REVISTA DE TECNOLOGIA APLICADA (RTA)
Vol. 15, No. 1, Jan-Abr 2026, p.60-78
ISSN: 2237-3713

Transformação Digital Inclusiva na Gestão Pública Municipal: Uma Plataforma para Integração Intersetorial, Inteligência Territorial e Cidadania*

Inclusive Digital Transformation in Municipal Public Management: A Platform for Intersectoral Integration, Territorial Intelligence, and Citizenship Promotion

Pedro Motta Di Filippo
Universidade Federal Fluminense
pedrodifilippo.rj@gmail.com

Douglas Vieira Barboza
Universidade Iguaçu
douglas.barboza@campus1.unig.br

RESUMO
A transformação digital municipal costuma limitar-se à digitalização de procedimentos, com pouca integração entre saúde, meio ambiente e assistência social e com acesso desigual entre territórios e grupos. Logo, este estudo propõe o Sistema Integrado de Gestão Municipal, Saúde e Inclusão Social (SIGMUS), uma plataforma digital modular destinada a integrar políticas públicas de saúde, vigilância socioambiental e promoção da cidadania, enfrentando a fragmentação administrativa e as desigualdades territoriais no acesso aos serviços. Desenvolvido com base na metodologia Design Science Research, o estudo apresenta uma arquitetura composta por quatro módulos funcionais, cinco camadas transversais, vinte requisitos, um fluxo decisório de sete etapas e uma matriz de indicadores para avaliação. A proposta incorpora princípios de acessibilidade digital, inclusão social, interoperabilidade, proteção de dados pessoais, transparência e participação cidadã, buscando qualificar a gestão municipal e subsidiar decisões fundamentadas em evidências. Os resultados são de natureza conceitual, uma vez que não houve implementação ou validação empírica. Conclui-se que o SIGMUS constitui uma proposta estruturada para apoiar a modernização da gestão pública municipal, cuja efetividade deverá ser examinada em estudos futuros com usuários e gestores.

Palavras-chave: Interoperabilidade de sistemas. Inteligência territorial. Governança de dados. Acessibilidade digital. Tomada de decisão baseada em evidências.

ABSTRACT
Digital transformation in municipalities is often limited to the digitization of administrative procedures, with limited integration among health, environmental, and social assistance policies, as well as unequal access across territories and population groups. In this context, this study proposes the Integrated System for Municipal Management, Health, and Social Inclusion (SIGMUS), a modular digital platform designed to integrate public health policies, socio-environmental surveillance, and citizenship promotion, addressing administrative fragmentation and territorial inequalities in access to public services. Based on the Design Science Research methodology, the study presents an architecture comprising four functional

* Recebido em 20 de fevereiro de 2026, aprovado em 27 de março de 2026, publicado em 30 de abril de 2026.

modules, five cross-cutting layers, twenty requirements, a seven-stage decision-making workflow, and an evaluation indicator matrix. The proposal incorporates principles of digital accessibility, social inclusion, interoperability, personal data protection, transparency, and citizen participation, aiming to improve municipal management and support evidence-based decision-making. The results are conceptual in nature, as the platform has neither been implemented nor empirically validated. It is concluded that SIGMUS provides a structured proposal to support the modernization of municipal public management, whose effectiveness should be examined in future studies involving users and public administrators.

Keywords: Systems interoperability. Territorial intelligence. Data governance. Digital accessibility. Evidence-based decision-making.

1. INTRODUÇÃO

Os municípios concentram a oferta direta de atenção básica à saúde, assistência social, educação infantil e fiscalização ambiental local. A qualidade de sua gestão da informação, portanto, afeta o cotidiano da população de modo mais imediato do que a de outras esferas de governo. A digitalização desses serviços avançou, mas frequentemente assumiu a forma de portais, formulários e sistemas setoriais que reproduzem em meio eletrônico a fragmentação administrativa já existente. Mergel et al. (2019), com base em entrevistas com especialistas, tratam a transformação digital no setor público como mudança organizacional associada ao uso de tecnologias digitais, e não como simples conversão de procedimentos em formato eletrônico. No plano normativo brasileiro, a Lei nº 14.129/2021 orienta a administração pública para serviços digitais centrados no cidadão, a Lei nº 13.146/2015 exige acessibilidade nos sítios mantidos por órgãos de governo (art. 63) e a Lei nº 13.709/2018 impõe condições estritas ao tratamento de dados pessoais, entre eles os dados de saúde.

O problema tratado aqui tem três componentes. O primeiro é a fragmentação entre políticas que incidem sobre os mesmos territórios e as mesmas pessoas, como saúde, vigilância ambiental e assistência social. O segundo é a invisibilidade das desigualdades territoriais em indicadores municipais agregados. Moura et al. (2026), por exemplo, trabalharam com os 164 bairros do município do Rio de Janeiro e observaram que cerca de 91% dos residentes com 20 anos ou mais viviam em áreas de poluição alta ou extrema por MP2,5, com gradiente que associava maior vulnerabilidade social a concentrações mais elevadas; uma média municipal ocultaria essa distribuição. O terceiro é o tratamento da acessibilidade, da diversidade e da qualidade da informação pública como acessório do desenvolvimento tecnológico, e não como requisito de projeto.

A pergunta de pesquisa é a seguinte: como conceber uma plataforma municipal que integre políticas de saúde, vigilância socioambiental e promoção da cidadania de forma acessível, auditável e protetora de dados pessoais, sem reduzir a transformação digital à digitalização de procedimentos? A tese defendida é que a transformação digital municipal precisa integrar políticas, reduzir desigualdades territoriais, promover saúde e inclusão e sustentar decisões baseadas em evidências, com a tecnologia subordinada a esses fins.

O objetivo geral é propor, o Sistema Integrado de Gestão Municipal, Saúde e Inclusão Social (SIGMUS). Os objetivos específicos são: (i) identificar, na literatura e em estudos de referência, funções e limites da tecnologia digital em saúde, inclusão e informação pública; (ii) especificar uma arquitetura modular com camadas transversais; (iii) definir requisitos funcionais e não funcionais; (iv) representar interfaces conceituais dos módulos; (v) propor modelo de governança e fluxo decisório intersetorial; e (vi) propor matriz de indicadores de avaliação. Este artigo é propositivo e aplicado. O SIGMUS não foi implementado, testado ou validado, e nenhuma figura ou tabela deve ser lida como resultado observado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Transformação digital e gestão pública municipal

A distinção entre digitalizar e transformar organiza o argumento deste trabalho. Em revisão sobre aplicações de inteligência artificial (IA) no setor público, Wirtz et al. (2019) mapeiam usos e identificam desafios que incluem dimensões legais, éticas e sociais, o que indica que a adoção tecnológica pública depende de arranjos institucionais além do software. Na saúde, o arcabouço brasileiro de informação orienta-se pela Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (Portaria GM/MS nº 1.768/2021) e pela interoperabilidade com a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS), de modo que um sistema municipal deve acoplar-se a esses padrões e não criar silos adicionais.

A Design Science Research (DSR) aparece com frequência em propostas tecnológicas aplicadas. Palopoli et al. (2026) descrevem o aplicativo Corujão, voltado a micro-treinos de 20 minutos no contexto universitário, construído com camadas de interface, serviços e persistência e com correção postural assistida por modelo de linguagem. O trabalho é útil como precedente de desenvolvimento de artefato em saúde com IA, mas o ganho de 85 horas por semestre apresentado no resumo decorre de cálculo sobre a redução do tempo de treino, e não de medição em usuários; o próprio estudo, portanto, funciona como proposta tecnológica, não como evidência de efeito.

2.2 Saúde, vigilância e inteligência territorial

O estudo de Moura et al. (2026) é a referência desta seção, pois os autores conduziram um estudo ecológico retrospectivo com dados de satélite classificados em três níveis de MP2,5 e registros de óbitos do sistema de informação de mortalidade para doenças do aparelho circulatório, isquêmicas do coração e cerebrovasculares, entre 2000 e 2019, em adultos com 20 anos ou mais. Relatam taxas mais altas e óbitos mais precoces em áreas de poluição alta ou extrema, associações estatisticamente significativas na faixa de 50 a 69 anos e vulnerabilidade social intermediária ou alta em 71% dos bairros. Concluem ainda que as concentrações médias excederam em quatro vezes o padrão recomendado pela Organização Mundial da Saúde, cujas diretrizes de 2021 reduziram os valores-guia de MP2,5 (WHO, 2021); a Resolução CONAMA nº 506/2024 passou a prever, segundo as fontes consultadas, padrões nacionais intermediários e um padrão final alinhado a essas diretrizes (texto oficial a reconfirmar). Para o SIGMUS, o estudo mostra o que dados georreferenciados desagregados por bairro permitem enxergar. O desenho ecológico, porém, não autoriza inferência causal nem leitura individual das

associações, e é por isso que a literatura epidemiológica alerta para a falácia ecológica (Robinson, 1950; Morgenstern, 1995). O painel territorial proposto herda essa restrição: descreve territórios e orienta a priorização, mas não estima risco de pessoas.

A compreensão das desigualdades territoriais também exige considerar as capacidades institucionais disponíveis para enfrentá-las. Barboza e Acuña (2026) ampliam a compreensão do território para além da distribuição espacial de indicadores, permitindo reconhecer que a capacidade de resposta do poder público também condiciona o enfrentamento das desigualdades. Em um sistema integrado, essa perspectiva fundamenta a articulação entre inteligência territorial, governança intersetorial e planejamento de ações públicas, considerando tanto as necessidades identificadas quanto a capacidade institucional de atendê-las.

Na outra ponta, a tecnologia digital aplicada ao cuidado exige cautela quanto às evidências. Gomes et al. (2026), em revisão narrativa de vinte estudos empíricos publicados entre 2021 e 2025 sobre doenças neurodegenerativas, encontram predomínio de modelos computacionais, bases secundárias, protótipos e avaliações preliminares, e afirmam que o desempenho isolado de algoritmos e sistemas de IA não demonstrou benefício clínico; a incorporação assistencial dependeria de validação externa, integração aos processos de trabalho, interoperabilidade e desfechos centrados no paciente. Essa conclusão limita o papel da IA no SIGMUS a apoio auxiliar. Do lado da comunicação preventiva, Moraes e Silva (2024) aplicaram questionário estruturado a 271 integrantes da comunidade da UFRRJ e relataram que mais de 60% mantiveram lavagem de mãos e uso de álcool em gel após a pandemia, enquanto outras práticas de higiene diminuíram de modo expressivo. O estudo é exploratório, de uma só instituição e baseado em autorrelato; sustenta a ideia de que hábitos preventivos tendem a se desgastar sem comunicação contínua, mas não permite estimar efeitos de intervenções digitais.

2.3 Inclusão, diversidade e justiça social

O conceito de interseccionalidade (Crenshaw, 1991) lembra que desvantagens se combinam, de modo que um serviço digital desenhado para um usuário médio tende a falhar justamente com quem acumula barreiras. Franquini et al. (2025) estudaram, por questionários e entrevistas com profissionais de dinamizadores de impacto, mecanismos de diversidade e inclusão em programas de empreendedorismo social voltados a empreendedores da periferia. Identificam critérios de diversidade nos processos seletivos, apoio financeiro e de infraestrutura, adaptação metodológica das trilhas formativas, diversidade na equipe gestora, redes de conexão com o mercado, apoio psicológico e políticas públicas direcionadas. O domínio é distinto do municipal, e a amostra é pequena; a contribuição aproveitável é de desenho, pois mostra que inclusão efetiva resulta de mecanismos explícitos e verificáveis, e não de declaração de intenção.

A incorporação de tecnologias digitais às políticas públicas também precisa considerar sua capacidade de produzir inclusão social. Barboza e Winter (2026) destacam a relevância dos indicadores de ciência, tecnologia e inovação para orientar estratégias de enfrentamento da vulnerabilidade social, ressaltando que seus benefícios dependem das condições de acesso e da capacidade de apropriação dessas tecnologias pela população. Essa perspectiva reforça a necessidade de que a transformação digital municipal seja acompanhada por mecanismos de

inclusão e avaliação das desigualdades de acesso. Em um sistema integrado, essa preocupação se traduz na previsão de indicadores desagregados por território e grupos populacionais, associados a recursos de acessibilidade, comunicação pública e participação cidadã.

Freire (2025) examina o uso pedagógico da animação Nimona para discutir identidade, gênero e sexualidades na educação básica, e Romanazzi e Storino (2026) relatam uma roda de conversa online sobre gênero e sexualidade na formação de pedagogas e pedagogos. Esses dois textos pertencem ao campo da educação e tratam de reconhecimento da diferença e de diálogo como práticas formativas. Servem aqui como fundamento para reservar, no módulo de educação cidadã, espaços de diálogo e escuta de grupos específicos. Não fornecem evidência sobre efeitos de plataformas digitais, e nenhuma dessa natureza é atribuída a eles. As noções de redistribuição, reconhecimento e representação são tomadas como critérios de projeto: quem recebe o serviço, como é reconhecido pelo serviço e quem participa das decisões.

2.4 Acessibilidade digital e desenho universal

Santos et al. (2025) descrevem o desenvolvimento de um site acessível a pessoas cegas para um núcleo de arte e inclusão, com HTML semântico, atributos ARIA, compatibilidade com leitores de tela, descrições alternativas de imagens, navegação integral por teclado, hierarquia de cabeçalhos e formulários com rótulos e mensagens de erro associadas. O texto lido relata decisões técnicas de implementação, sem avaliação sistemática com usuários, e por isso funciona como inventário de boas práticas e não como prova de eficácia. As Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) 2.2, recomendação do W3C de 2023, organizam os critérios em torno de conteúdo perceptível, operável, compreensível e robusto, com níveis de conformidade A, AA e AAA (W3C, 2023). O Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG) permanece referência nacional, e sua versão vigente deve ser reconfirmada na fase de implantação.

2.5 Informação pública, desinformação e inteligência artificial responsável

Storino (2025) apresenta um relato de experiência sobre um episódio em que um professor-tutor foi acusado de ativismo político-ideológico na elaboração e correção de uma atividade avaliativa, e discute como o negacionismo cria falsa horizontalidade nos debates, ampliada pelas redes sociais. Por ser relato de um único episódio, o texto não permite generalizações, mas ilustra o risco de que informação institucional seja confundida com opinião em ambientes digitais. Vosoughi et al. (2018) mostraram, em análise de cascatas de notícias no Twitter, que informações falsas chegavam mais longe e mais rápido que as verdadeiras, o que reforça a necessidade de informação pública acessível, datada e com fonte visível. A plataforma, contudo, não deve classificar pessoas nem remover conteúdo de cidadãos; seu papel é ofertar informação verificada.

Quanto à IA, Obermeyer et al. (2019) documentaram que um algoritmo de gestão de saúde populacional que usava custo como proxy de necessidade subestimava a necessidade de pacientes negros, o que mostra como a escolha de variáveis para priorização pode reproduzir desigualdades. O NIST AI Risk Management Framework 1.0 (NIST, 2023) propõe funções de governança, mapeamento, medição e gestão de riscos, e a LGPD prevê o direito à revisão de

decisões tomadas unicamente com base em tratamento automatizado (art. 20). Para a proteção de dados em painéis territoriais, a literatura de privacidade discute modelos como o k-anonimato (Sweeney, 2002), que exige que cada registro divulgado seja indistinguível de ao menos outros k menos 1; no SIGMUS, o princípio inspira regras de agregação mínima e supressão de células pequenas.

Por fim, a participação cidadã admite graus. Arnstein (1969) a descreve como escada que vai da manipulação ao controle cidadão, e a distinção serve de critério para avaliar se os canais de escuta do SIGMUS produzem retorno e influência sobre decisões ou apenas coleta de manifestações.

3. METODOLOGIA

A pesquisa adota a Design Science Research, que busca construir e avaliar artefatos para problemas organizacionais relevantes (Hevner et al., 2004). Seguiu-se o processo de seis atividades de Peffers et al. (2007), com atenção às recomendações de posicionamento e apresentação de Gregor e Hevner (2013). O Quadro 1 indica o que foi realizado neste artigo e o que permanece pendente.

Quadro 1: Etapas da DSR e situação neste artigo

Atividade (Peffers et al., 2007)	**Aplicação neste artigo**	**Situação**
1. Identificação do problema e motivação	Fragmentação de políticas, desigualdade territorial, baixa acessibilidade e fragilidade da informação pública	Realizada (documental)
2. Objetivos da solução	Objetivo geral, seis objetivos específicos e objetivos do artefato (seção 4.1)	Realizada
3. Projeto e desenvolvimento	Arquitetura, requisitos, governança e indicadores	Realizada
4. Demonstração	Seis representações visuais	Protótipos estáticos
5. Avaliação	Matriz de indicadores e instrumentos candidatos	Em fase de proposta
6. Comunicação	Este manuscrito e material suplementar	Em curso

Fonte: Os autores.

As referências indicadas para o trabalho foram consultadas em suas páginas de origem e nos arquivos em texto integral disponíveis. A literatura complementar, composta por obras clássicas e estudos recentes de governo digital, DSR, privacidade, equidade algorítmica e participação, teve os dados bibliográficos conferidos em índices e páginas de periódicos acessíveis pela web. Não houve busca sistemática protocolada nas bases Scopus, Web of Science, SciELO, PubMed, IEEE Xplore, ACM Digital Library ou Portal de Periódicos da CAPES, de modo que o artigo não se apresenta como revisão sistemática. A vigência da legislação foi verificada em fontes oficiais em abril de 2026, e os pontos não confirmados estão sinalizados no texto.

A etapa de demonstração consistiu em representações visuais conceituais, produzidas como protótipos estáticos de interface com conteúdos e valores hipotéticos, identificados como tais em cada figura. Não houve entrevistas, questionários, testes de usabilidade, avaliação por

especialistas, implantação municipal ou experimento. Por esse motivo, o artigo não apresenta resultados empíricos, e os indicadores da seção 4.6 são propostos sem valores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Problema, objetivos do artefato e contribuição

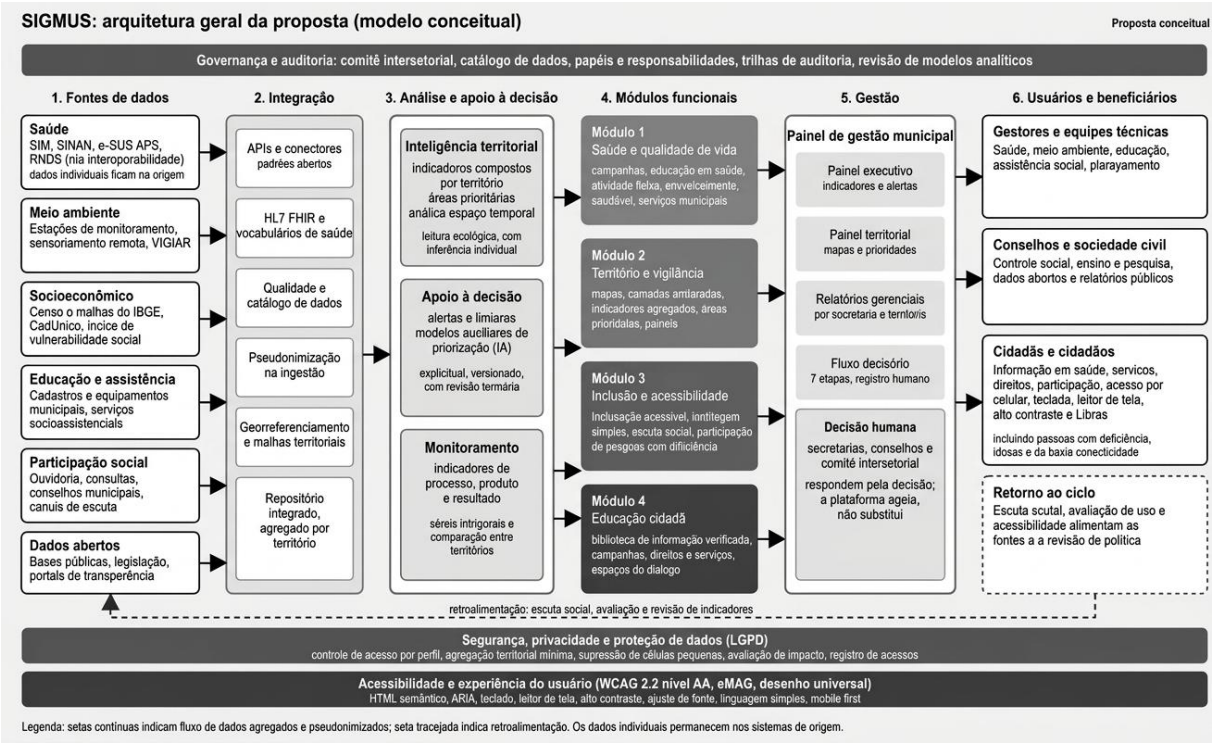
O problema que o SIGMUS procura enfrentar é a falta de integração operacional entre as secretarias que atuam sobre um mesmo território, combinada à baixa acessibilidade dos serviços digitais e à fragilidade da informação pública. Em termos de objetivos do artefato, o sistema deve: reunir dados setoriais em um repositório agregado por território; apresentar indicadores que apoiem a priorização de ações; ofertar serviços e informações acessíveis; abrir canais de participação com retorno; e operar sob regras de governança, privacidade e auditoria.

A contribuição se distribui em três planos distintos. No plano tecnológico, propõe-se uma arquitetura modular com camadas de integração, privacidade por desenho, agregação territorial e apoio analítico auxiliar. No plano gerencial, propõe-se um modelo de governança intersetorial, um fluxo decisório de sete etapas e uma matriz de indicadores. No plano social, propõe-se que acessibilidade, diversidade e informação verificada sejam requisitos do artefato e não complementos posteriores. A originalidade está na combinação e na explicitação dos mecanismos, não na invenção de componentes isolados, que já existem em soluções setoriais.

4.2 Arquitetura geral

A Figura 1 apresenta a arquitetura em seis colunas: fontes de dados, integração, análise e apoio à decisão, módulos funcionais, gestão e usuários. Os dados individuais permanecem nos sistemas de origem. O SIGMUS consome apenas dados agregados ou pseudonimizados, com georreferenciamento por malhas territoriais e catálogo de metadados. Cinco camadas transversais sustentam o conjunto: (i) integração e interoperabilidade, com APIs, formatos abertos e HL7 FHIR para dados de saúde quando aplicável; (ii) segurança e privacidade, com controle de acesso por perfil, agregação mínima e avaliação de impacto; (iii) análise e apoio à decisão, com indicadores compostos e modelos auxiliares explicáveis; (iv) governança e auditoria; e (v) acessibilidade e experiência do usuário, orientada pelas WCAG 2.2 nível AA e pelo eMAG.

Figura 1: Arquitetura geral do SIGMUS: fontes de dados, integração, análise e apoio à decisão, módulos funcionais, gestão e usuários, com camadas transversais



Fonte: Os autores.

Os quatro módulos funcionais são saúde e qualidade de vida, território e vigilância, inclusão e acessibilidade e educação cidadã. A separação em módulos permite implantação gradual e limita o acoplamento: um município pode iniciar pelo módulo territorial, que depende sobretudo de dados já produzidos, e adicionar os demais conforme sua capacidade institucional.

A sustentabilidade da arquitetura tecnológica também constitui um aspecto relevante para a concepção de plataformas públicas. Neves et al. (2025), evidenciam a importância de considerar o consumo de recursos computacionais e a existência de métricas adequadas para avaliar o desempenho das soluções tecnológicas. Essa discussão contribui para ampliar os requisitos arquiteturais do SIGMUS, de modo que sua concepção considere não apenas interoperabilidade, segurança e escalabilidade, mas também eficiência computacional e sustentabilidade operacional. Tais aspectos são particularmente relevantes para municípios com infraestrutura tecnológica e disponibilidade orçamentária limitadas.

4.3 Módulos funcionais e interfaces conceituais

O painel executivo (Figura 2) reúne indicadores gerais, alertas e séries temporais por eixo e território, além do andamento do fluxo decisório. A leitura é pensada para gestores, com filtros por região, período e eixo. Os valores exibidos são ilustrativos e servem para representar a organização visual; categorias de indicador (processo, produto) aparecem rotuladas, e os gráficos usam diferentes marcadores e padrões de linha, de modo que a informação não dependa apenas de cor.

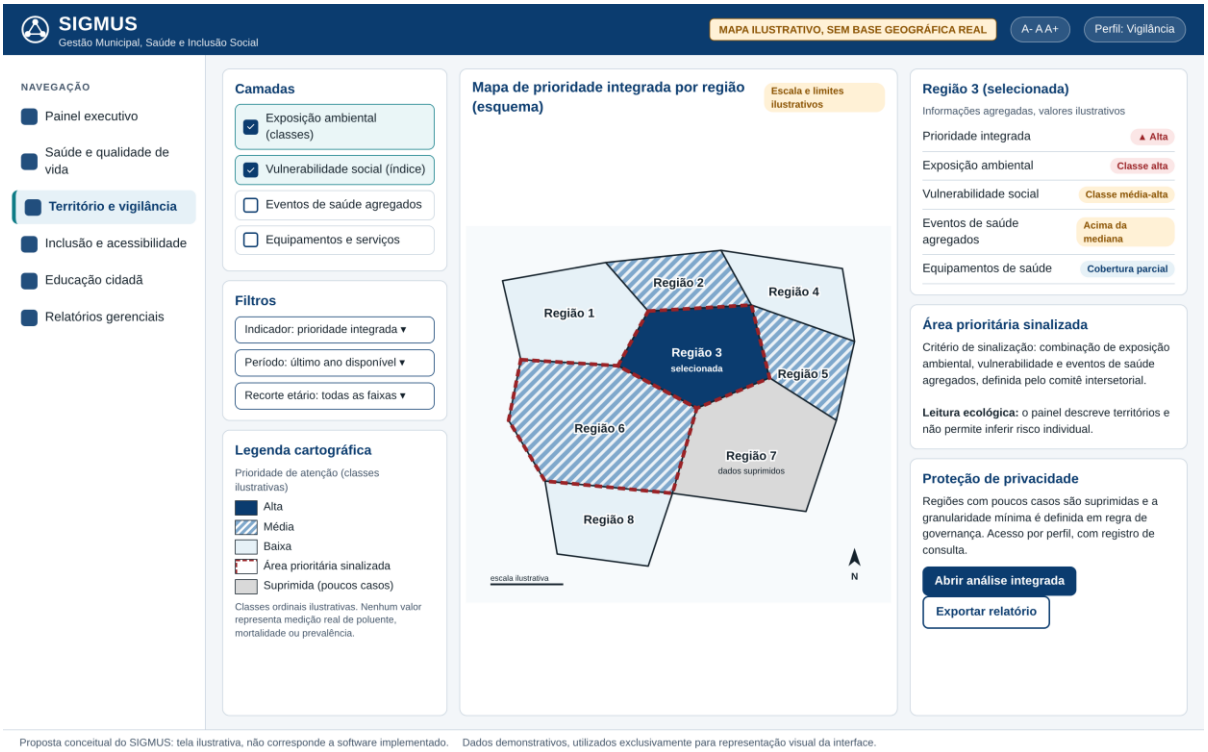
Figura 2: Painel executivo da gestão municipal (tela conceitual)



Fonte: Os autores.

O módulo de território e vigilância (Figura 3) organiza camadas ambientais, sociais e de saúde em mapa de regiões. A tela é um esquema com regiões não reais, classes ordinais de prioridade e regra de supressão para unidades com poucos casos, e não contém base cartográfica nem valores de qualquer município. A construção de áreas prioritárias combina exposição ambiental, vulnerabilidade social e eventos de saúde agregados, segundo critério definido pelo comitê intersetorial, o que traduz para o plano municipal a lógica do estudo de Moura et al. (2026) sem estender sua inferência. O painel descreve territórios e não permite derivar risco individual.

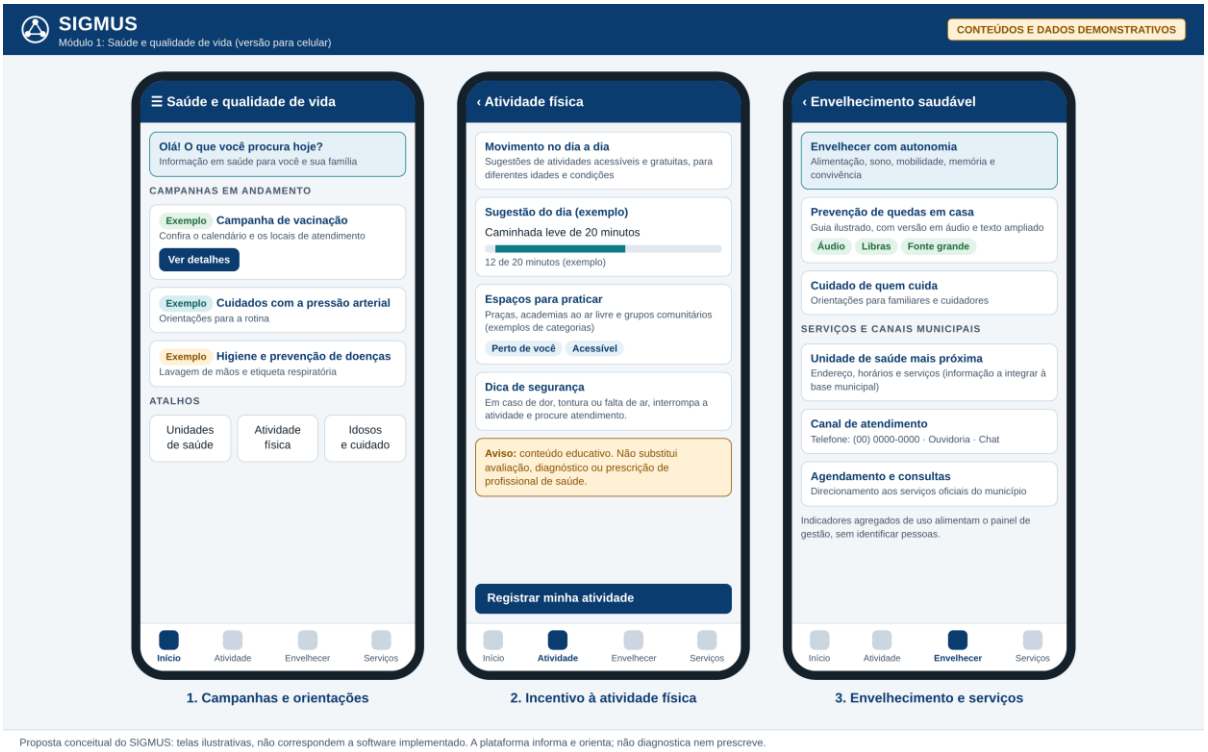
Figura 3: Painel de inteligência territorial (mapa esquemático com regiões não reais)



Fonte: Os autores.

O módulo de saúde e qualidade de vida (Figura 4) é concebido para celular e oferece campanhas, orientações de prevenção, estímulo à atividade física, conteúdo sobre envelhecimento saudável e acesso a serviços municipais. Incorpora de Moraes e Silva (2024) a premissa de comunicação preventiva contínua e de Palopoli et al. (2026) a ideia de micro-intervenções de baixa barreira. Todo conteúdo traz aviso de que é educativo e não substitui avaliação profissional, e a plataforma não diagnostica nem prescreve.

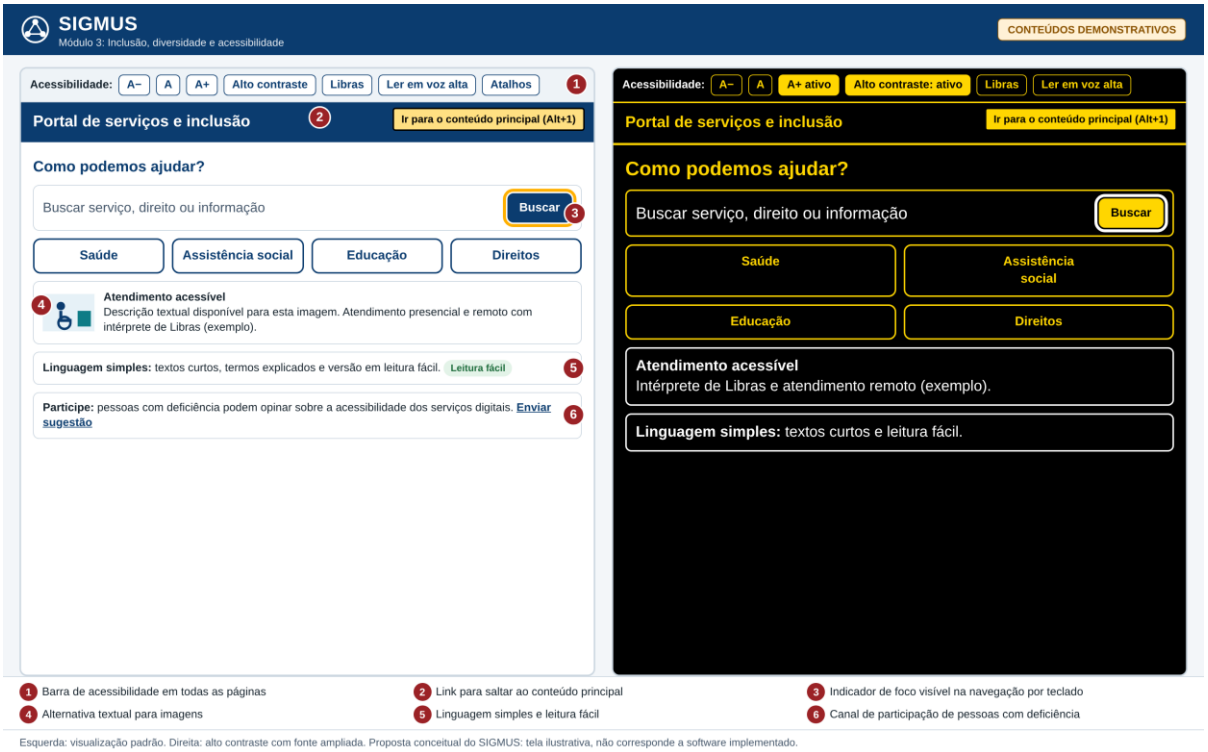
Figura 4: Módulo de saúde preventiva e qualidade de vida (versão para celular)



Fonte: Os autores.

O módulo de inclusão e acessibilidade (Figura 5) disponibiliza barra de acessibilidade em todas as páginas, link para saltar ao conteúdo principal, foco visível, alternativas textuais, linguagem simples, opção de Libras e alto contraste, além de canal para que pessoas com deficiência avaliem a acessibilidade dos serviços. As práticas seguem o inventário descrito por Santos et al. (2025) e os critérios das WCAG 2.2.

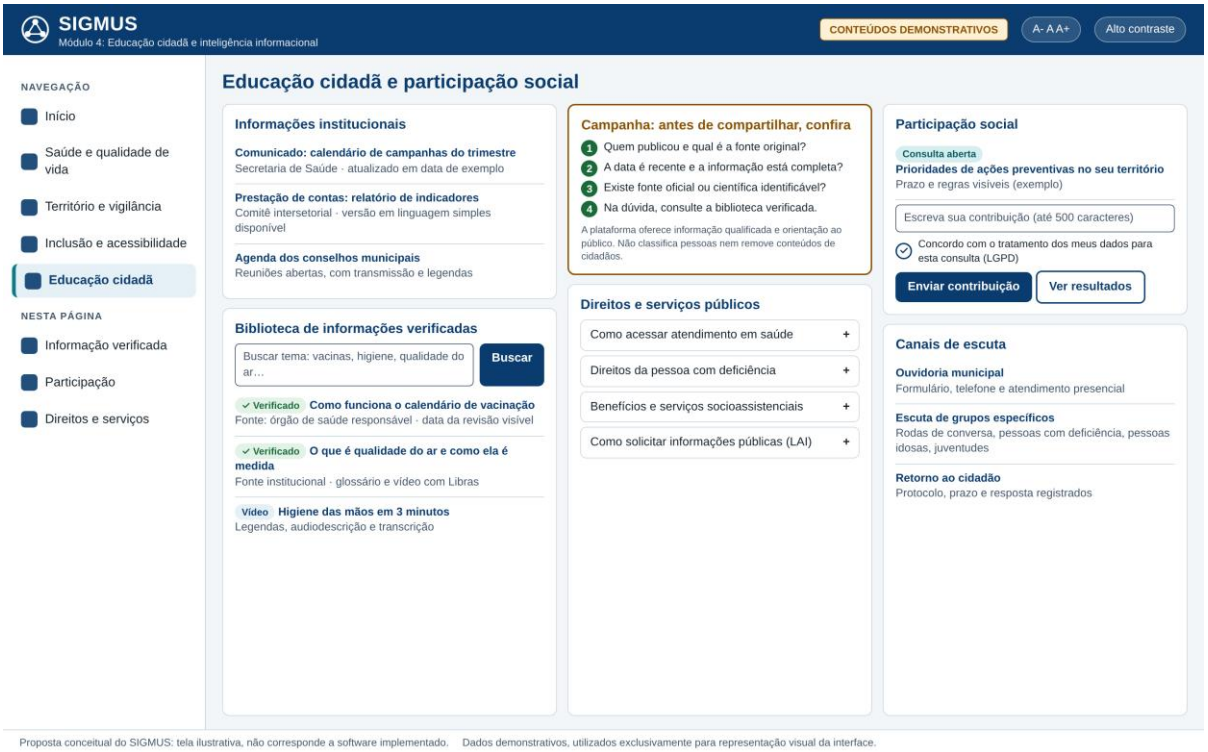
Figura 5: Portal de inclusão e acessibilidade, em visualização padrão e em alto contraste



Fonte: Os autores.

O módulo de educação cidadã (Figura 6) abriga informações institucionais, biblioteca de informação verificada com fonte e data de revisão, campanha de orientação sobre checagem de conteúdo, descrição de direitos e serviços, consultas públicas e canais de escuta. O módulo se apoia no tema da qualidade da informação pública (Storino, 2025; Vosoughi et al., 2018) e nos espaços de diálogo e reconhecimento discutidos por Freire (2025) e Romanazzi e Storino (2026), sem pretender medir efeito algum sobre crenças ou atitudes.

Figura 6: Módulo de educação cidadã e participação social (tela conceitual)



Fonte: Os autores.

4.4 Requisitos funcionais e não funcionais

O Quadro 2 sintetiza dez requisitos funcionais (RF) e dez não funcionais (RNF). A coluna de fundamento indica a origem do requisito, seja uma norma, seja uma das leituras que o inspiram. O detalhamento, com critério de aceitação, consta no material suplementar..

Quadro 2: Requisitos funcionais (RF) e não funcionais (RNF) do SIGMUS

Código	Requisito	Fundamento
RF01	Catálogo de fontes de dados com responsável, periodicidade e metadados	Governança de dados; LGPD
RF02	Conectores e APIs para sistemas setoriais por padrões abertos, com HL7 FHIR para dados de saúde quando aplicável	PNIIS; RNDS
RF03	Indicadores agregados por território com supressão de células pequenas	LGPD arts. 12 e 13; Sweeney (2002)
RF04	Mapas com camadas ambientais, sociais e de saúde, classes ordinais e legenda acessível	Moura et al. (2026)
RF05	Painel executivo com indicadores, alertas e séries temporais por eixo e território	Gestão baseada em evidências
RF06	Registro do fluxo decisório de sete etapas, com responsável e justificativa humana	LGPD art. 20; NIST (2023)
RF07	Conteúdo educativo em saúde e campanhas, com aviso de que não substitui atendimento	Moraes & Silva (2024); Palopoli et al. (2026)
RF08	Portal de serviços com busca, linguagem simples e alternativas (Libras, áudio, leitura fácil)	Lei 13.146/2015; Santos et al. (2025)
RF09	Biblioteca de informação verificada com fonte e data de revisão visíveis	Storino (2025); Vosoughi et al. (2018)

Código	Requisito	Fundamento
RF10	Canais de participação e escuta com protocolo e retorno	Arnstein (1969); Franquini et al. (2025)
RNF01	Conformidade com a LGPD: base legal, finalidade, minimização e relatório de impacto	Lei 13.709/2018 (art. 38)
RNF02	Acessibilidade WCAG 2.2 AA e eMAG, com testes com tecnologias assistivas	W3C (2023); Santos et al. (2025)
RNF03	Segurança: controle de acesso por perfil, registro de acessos e criptografia	LGPD art. 46
RNF04	Interoperabilidade e formatos abertos, com documentação das interfaces	PNIIS; Lei 14.129/2021
RNF05	Auditabilidade de dados e modelos, com versionamento	NIST (2023)
RNF06	Explicabilidade e supervisão humana de modelos auxiliares	Gomes et al. (2026); Obermeyer et al. (2019)
RNF07	Desempenho adequado a conectividade limitada, com abordagem mobile first	Inclusão digital
RNF08	Usabilidade verificada com grupos diversos antes da expansão	Brooke (1996); Franquini et al. (2025)
RNF09	Modularidade e escalabilidade, sem dependência de fornecedor único	Boa prática de arquitetura
RNF10	Transparência de critérios, indicadores e limites	LAI (Lei 12.527/2011)

Fonte: Os autores.

4.5 Governança e implantação intersetorial

A integração de políticas depende de arranjo institucional mais que de software. Propõe-se um comitê intersetorial gestor, com representação das secretarias de saúde, meio ambiente, assistência social, educação, planejamento e tecnologia, da controladoria ou ouvidoria, da procuradoria e do encarregado pelo tratamento de dados, além de assento para conselhos municipais. Ao comitê cabem a aprovação do catálogo de dados, a definição dos critérios de priorização territorial, a revisão periódica dos modelos auxiliares e a aprovação dos relatórios públicos. Cada secretaria permanece responsável por sua base e por sua política, e o SIGMUS não retira competências setoriais.

A implantação poderia ocorrer em três fases. A primeira é de diagnóstico: inventário de dados, avaliação de maturidade, definição de bases legais e elaboração do relatório de impacto à proteção de dados pessoais, previsto no art. 38 da LGPD. A segunda é um piloto em um território e em um módulo, com avaliação de acessibilidade e usabilidade antes da ampliação. A terceira é a expansão gradual, condicionada aos resultados da avaliação. O fluxo decisório proposto tem sete etapas: (1) identificação da vulnerabilidade, a partir de indicadores e da escuta social; (2) análise integrada entre as áreas; (3) priorização da necessidade; (4) planejamento intersetorial; (5) execução pela secretaria competente; (6) monitoramento; e (7) avaliação e revisão da política. Em todas as etapas o registro e a responsabilidade pela decisão são humanos, e o painel funciona como apoio à análise.

A adoção de uma estratégia de implantação gradual também encontra respaldo em experiências de desenvolvimento de soluções tecnológicas modulares e de baixo custo. Gonçalves et al. (2025) evidenciam a viabilidade técnica de uma abordagem modular para problemas operacionais específicos, com sua experiência oferendo uma referência de desenvolvimento tecnológico incremental, no qual a funcionalidade da solução é examinada antes de sua ampliação. Essa lógica é compatível com a implantação proposta para o SIGMUS, que prevê diagnóstico institucional, desenvolvimento de um projeto-piloto e expansão condicionada à avaliação dos resultados.

4.6 Avaliação e indicadores

A avaliação do SIGMUS deve distinguir indicadores de processo, de produto e de resultado. O Quadro 3 apresenta dez categorias. Nenhum valor é proposto, porque os parâmetros dependem do diagnóstico de cada município. Como instrumentos candidatos, a usabilidade percebida pode ser medida pela System Usability Scale (Brooke, 1996), a aceitação por constructos do modelo de aceitação de tecnologia (Davis, 1989) e a qualidade e o impacto do sistema por dimensões do modelo de sucesso de sistemas de informação de DeLone e McLean (2003). A conformidade de acessibilidade deve combinar verificação automatizada, auditoria manual e testes com usuários de tecnologia assistiva.

Quadro 3 – Matriz de indicadores de avaliação (sem valores de referência)

Categoria	Indicador proposto	Tipo	Instrumento ou fonte
1. Integração de dados	Proporção de fontes prioritárias integradas com metadados completos	Processo	Catálogo de dados
2. Qualidade de dados	Completude e atualidade por fonte	Processo	Verificações automáticas
3. Acessibilidade	Conformidade das páginas com WCAG 2.2 AA	Produto	Auditoria automatizada e manual; testes com usuários
4. Usabilidade	Pontuação SUS por perfil de usuário	Produto	System Usability Scale
5. Adoção e uso	Usuários ativos por perfil e território	Processo e produto	Registros agregados; questionário de aceitação
6. Saúde e prevenção	Participação em campanhas e acesso a serviços por território	Resultado	Registros municipais agregados
7. Vigilância socioambiental	Tempo entre alerta e primeira ação intersetorial	Processo e resultado	Registro do fluxo decisório
8. Inclusão e equidade	Diferença de acesso e uso entre territórios e grupos	Resultado	Registros agregados; escuta social
9. Informação e participação	Contribuições respondidas no prazo e consultas a conteúdo verificado	Processo e resultado	Ouvidoria; registros de uso
10. Governança e privacidade	Incidentes, relatórios de impacto atualizados e solicitações de titulares atendidas	Processo	Registros de governança

Fonte: Os autores.

A avaliação da transformação digital também deve considerar se a ampliação da infraestrutura tecnológica resulta em maior inclusão e redução das desigualdades de acesso. Conforme discutem Barboza e Winter (2026), os indicadores de ciência, tecnologia e inovação podem subsidiar políticas de enfrentamento da vulnerabilidade social, desde que interpretados à luz das condições territoriais e das capacidades de utilização das tecnologias. Por essa razão, a avaliação proposta para o SIGMUS não se restringe ao volume de serviços digitalizados ou de usuários cadastrados, incorporando indicadores de equidade, acessibilidade e participação social.

4.7 Discussão crítica, ética e privacidade

As referências convergem em três pontos que sustentam a proposta. O primeiro é o valor do dado desagregado: Moura et al. (2026) mostram que a leitura por bairro revela gradientes socioambientais que médias agregadas ocultam, e a tese de integração territorial deriva diretamente desse achado. O segundo é a necessidade de comunicação e política contínuas: o declínio de práticas de higiene relatado por Moraes e Silva (2024) e a circulação de desinformação analisada por Storino (2025) indicam que informação preventiva e confiável exige manutenção. O terceiro é a inclusão por mecanismos: Franquini et al. (2025) e Santos et al. (2025), em domínios distintos, descrevem medidas concretas, não declarações, o que orientou a forma dos requisitos RNF02 e RNF08.

Há também divergências e limites que impedem conclusões fortes. Palopoli et al. (2026) apresentam a IA generativa como alternativa à supervisão de profissional no treino, ao passo que Gomes et al. (2026) concluem que o desempenho isolado de algoritmos não demonstrou benefício clínico, de modo que o SIGMUS adota a posição mais cautelosa, com IA auxiliar e revisão humana. Moura et al. (2026) tratam de mortalidade em adultos e usam desenho ecológico; o SIGMUS não replica o estudo nem pressupõe causalidade. Os textos de Freire (2025) e Romanazzi e Storino (2026) pertencem à educação e não discutem plataformas, razão pela qual sustentam apenas a previsão de espaços de diálogo. Santos et al. (2025) não relatam avaliação com usuários, e Storino (2025) é um relato de caso. Quando as leituras divergem em escala ou em método, a proposta não harmoniza os resultados: registra a divergência e adota a hipótese de menor risco.

Do ponto de vista ético, os dados de saúde são sensíveis nos termos da LGPD (art. 5º, II, e art. 11), e o tratamento exige base legal, finalidade determinada e minimização. O art. 13 admite o acesso de órgãos de pesquisa a bases para estudos em saúde pública, com anonimização ou pseudonimização sempre que possível; o art. 12 esclarece que dados anonimizados deixam de ser pessoais, salvo se o processo for reversível com esforço razoável. Por isso o painel territorial adota agregação mínima, supressão de células pequenas e controle de acesso por perfil, e o risco de reidentificação por cruzamento de bases deve ser tratado no relatório de impacto. A transparência algorítmica exige documentar variáveis, critérios e limites de cada modelo, testar vieses entre grupos e territórios (Obermeyer et al., 2019), versionar alterações e garantir revisão humana, em linha com o art. 20 da LGPD e com o NIST (2023). A participação, por fim, precisa de retorno visível; do contrário, permanece nos degraus inferiores da escada de Arnstein (1969).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo propôs o SIGMUS como plataforma municipal modular que integra saúde, vigilância socioambiental e promoção da cidadania, com acessibilidade, privacidade e auditoria como requisitos de origem. A pergunta de pesquisa foi respondida em nível conceitual: a proposta apresenta arquitetura, requisitos, fluxo decisório, arranjo de governança e matriz de indicadores que subordinam a tecnologia à integração de políticas e à redução de desigualdades territoriais. A contribuição é de desenho e não de evidência de efeito.

As limitações são claras. Não houve implementação, teste de usabilidade, consulta a gestores ou especialistas, nem avaliação em município real; as figuras usam conteúdos ilustrativos; a busca bibliográfica não seguiu protocolo sistemático; e a vigência de normas infralegais, como a versão do eMAG e as portarias da área de saúde, deve ser reconfirmada na implantação. Os estudos de referência vêm de contextos distintos e não permitem generalização para todos os municípios.

A agenda de pesquisa decorre dessas limitações. Cabe, em primeiro lugar, validar os requisitos e as telas com gestores, agentes públicos, cidadãos e conselhos municipais, por meio de método estruturado de consulta a especialistas e testes de usabilidade com grupos diversos. Em segundo lugar, construir um protótipo funcional de um módulo, preferencialmente o territorial, e avaliá-lo em piloto com os indicadores propostos, incluindo análise de risco de reidentificação. Em terceiro, estudar a calibração de modelos auxiliares quanto a vieses e explicabilidade, e comparar a viabilidade da implantação em municípios de portes distintos.

Referências Bibliográficas

Arnstein, S. R. (1969). A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institute of Planners*, 35(4), 216–224. https://doi.org/10.1080/01944366908977225

Barboza, D. V., & Acuña, M. P. (2026). Territórios contemporâneos, vulnerabilidades e capacidades institucionais: Uma agenda interdisciplinar de pesquisa. *LexCult: Revista Eletrônica de Direito e Humanidades*, 10(1), 9–33. https://doi.org/10.30749/2594-8261.v10n1p9-33

Barboza, D. V., & Winter, E. (2026). Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no combate à vulnerabilidade social. *Revista da Seção Judiciária do Rio de Janeiro – Auditorium*, 30(64), 236–252. https://doi.org/10.30749/2177-8337.v30n64p236-252

Brasil. (2011). Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto na Constituição Federal. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm

Brasil. (2015). Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm

Brasil. (2018). Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm

Brasil. (2021). Lei nº 14.129, de 29 de março de 2021. Dispõe sobre princípios, regras e instrumentos para o Governo Digital e para o aumento da eficiência pública. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14129.htm

Brooke, J. (1996). SUS: A “quick and dirty” usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.), Usability evaluation in industry (pp. 189–194). Taylor & Francis.

Conselho Nacional de Saúde. (2016). Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. https://www.gov.br/conselho-nacional-de-saude/pt-br/atos-normativos/resolucoes/2016/resolucao-no-510.pdf

Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2024). Resolução nº 506, de 5 de julho de 2024. Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação. https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-506-de-5-de-julho-de-2024-570885907

Crenshaw, K. (1991). Mapping the margins: Intersectionality, identity politics, and violence against women of color. *Stanford Law Review*, 43(6), 1241–1299. https://doi.org/10.2307/1229039

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. https://doi.org/10.2307/249008

DeLone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9–30. https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748

Franquini, K. F., Avelar, K. E. S., & Morais, A. dos S. (2025). Mecanismos de diversidade e inclusão em programas de empreendedorismo social. *Revista Pensamento Contemporâneo em Administração*, 19(1), 91–106. https://doi.org/10.12712/rpca.v19i1.66695

Gomes, R. L. V. B., Macedo, R. L. de, & Dusek, P. M. (2026). Tecnologias digitais na doença de Parkinson e evidências sobre a doença de Alzheimer: Revisão narrativa. *RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar*, 7(9), e799033. https://doi.org/10.47820/recima21.v7i9.9033

Gonçalves, D. A., Neves, A. C. M., Garrido, M. A. D., Barboza, D. V., & de Castro, T. R. (2025). Automação de baixo custo para gestão eficiente de sistemas de bombeamento: Desenvolvimento e validação de um controle sequencial. *Revista da Micro e Pequena Empresa*, 19(2), 79–93. https://doi.org/10.6034/rmpe.v19i2.2179

Gregor, S., & Hevner, A. R. (2013). Positioning and presenting design science research for maximum impact. *MIS Quarterly*, 37(2), 337–355. https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37.2.01

Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105. https://doi.org/10.2307/25148625

Marciano, R., Fogli, B., Marques, V., & Firmino, L. A. (2025). Lições para todos: A importância de um site acessível para deficientes visuais. *Revista Interinstitucional Artes de Educar*, 11(2), 209–217. https://doi.org/10.12957/riae.2025.85714

Mergel, I., Edelmann, N., & Haug, N. (2019). Defining digital transformation: Results from expert interviews. *Government Information Quarterly*, 36(4), 101385. https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002

Ministério da Saúde. (2021). Portaria GM/MS nº 1.768, de 30 de julho de 2021. Altera o Anexo XLII da Portaria de Consolidação GM/MS nº 2, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre a Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS). https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt1768_02_08_2021.html

Moraes, A. G. G., & Silva, C. A. F. da. (2024). Percepções de docentes, discentes e técnicos administrativos da UFRRJ relacionados à higiene durante e após a pandemia de COVID-19. *Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 13(1), 317–324. https://doi.org/10.21664/2238-8869.2024v13i1.p317-324

Morgenstern, H. (1995). Ecologic studies in epidemiology: Concepts, principles, and methods. Annual Review of Public Health, 16, 61–81. https://doi.org/10.1146/annurev.pu.16.050195.000425

Moura, P. H. de, Carvalho, L. D. G. de, Godoy, P. H., Salis, L. H. A., Paez, M. S., Alves, M. B., Maia, L. F. P. G., Santos, R. L. dos, & Silva, N. A. de S. e. (2026). Impacto da poluição do ar por MP2,5 na mortalidade por doenças do aparelho circulatório nos bairros do município do Rio de Janeiro (2000–2019). *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 123(1), e20250459. https://doi.org/10.36660/abc.20250459

National Institute of Standards and Technology. (2023). *Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0) (NIST AI 100-1).* U.S. Department of Commerce. https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1

Neves, A. C. M., Gonçalves, D. A., de Castro, T. R., Garrido, M. A. D., & Barboza, D. V. (2025). Arquitetura de software para eficiência energética: Uma revisão bibliométrica. *Revista da Micro e Pequena Empresa*, 19(1), 21–40. https://doi.org/10.6034/rmpe.v19i1.2163

Obermeyer, Z., Powers, B., Vogeli, C., & Mullainathan, S. (2019). Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*, 366(6464), 447–453. https://doi.org/10.1126/science.aax2342

Palopoli, F., Silva, C. F., Carvalho, M. G. P., Santos, R. M. dos, Mello, S. T. A. de, Carlos, A. S., Ferreira, V. M. da S., Boente, A. N. P., D'Durand, T. M. L., & Zanco, W. da S. (2026). CORUJÃO: Integrando saúde física no contexto universitário com tecnologia. *Periódicos Brasil. Pesquisa Científica*, 5(4), 461–487. https://doi.org/10.36557/2674-9432.2026v5n4p461-487

Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77. https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302

Robinson, W. S. (1950). Ecological correlations and the behavior of individuals. *American Sociological Review*, 15(3), 351–357. https://doi.org/10.2307/2087176

Romanazzi, C., & Storino, A. L. B. (2026). Roda de conversa e formação docente: Diálogos possíveis sobre gênero e sexualidade. *Linguagens, Educação e Sociedade*, 30(63). https://doi.org/10.26694/rles.v30i63.7518

Storino, A. L. B. (2025). Ignorância, redes sociais e a universidade (escola): O negacionismo e uma pseudo horizontalidade no debate. *Revista Interinstitucional Artes de Educar*, 11(2), 365–379. https://doi.org/10.12957/riae.2025.82824

Storino, A. L. B., Amaro, I., & Freire, C. R. (2025). Nimona, uma conversa possível sobre identidades, gênero, sexualidades e diferenças. *Revista Ética e Filosofia Política*, 1(28), 157–177. https://doi.org/10.34019/2448-2137.2025.46842

Sweeney, L. (2002). k-anonymity: A model for protecting privacy. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 10(5), 557–570. https://doi.org/10.1142/S0218488502001648

Vosoughi, S., Roy, D., & Aral, S. (2018). The spread of true and false news online. *Science*, 359(6380), 1146–1151. https://doi.org/10.1126/science.aap9559

World Health Organization. (2021*). WHO global air quality guidelines: Particulate matter* (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.

World Wide Web Consortium. (2023). *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) 2.2. https://www.w3.org/TR/WCAG22/

Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Geyer, C. (2019). Artificial intelligence and the public sector: Applications and challenges. *International Journal of Public Administration*, 42(7), 596–615. https://doi.org/10.1080/01900692.2018.1498103