apresentar a Plataforma Nacional de Saúde**. Disponível em: <https://noticias.stf.jus.br/postsnoticias/stf-realiza-audiencia-para-apresentar-a-

plataforma-nacional-de-saude/>. Acesso em: 7 jan. 2026c.

CASSILHA, S. D. A.; TAVARES, S. F. Circularidade na governança do ambiente construído: instrumentos políticos e atores. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 21, n. 65, p. 196, 10 set. 2025.

CELUPPI, I. C. et al. 30 anos de SUS: relação público-privada e os impasses para o direito universal à saúde. **Saúde em Debate**, v. 43, n. 121, p. 302–313, 5 ago. 2019.

CETIC.BR. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos estabelecimentos de saúde brasileiros – TIC Saúde 2022**. [s.l.] CGI.br/NIC.br, Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação, 2022.

COELHO NETO, G. C.; CHIORO, A. Afinal, quantos Sistemas de Informação em Saúde de base nacional existem no Brasil? **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, p. e00182119, jul. 2021.

CONASS. **Desafio para a estratégia de saúde digital no Brasil. A visão da gestão estadual do SUS. Audiência Pública para debater o Prontuário Eletrônico Único e a transformação digital na saúde**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cssf/13-12-2022%20-%20Prontuario%20eletronico%20%20e%20a%20transformacao%20digital%20na%20saude%20-%20Nereu%20Mansano.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2024.

CURITIBA. **Contrato 1010/2024 - Transparência Curitiba**. Disponível em: <https://www.transparencia.curitiba.pr.gov.br/sgp/contratodetalhe.aspx?n=1010&o=33&s=12&e=1071>. Acesso em: 26 out. 2024.

DE ALCÂNTARA, L. T. et al. Uso da tecnologia Blockchain como instrumento de governança eletrônica no setor público. 1 mar. 2019.

DE LUCENA, F. N.; LEITÃO JUNIOR, P. DE S.; BRAGA, R. D. **Integração com a Rede Nacional de Dados em Saúde RNDS**. 2. ed. Goiânia, GO: Universidade Federal de Goiás, Ministério da Saúde, 2022.

DE OLIVEIRA DA CUNHA, D.; MORAES ZOUAIN, D. Fatores determinantes da adoção de sistemas de informação em saúde: um estudo sobre o prontuário médico eletrônico em Niterói. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n. 58, p. 79, 10 dez. 2023.

DIVAN, H. F. Blockchain na Administração Pública brasileira: a tecnologia como instrumento de confiança, transparência e participação democrática na era digital. 2024.

EITAN, A. T. et al. **Connected Papers**. Disponível em: <https://www.connectedpapers.com/>. Acesso em: jan. 2024.

FANG, H. S. A. et al. Blockchain Personal Health Records: Systematic Review. **Journal of medical Internet research**, v. 23, n. 4, p. e25094, 13 abr. 2021.

FELIX DE LIMA, W.; VASCONCELOS, D. M.; GRASSI, F. Sistema distribuído de votação via internet através do uso de smart contracts. v. 20, n. 59, p. 195–218, 2024.

FERRÉ, F. et al. O papel tripartite na divulgação de casos e óbitos por Covid-19 e a atuação do Conass. Em: FREITAS, C. M. DE; BARCELLOS, C.; VILLELA, D. A. M. (Eds.). **Covid-19 no Brasil: cenários epidemiológicos e vigilância em saúde**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2021. v. e II – Produzindo e organizando informação para açãop. 215–227.

FERRÉ, F. Infoestrutura para apoio à decisão estratégica no SUS. Em: CONSELHO NACIONAL DE SECRETÁRIOS DE SAÚDE – CONASS (Ed.). **Reflexões e Futuro**. Brasília: CONSELHO NACIONAL DE SECRETÁRIOS DE SAÚDE – CONASS, 2021. p. 114–135.

FERRÉ, F. et al. Potencial no monitoramento em saúde: explorando os dados abertos ambulatoriais do SUS. **Saúde em Debate**, v. 49, n. spe1, 2025.

FERREIRA DA SILVA NETO, J.; FILIPPI, A. C. G.; GUARNIERI, P. Perspectivas de blockchain em uma cadeia de suprimentos agroalimentar. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 18, n. 52, p. 308, 1 jul. 2022.

FILHO, C.; VALTER, R. Smart-GISSA um Sistema para Governança em Saúde Digital Baseado em Aprendizado de Máquina. 2021.

FLEURY, S. Políticas de isolamento na pandemia: confrontação federativa, disputas discursivas e consequências político-sanitárias. Em: ALETHELE DE OLIVEIRA SANTOS LUCIANA TOLÊDO LOPES CONSELHO NACIONAL DE SECRETÁRIOS DE SAÚDE – CONASS (Ed.). **Principais Elementos**. Brasília, DF: CONSELHO NACIONAL DE SECRETÁRIOS DE SAÚDE – CONASS, 2021. p. 110–125.

FLEURY, S.; SANTOS, A. O.; LOPES, L. T. Políticas de isolamento na pandemia: confrontação federativa, disputas discursivas e consequências político-sanitárias. **Santos AO, Lopes, LT, organizadores. Principais**, 2023.

FORNASIER, M. DE O. A democracia e a tecnologia blockchain. **Seqüência estudos jurídicos e políticos**, v. 42, n. 89, p. 1–26, 25 fev. 2022.

FORNAZIN, M.; JOIA, L. A. Articulando perspectivas teóricas para analisar a informática em saúde no Brasil. **Saúde e Sociedade**, v. 24, n. 1, p. 46–60, mar. 2015.

GUERRA JUNIOR, A. A. et al. Building the national database of health centred on the individual: Administrative and epidemiological record linkage - Brazil, 2000-2015. **International Journal for Population Data Science**, v. 3, n. 1, p. 446, 14 nov. 2018.

HASHIM, F.; SHUAIB, K.; SALLABI, F. Connected blockchain federations for sharing electronic health records. **Cryptography**, v. 6, n. 3, p. 47, 16 set. 2022.

HASNAIN, M. et al. The Hyperledger fabric as a Blockchain framework preserves the security of electronic health records. **Frontiers in public health**, v. 11, p. 1272787, 28 nov. 2023.

HASSELGREN, A. et al. Blockchain in healthcare and health sciences-A scoping review. **International journal of medical informatics**, v. 134, p. 104040, fev. 2020.

HICKMAN, C. et al. Data sharing: using blockchain and decentralized data technologies to unlock the potential of artificial intelligence: What can assisted reproduction learn from other areas of medicine? **Fertility and sterility**, v. 114 5, p. 927–933, 2020.

HUSSIEN, H. M. et al. A Systematic Review for Enabling of Develop a Blockchain Technology in Healthcare Application: Taxonomy, Substantially Analysis, Motivations, Challenges, Recommendations and Future Direction. **Journal of medical systems**, v. 43, n. 10, p. 320, 14 set. 2019.

HUSSIEN, H. M. et al. Blockchain technology in the healthcare industry: Trends and opportunities. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 22, p. 100217, 2021.

IPES.TECH. **RES-iPES: Portal Clínico**. Disponível em: <https://ipes.tech/>. Acesso em: 24 dez. 2023.

ISMAIL, L.; MATERWALA, H.; HENNEBELLE, A. A Scoping Review of Integrated Blockchain-Cloud (BcC) Architecture for Healthcare: Applications, Challenges and Solutions. **Sensors** , v. 21, n. 11, 28 maio 2021.

JACCOUD, L.; VIEIRA, F. S. **Federalismo, integralidade e autonomia no SUS: desvinculação da aplicação de recursos federais e os desafios da coordenação**. [s.l.] Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada IPEA, 2018.

JOHNSON, L. **Build Solutions with LifeGraph® Data Management Platform**. Disponível em: <https://www.burstiq.com/Build-Solutions-With-LifeGraph®/>. Acesso em: 4 set. 2024.

JÚNIOR, P. DE S. L.; DE SÁ LEITÃO JÚNIOR, P. **Integração com a Rede Nacional de Dados em Saúde – RNDS**. , 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5216/int.ebook.978-65-89504-84-9.2021>

KASSAB, M. et al. Exploring Research in Blockchain for Healthcare and a Roadmap for the Future. **IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing**, v. 9, p. 1835–1852, 2019.

KHATRI, S. et al. A Systematic Analysis on Blockchain Integration With Healthcare Domain: Scope and Challenges. **IEEE Access**, v. 9, p. 84666–84687, 2021.

KICKERT, W. J. M.; KLIJN, E.-H.; KOPPENJAN, J. F. M. **Managing Complex Networks: Strategies for the Public Sector**. [s.l.] SAGE, 1997.

KOERICH, A. B. et al. Inovação na Administração Pública: análise bibliométrica a partir do mapeamento da literatura internacional. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 20, n. 60, p. 228, 24 ago. 2024.

KOSHECHKIN, K. et al. Blockchain Technology Projects to Provide Telemedical Services: Systematic Review. **Journal of medical Internet research**, v. 23, n. 8, p. e17475, 18 ago. 2021.

KUMAR, M.; CHAND, S. MedHypChain: A patient-centered interoperability hyperledger-based medical healthcare system: Regulation in COVID-19 pandemic. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 179, n. 102975, p. 102975, 1 abr. 2021.

LEAL, L. F. et al. Data Sources for Drug Utilization Research in Brazil-DUR-BRA Study. **Frontiers in pharmacology**, v. 12, p. 789872, 2021a.

LEAL, L. F. et al. Data sources for Drug Utilization Research in Brazil-DUR-BRA study. **Frontiers in Pharmacology**, v. 12, p. 789872, 2021b.

LEITÃO, A. S.; FERREIRA, H. R. As Novas Tecnologias a Serviço da Nova Administração: A Blockchain, os Smart Contractse a Nova Lei de Licitações e Contrato. **Revista de Direito Brasileira**, v. 29, n. 11, p. 71–91, 16 fev. 2022.

LINHARES, P. DE T. F.; MENDES, C. C.; LASSANCE, A. Federalismo à brasileira: questões para discussão. 2012.

LOPES, M.; OLIVEIRA, G. M. M.; MAIA, L. M. Saúde digital, direito de todos, dever do Estado? **Arquivos Brasileiros de**, 2019.

LOPEZ-BARREIRO, J. et al. Use of blockchain technology in the domain of physical exercise, physical activity, sport, and active ageing: A systematic review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 13, p. 8129, 2 jul. 2022.

MATUS, C. **Adeus, Senhor Presidente: planejamento, antiplanejamento e governo**. Recife: Litteris, 1989.

MAYER, A. H.; DA COSTA, C. A.; RIGHI, R. DA R. Electronic health records in a Blockchain: A systematic review. **Health Informatics Journal**, v. 26, n. 2, p. 1273–1288, jun. 2020.

MENDES, I. R. B. Open Health: uma análise das repercussões jurídicas da implementação

do sistema no Brasil sob a ótica da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (Lei 13.709/2018). 7 dez. 2022.

MIRANDA, A. S. DE. A focalização utilitária da Atenção Primária à Saúde em viés tecnocrático e disruptivo. **Saúde em Debate**, v. 44, n. 127, p. 1214–1230, dez. 2020.

MORIN, E. **O Método 5: a Humanidade da Humanidade – A Identidade Humana**. Porto Alegre: Sulina, 2007.

NAV DASA. **Plataforma de exames, consultas médicas e vacinas Dasa**. Disponível em: <https://nav.dasa.com.br/>.>. Acesso em: 7 jan. 2026.

NEGRO-CALDUCH, E. et al. Technological progress in electronic health record system optimization: Systematic review of systematic literature reviews. **International journal of medical informatics**, v. 152, p. 104507, ago. 2021.

NETO, C. D. F. et al. Desafios para alcançar o conceito brasileiro de cidade inteligente na região Nordeste. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 20, n. 59, p. 178, 15 abr. 2024.

NOGUEIRA, R. P. O desenvolvimento federativo do SUS e as novas modalidades institucionais de gerência das unidades assistenciais. **Santos NR, Amarante PDC, organizadores. Gestão pública e relação público privado na Saúde. Rio de Janeiro: Cebes**, p. 24–47, 2010.

NOVAES, M. **Governo Bolsonaro impõe apagão de dados sobre a covid-19 no Brasil em meio à disparada das mortes**. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2020-06-06/governo-bolsonaro-impoe-apagao-de-dados-sobre-a-covid-19-no-brasil-em-meio-a-disparada-das-mortes.html>. Acesso em: 15 jan. 2024.

O'DONOGHUE, O. et al. Design Choices and Trade-Offs in Health Care Blockchain Implementations: Systematic Review. **Journal of medical Internet research**, v. 21, n. 5, p. e12426, 10 maio 2019.

OLIVEIRA, T. S. M. et al. Mapeamento do domínio do conhecimento das políticas públicas para smart cities: uma análise cienciométrica. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 20, n. 61, p. 129, 25 nov. 2024.

OPAS/BIREME. **Descritores em Ciências da Saúde: DeCS 2025**. Disponível em: <https://decs.bvsalud.org/>. Acesso em: out. 2022.

OUVERNEY, A. M.; FLEURY, S. Federalismo de confrontação: tensões, inovações e limites da estratégia de enfrentamento à pandemia de covid-19 no Brasil. Em: OUVERNEY, A. M.; FLEURY, S. (Eds.). **Novo Federalismo no Brasil: Tensões e Inovações em Tempos de Pandemia de COVID-19**. Brasília: Cebes, Conass, CEE/Fiocruz, 2023.

OUVERNEY; MAFORT, A.; FLEURY, S. Federalismo de confrontação: tensões, inovações e limites da estratégia de enfrentamento à pandemia de covid-19 no Brasil. Em: OUVERNEY; MAFORT, A.; FLEURY, S. (Eds.). **Novo Federalismo no Brasil: Tensões e Inovações em Tempos de Pandemia de COVID-19**. [s.l: s.n.]. p. 21–43.

PATIENTORY. **Your Health At Your Fingertips**. Disponível em: <https://patientory.com/>. Acesso em: 4 set. 2024.

PIAUÍ. **Piauí será um dos estados-piloto para federalização da Rede Nacional de Dados em Saúde**. Disponível em: <https://www.saude.pi.gov.br/noticias/2023-11-17/12350/piaui-sera-um-dos-estados-piloto-para-federalizacao-da-rede-nacional-de-dados-em-saude.html>. Acesso em: 11 jan. 2024.

PILARES, I. C. A. et al. Addressing the Challenges of Electronic Health Records Using Blockchain and IPFS. **Sensors** , v. 22, n. 11, 26 maio 2022.

PINTO-ORTIZ, L.; PIAS-MACHADO, D.; COSTA-QUINTANA, A. Geração de valor público nas universidades federais brasileiras. **Revista Iberoamericana de educación superior**, 1 jun. 2024.

PIRES, F. J. DA S. **O data lake da RNDS**. [s.l.] XVII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS) da Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS), 2020.

PROCREDEX. Disponível em: <https://procredex.com/>. Acesso em: 4 set. 2024.

RACHID, R. et al. Digital health and the platformization of the Brazilian Government. **Ciencia & saude coletiva**, v. 28, n. 7, p. 2143–2153, jul. 2023.

REDDICK, C. G.; RODRÍGUEZ-BOLÍVAR, M. P.; SCHOLL, H. J. **Blockchain and the Public Sector: Theories, Reforms, and Case Studies**. [s.l.] Springer Nature, 2021.

SEMENOV, I. et al. Experience in developing an FHIR medical data management platform to provide clinical decision support. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 1, p. 73, 20 dez. 2019.

SHARMA, A.; KAUR, S.; SINGH, M. A comprehensive review on blockchain and Internet of Things in healthcare. **European transactions on telecommunications**, v. 32, n. 10, out. 2021.

SHI, S. et al. Applications of blockchain in ensuring the security and privacy of electronic health record systems: A survey. **Computers & Security**, v. 97, p. 101966, out. 2020.

SILVA, E. C. C. E.; MARQUES, R. M. Blockchain no setor público: uma revisão sistemática de literatura. **AtoZ novas práticas em informação e conhecimento**, v. 10, n. 3, p. 1, 31 ago. 2021.

SILVA, N. P. **A utilização dos programas tabwin e tabnet como ferramentas de apoio à disseminação das informações em saúde**. [s.l: s.n.].

SINGH, D. et al. Adoption of Blockchain Technology in Healthcare: Challenges, Solutions, and Comparisons. **NATO Advanced Science Institutes series E: Applied sciences**, 2023a.

SINGH, Y. et al. Exploring applications of blockchain in healthcare: road map and future directions. **Frontiers in public health**, v. 11, p. 1229386, 15 set. 2023b.

SIYAL, A. A. et al. Applications of Blockchain Technology in Medicine and Healthcare: Challenges and Future Perspectives. **Cryptography and Communications**, v. 3, p. 3, 2019.

SOUZA, C. Federalismo, desenho constitucional e instituições federativas no Brasil pós-1988. **Revista de sociologia e política**, v. 24, n. 24, p. 105–122, 2005.

SRIVASTAVA, S. et al. Analyzing the Prospects of Blockchain in Healthcare Industry. **Computational and mathematical methods in medicine**, v. 2022, p. null, 2022.

TAGDE, P. et al. Blockchain and artificial intelligence technology in e-Health. **Environmental science and pollution research international**, v. 28, n. 38, p. 52810–52831, out. 2021.

UGÁ, M. A. D. et al. O financiamento do SUS na esfera estadual de governo: o estado do Rio de Janeiro. Em: **A gestão do SUS no âmbito estadual: o caso do Rio de Janeiro**. [s.l.] Editora FIOCRUZ, 2010. p. 147–168.

VASCONCELLOS, M. M.; OTHERS. Política Nacional de Informação, Informática e

Comunicação em Saúde: um pacto a ser construído. **Saúde em debate**, v. 29, n. 69, p. 86–98, 2005.

VIEIRA, F. S.; SERVO, L. M. S. Covid-19 e coordenação federativa no Brasil: consequências da dissonância federal para a resposta à pandemia. **Saúde em Debate**, v. 44, n. spe4, p. 100–113, 2020.

WEGNER, D.; VERSCHOORE, J. Network Governance in Action: Functions and Practices to Foster Collaborative Environments. **Administration & society**, v. 54, n. 3, p. 479–499, 1 mar. 2022.

WILLIAMSON, O. E. **The Economic Institutions of Capitalism**. [s.l.] Free, 1987.

WU, T.-C.; HO, C.-T. B. Blockchain Revolutionizing in Emergency Medicine: A Scoping Review of Patient Journey through the ED. **Healthcare (Basel, Switzerland)**, v. 11, n. 18, 8 set. 2023.

XIE, Y. et al. Applications of Blockchain in the Medical Field: Narrative Review. **Journal of medical Internet research**, v. 23, n. 10, p. e28613, 28 out. 2021.

ZAHID, A.; WINGREEN, S. C.; SHARMA, R. Blockchain Affordances for Digital Health- A Conceptual Framework and Research Agenda (Preprint). 2021.

ZUBAYDI, H. D. et al. A Review on the Role of Blockchain Technology in the Healthcare Domain. **Electronics**, v. null, p. null, 2019.

Recebido: 06/05/2025
Aprovado: 05/02/2026
DOI: 10.3895/rts.v22n69.20223

Como citar:

FERRÉ, Felipe; GONÇALVES, Andrea de Oliveira; GONÇALVES, Rodrigo de Souza. Uma arquitetura tecnológica como a blockchain pode induzir o modelo de governança federada da Rede Nacional de Dados em Saúde? **Rev. Tecnol. Soc**., Curitiba, v. 22, n. 69, p.124-156, abr./jun, 2026. Disponível em:

https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/20223

Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.