

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS SOCIAIS E AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA SAÚDE PÚBLICA: Um panorama a
partir dos grupos de pesquisa do CNPq**

JEFERSON HIAGO SOUSA CRUZ

Bananeiras-Pb

Agosto 2026

JEFERSON HIAGO SOUSA CRUZ

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA SAÚDE PÚBLICA: Um panorama a partir dos grupos de pesquisa do CNPq

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Administração, pelo Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba / UFPB.

Docente Orientador: Dr. Danilo Raimundo de Arruda

Bananeiras-Pb

Agosto 2026

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C957ii Cruz, Jeferson Hiago Sousa.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA SAÚDE PÚBLICA: Um
panorama a partir dos grupos de pesquisa do CNPq /
Jeferson Hiago Sousa Cruz. - Bananeiras, 2026.
53 f. : il.

Orientação: Danilo Raimundo de Arruda Arruda.
TCC (Graduação) - UFPB/CCHSA.

1. Inteligência Artificial. 2. Saúde Pública. 3.
SUS. I. Arruda, Danilo Raimundo de. II. Título.

UFPB/CCHSA-BANANEIRAS

CDU 658 (042)

Folha de aprovação

Trabalho apresentado à banca examinadora como requisito parcial para a Conclusão de Curso do Bacharelado em Administração.

Aluno: JEFERSON HIAGO SOUSA CRUZ

Trabalho: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA SAÚDE PÚBLICA: Uma avaliação a partir dos grupos de pesquisa do CNPq

Data de aprovação: 17 de agosto de 2026

Banca examinadora

Documento assinado digitalmente
 **DANILO RAIMUNDO DE ARRUDA**
Data: 27/08/2026 08:56:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Danilo Raimundo de Arruda
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **CLEBER BRITO DE SOUZA**
Data: 27/08/2026 14:36:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Cleber Brito de Souza
(Examinador)

Documento assinado digitalmente
 **ACHILEM ESTEVAM DA SILVA**
Data: 27/08/2026 17:29:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Achilem Estevam Da Silva
(Examinadora)

Dedico este trabalho à minha esposa, ao meu filho e a todos meus familiares, os quais me dão força para buscar meus objetivos e realizá-los.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder força, saúde e sabedoria ao longo de toda esta jornada acadêmica.

Ao meu orientador, Dr. Danilo Raimundo de Arruda, pela paciência, pelas correções e pela dedicação exemplar na condução deste trabalho. Sua paixão pela pesquisa foi uma constante fonte de inspiração.

Aos professores do curso de Administração da UFPB, Dr. Cleber Brito de Souza e Dra. Achilem Estevam Da Silva que fizeram parte da banca examinadora e aos demais professores que compartilharam seus conhecimentos e contribuíram para a minha formação profissional e humana.

À minha esposa, ao meu filho e aos meus pais, pelo amor incondicional, pelos sacrifícios diários e por sempre priorizarem a minha educação. Sem vocês, nada disso seria possível.

Aos meus amigos de turma, pelas noites de estudo compartilhadas, pelas risadas e pelo apoio mútuo nas horas de cansaço.

A todos que, direta ou indiretamente, torceram por mim e contribuíram para a realização deste sonho, o meu sincero muito obrigado e que Deus os abençoe sempre.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 CONCEITOS E APLICAÇÕES DA IA NA SAÚDE PÚBLICA	12
2.2 BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO.....	13
3 METODOLOGIA.....	15
3.1 FONTE DE DADOS	15
3.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA E SELEÇÃO DOS DADOS	16
3.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1 DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DOS GRUPOS DE PESQUISA	19
4.2 PERFIL TEMPORAL DOS GRUPOS DE PESQUISA.....	20
4.3 DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS POR GRANDE ÁREA DO CONHECIMENTO	23
4.4 LINHAS DE PESQUISA E PRINCIPAIS TEMÁTICAS	28
4.5 RECURSOS HUMANOS DOS GRUPOS DE PESQUISA.....	29
4.6 A PARTICIPAÇÃO DO NORDESTE NA PESQUISA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SAÚDE.....	32
4.7 REPERCUSSÕES, REDES DE PESQUISA, PARCERIAS E RELAÇÃO COM O COMPLEXO ECONÔMICO-INDUSTRIAL DA SAÚDE.....	33
4.8 POTENCIALIDADES E DESAFIOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O SUS	35
4.9 PERSPECTIVAS PARA O USO DE IA EM SAÚDE: ASPECTOS DO DEBATE	37
4.10 SÍNTESE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
5.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	42
5.2 PERSPECTIVAS DE AVANÇOS E PESQUISAS FUTURAS.....	43
REFERÊNCIAS.....	44

*“O futuro da medicina une a mente
humana e a inteligência artificial.”*
Eric Topol

RESUMO

A Inteligência Artificial (IA) vem ampliando sua presença no campo da saúde, apresentando possibilidades de aplicação na gestão, no apoio à decisão, na análise de dados, na assistência e na organização dos serviços públicos. Este trabalho teve como objetivo analisar os potenciais, desafios e perspectivas da aplicação da Inteligência Artificial na saúde pública brasileira, com ênfase no Sistema Único de Saúde (SUS) e na realidade da região Nordeste. Trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva, de abordagem qualitativa e quantitativa, desenvolvida a partir de dados do Diretório dos Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (DGP/CNPq). Foram analisados 97 grupos de pesquisa relacionados à Inteligência Artificial, saúde digital, informática em saúde e tecnologias aplicadas à saúde, considerando sua distribuição regional, período de formação, áreas do conhecimento, linhas de pesquisa e recursos humanos. Os resultados demonstraram que o Nordeste concentrou 31 grupos, correspondentes a 32,0% da base analisada, destacando-se Ceará, Alagoas e Paraíba. Observou-se também que 49 grupos foram formados entre 2023 e 2026 e que as Ciências da Saúde representaram 70,1% dos grupos analisados. Os grupos reuniram 901 pesquisadores e 1.112 estudantes, evidenciando significativa capacidade de formação de recursos humanos. As linhas de pesquisa apresentaram diversidade temática, abrangendo Inteligência Artificial, aprendizado de máquina, saúde digital, ciência de dados, telessaúde, diagnóstico, gestão, organização do cuidado e tecnologias assistivas. Conclui-se que existe uma estrutura científica diversificada e em expansão relacionada à IA e à saúde, com participação relevante do Nordeste. Entretanto, a transformação dessa capacidade científica em benefícios concretos para o SUS depende de investimentos, infraestrutura tecnológica, qualidade e governança dos dados, capacitação profissional, cooperação institucional, segurança, equidade e mecanismos de transferência e incorporação tecnológica.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Saúde Pública; Sistema Único de Saúde; Saúde Digital e Nordeste.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição dos grupos de pesquisa por região brasileira.....	19
Gráfico 2 – Distribuição dos grupos de pesquisa do Nordeste por unidade federativa.....	20
Gráfico 3 – Distribuição dos grupos segundo o ano de formação.....	21
Gráfico 4 – Distribuição dos grupos por período de formação.	22
Gráfico 5 – Distribuição dos grupos por grande área do conhecimento.	24
Gráfico 6 – Principais áreas específicas dos grupos de pesquisa.....	27
Gráfico 7 – Distribuição das linhas de pesquisa registradas nos grupos.....	28
Gráfico 8 – Distribuição dos pesquisadores segundo nível de formação.....	30
Gráfico 9 – Estudantes segundo nível de formação.....	31
Gráfico 10 – Informações complementares registradas na Plan2.....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais perspectivas da Inteligência Artificial (IA) na saúde a partir de notícias e publicações.

LISTA DE SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CEIS – Complexo Econômico-Industrial da Saúde

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

DGP – Diretório dos Grupos de Pesquisa

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz

IA – Inteligência Artificial

INCT – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia

LGPD – Lei Geral de Proteção de Dados

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

OMS – Organização Mundial da Saúde

RNDS – Rede Nacional de Dados em Saúde

SUS – Sistema Único de Saúde

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

1 INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) vem se consolidando como uma tecnologia estratégica para a transformação dos sistemas de saúde em diferentes países. Segundo Russell e Norvig (2021), a IA compreende sistemas capazes de perceber o ambiente, aprender com dados e tomar decisões de maneira racional para atingir objetivos específicos. Na área da saúde, suas aplicações abrangem diferentes atividades, incluindo apoio ao diagnóstico clínico, triagem de pacientes, vigilância epidemiológica, análise de dados, gestão de serviços e otimização de recursos (TOPOL, 2019).

No contexto brasileiro, o Sistema Único de Saúde (SUS) enfrenta desafios relacionados às desigualdades regionais de acesso, à sobrecarga dos serviços, à necessidade de qualificação profissional e à gestão de recursos. Nesse cenário, a utilização de tecnologias digitais e de ferramentas baseadas em Inteligência Artificial apresenta possibilidades de apoio à gestão, ao planejamento, à assistência e à tomada de decisão. Para Mendes (2011), a organização das redes de atenção à saúde é fundamental para ampliar a eficiência do SUS, sendo as tecnologias importantes instrumentos para qualificar a gestão e a assistência.

Entretanto, a utilização da IA na saúde pública também envolve desafios éticos, técnicos e sociais. Questões relacionadas à proteção de dados, à privacidade, aos vieses algorítmicos, à transparência, à segurança dos sistemas, à inclusão digital e à capacitação profissional precisam ser consideradas para que a incorporação dessas tecnologias não contribua para ampliar desigualdades existentes. A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021) destaca a necessidade de que o desenvolvimento e a utilização da IA na saúde estejam fundamentados em princípios como transparência, responsabilidade, segurança, equidade e proteção dos direitos humanos.

A discussão sobre IA na saúde também está relacionada ao desenvolvimento científico e tecnológico do país. Nesse sentido, o Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS) constitui uma perspectiva importante para compreender a articulação entre produção de bens e serviços de saúde, pesquisa, inovação, desenvolvimento tecnológico e políticas públicas. A incorporação de tecnologias de fronteira, como a IA, não representa apenas uma possibilidade de modernização dos serviços, mas também envolve a capacidade nacional de produzir conhecimento, formar recursos humanos, desenvolver tecnologias e reduzir vulnerabilidades científicas e tecnológicas. (GADELHA; COSTA, 2012; BRASIL, 2023).

No Brasil, a expansão das tecnologias digitais na saúde ocorre de forma gradual e desigual. Dados da pesquisa TIC Saúde 2024 indicam que profissionais de saúde já utilizam recursos de Inteligência Artificial em atividades relacionadas à pesquisa, elaboração de documentos e automação de fluxos de trabalho, embora a utilização institucionalizada dessas tecnologias ainda seja limitada (CGI.br, 2024). Esse cenário demonstra que o potencial da IA para contribuir com a eficiência e a qualidade dos serviços de saúde depende também de infraestrutura tecnológica, capacitação profissional, governança de dados, regulamentação e condições adequadas de incorporação.

Além da análise das aplicações da IA nos serviços de saúde, torna-se necessário compreender a capacidade científica existente para produzir conhecimentos relacionados a essas tecnologias. Os grupos de pesquisa constituem espaços relevantes de produção científica, formação de pesquisadores, desenvolvimento tecnológico e articulação entre instituições. Nesse contexto, o Diretório dos Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (DGP/CNPq) constitui uma fonte importante para identificar e caracterizar grupos que desenvolvem pesquisas relacionadas à Inteligência Artificial, à saúde digital, à informática em saúde e às tecnologias aplicadas à saúde.

A análise dessa estrutura científica também permite considerar as desigualdades territoriais existentes no Brasil. A distribuição dos grupos de pesquisa entre as regiões pode revelar diferentes níveis de concentração da capacidade científica e tecnológica, tornando especialmente relevante observar a participação do Nordeste. A região apresenta particularidades sociais, econômicas e sanitárias que justificam a necessidade de compreender como sua produção científica relacionada à IA e à saúde está estruturada e quais possibilidades essa capacidade pode representar para o desenvolvimento de conhecimentos e tecnologias aplicáveis às necessidades do SUS.

Dessa forma, conhecer a estrutura dos grupos de pesquisa relacionados à Inteligência Artificial e à saúde pode contribuir para compreender a capacidade científica existente no país, identificar tendências de pesquisa, observar a participação das diferentes regiões e discutir condições que podem favorecer ou dificultar a transformação do conhecimento científico em soluções aplicáveis à saúde pública. No caso do Nordeste, essa análise permite ainda identificar a presença e a distribuição dos grupos entre os estados, contribuindo para uma compreensão mais específica da estrutura científica regional.

Diante desse contexto, surge a necessidade de compreender como está estruturada a produção científica relacionada à Inteligência Artificial e à saúde pública no Brasil e qual é a participação da região Nordeste nesse cenário. Considerando a relevância dos grupos de pesquisa elencados no Diretório de Pesquisa do CNPq para a produção de conhecimento, a formação de recursos humanos e o desenvolvimento científico e tecnológico, esta pesquisa parte do seguinte problema:

Qual é o panorama dos grupos de pesquisa relacionados à Inteligência Artificial e o desenvolvimento de ações voltadas para à saúde pública no Brasil, considerando potencialidades, desafios e perspectivas para o fortalecimento do Sistema Único de Saúde (SUS), com ênfase na região Nordeste?

A partir desse problema, o estudo tem como objetivo geral analisar o panorama dos grupos de pesquisa relacionados à Inteligência Artificial e à saúde pública no Brasil, a partir dos dados do DGP/CNPq, com ênfase nas potencialidades, desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde (SUS) na região Nordeste.

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar os principais conceitos e aplicações da Inteligência Artificial relacionados à saúde pública; mapear os grupos de pesquisa relacionados à Inteligência Artificial, à saúde digital, à informática em saúde e às tecnologias aplicadas à saúde no DGP/CNPq; caracterizar os grupos de pesquisa quanto à distribuição regional e temporal, às áreas do conhecimento, às linhas de pesquisa e aos recursos humanos; avaliar a participação da região Nordeste na estrutura científica relacionada à Inteligência Artificial e à saúde; discutir as potencialidades, os desafios e as perspectivas da Inteligência Artificial para o fortalecimento do Sistema Único de Saúde (SUS), a partir dos resultados encontrados e da literatura analisada.

Além desta introdução, o trabalho está estruturado em cinco capítulos. O segundo capítulo apresenta os objetivos geral e específicos da pesquisa. O segundo contempla o referencial teórico, abordando os conceitos de Inteligência Artificial na saúde, suas aplicações, benefícios e desafios, bem como sua relação com o Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS). O terceiro capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para a realização da pesquisa. O quarto capítulo reúne os resultados e a discussão, contemplando a distribuição regional e temporal dos grupos, as áreas do conhecimento, as linhas de pesquisa, os recursos humanos, a

participação da região Nordeste, as redes e parcerias e as potencialidades, desafios e perspectivas relacionados à Inteligência Artificial e à saúde. Por fim, o quinto capítulo apresenta as considerações finais, retomando os principais resultados, as limitações da pesquisa e as perspectivas para estudos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEITOS E APLICAÇÕES DA IA NA SAÚDE PÚBLICA

A Inteligência Artificial (IA) é definida como um conjunto de técnicas computacionais capazes de simular a capacidade humana de raciocínio, aprendizagem e tomada de decisão (CHITUMBA; MAIATO, 2022). No campo da saúde, a IA engloba aplicações que vão desde o reconhecimento de padrões em exames de imagem até sistemas de apoio à decisão clínica e à gestão hospitalar. Segundo Alonso, Barbalho e Bittencourt (2022), a IA pode auxiliar gestores de saúde ao processar grandes volumes de dados e transformá-los em informações estratégicas para o planejamento e monitoramento de políticas públicas.

O avanço dessas tecnologias insere-se no contexto da Saúde Digital, conceito mais amplo que envolve a integração de telessaúde, *big data*, Internet das Coisas e mídias digitais. Para Haddad e Lima (2024), a Saúde Digital no Sistema Único de Saúde (SUS) deve ser compreendida como política pública estratégica, pois além de melhorar a resolutividade das ações, promove a continuidade do cuidado e fortalece a integralidade do sistema.

As aplicações práticas da IA no SUS já podem ser observadas em áreas como triagem de pacientes, diagnósticos precoces e vigilância epidemiológica. Alves, Terazima e Lima (2025) destacam que algoritmos de aprendizagem profunda aplicados a exames de imagem atingem taxas de acurácia superiores a métodos convencionais, o que contribui para diagnósticos mais rápidos e assertivos. Além disso, sistemas inteligentes têm auxiliado na previsão de demanda por leitos e na redução do tempo de espera em hospitais públicos.

No Brasil, iniciativas como o Conecte SUS e o e-SUS Atenção Básica representam marcos da informatização da saúde, permitindo a unificação de dados clínicos e a ampliação da telessaúde (LEMES; LEMOS, 2020). Na esfera militar, o Projeto EB Saúde também ilustra como a IA pode ser utilizada na otimização de recursos humanos e financeiros. Tais iniciativas convergem para a construção da Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS), que busca integrar informações de usuários em nível nacional.

2.2 BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO

Entre os principais benefícios da IA na saúde pública destacam-se a otimização de fluxos de trabalho, a redução de filas de espera, a antecipação de demandas e o apoio às decisões clínicas com maior precisão (ALVES; TERAZIMA; LIMA, 2025). Estudos internacionais mostram ainda que sistemas de IA podem auxiliar na previsão de surtos epidemiológicos e na distribuição mais eficiente de recursos, como observado durante a pandemia de COVID-19 (ALONSO; BARBALHO; BITTENCOURT, 2022).

Outro benefício relevante é a possibilidade de ampliar o acesso em regiões remotas. Ferramentas de telemedicina associadas à IA permitem que comunidades com escassez de especialistas recebam atendimento mediado por tecnologia, reduzindo desigualdades territoriais (LEMES; LEMOS, 2020).

Apesar dos potenciais, a adoção da IA levanta desafios significativos. A manipulação de grandes volumes de dados sensíveis impõe a necessidade de forte governança em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) (HADDAD; LIMA, 2024). Questões como viés algorítmico, transparência e *accountability* são centrais para que a tecnologia não reproduza desigualdades já existentes no SUS (CHITUMBA; MAIATO, 2022).

Outro desafio diz respeito à infraestrutura tecnológica limitada em muitas regiões do país. Alves, Terazima e Lima (2025) ressaltam que a desigualdade no acesso a equipamentos e conectividade pode aprofundar disparidades, restringindo os benefícios da IA a centros urbanos mais estruturados. Além disso, a resistência de profissionais de saúde à adoção de novas ferramentas e a necessidade de capacitação contínua configuram barreiras para sua implementação (LEMES; LEMOS, 2020).

2.3 A IA NO CONTEXTO DO COMPLEXO ECONÔMICO-INDUSTRIAL DA SAÚDE (CEIS)

O entendimento da incorporação da Inteligência Artificial (IA) à saúde pública brasileira exige, inicialmente, a compreensão do Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS), conceito desenvolvido por Gadelha (2003; 2021) para evidenciar que a saúde deve ser compreendida não apenas como um direito social, mas também como um setor estratégico para o desenvolvimento econômico, científico e tecnológico do país. Nessa perspectiva, o sistema de

saúde articula atividades de produção, inovação, pesquisa, assistência e regulação, constituindo uma rede dinâmica na qual diferentes atores públicos e privados interagem continuamente.

Segundo Gadelha (2021), o CEIS organiza-se em três grandes subsistemas interdependentes. O primeiro corresponde ao subsistema de base química e biotecnológica, composto pelas indústrias farmacêutica, farmoquímica, de vacinas, hemoderivados, biofármacos e demais produtos biotecnológicos. O segundo é o subsistema de base mecânica, eletrônica e de materiais, responsável pela produção de equipamentos médico-hospitalares, dispositivos médicos, tecnologias de diagnóstico por imagem, equipamentos laboratoriais, *softwares* clínicos e tecnologias digitais em saúde. O terceiro compreende o subsistema de serviços de saúde, formado pela rede assistencial pública e privada, hospitais, unidades básicas de saúde, laboratórios, clínicas, centros de pesquisa e instituições responsáveis pela prestação direta dos serviços à população. Esses três segmentos são interdependentes, pois os avanços científicos e tecnológicos desenvolvidos na indústria dependem da demanda e da validação dos serviços de saúde, ao mesmo tempo em que os serviços necessitam da inovação produzida pelo setor industrial.

A dinâmica do CEIS envolve uma ampla diversidade de atores institucionais. Entre eles destacam-se o Ministério da Saúde, responsável pela formulação das políticas públicas e pelo financiamento do Sistema Único de Saúde (SUS); o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), que fomenta a pesquisa científica; a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), encarregada da regulação sanitária de medicamentos, equipamentos e tecnologias; a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), referência nacional em pesquisa, inovação e produção de imunobiológicos; o Instituto Butantan, protagonista na produção de vacinas e soros; universidades públicas e institutos de pesquisa; empresas farmacêuticas e de tecnologia; *startups* de saúde (*healthtechs*); hospitais públicos e privados; além de agências de fomento, como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). A interação entre esses agentes constitui um ecossistema de inovação voltado ao fortalecimento da capacidade científica, tecnológica e produtiva do país (GADELHA, 2021).

Sob essa perspectiva, o CEIS caracteriza-se por integrar políticas de saúde, política industrial, desenvolvimento científico e inovação tecnológica. Conforme Gadelha *et al.* (2012), a saúde deixa de ser percebida exclusivamente como um setor de consumo e passa a representar um eixo estratégico para a geração de empregos qualificados, desenvolvimento industrial,

fortalecimento da capacidade produtiva nacional e redução da dependência de tecnologias importadas. Essa visão torna-se particularmente relevante diante das vulnerabilidades evidenciadas pela pandemia de COVID-19, que revelou a necessidade de ampliar a autonomia nacional na produção de medicamentos, vacinas, equipamentos e tecnologias em saúde.

Nesse contexto, a Inteligência Artificial insere-se como uma tecnologia transversal capaz de fortalecer todos os segmentos do CEIS. Na indústria farmacêutica, pode acelerar a descoberta e o desenvolvimento de novos medicamentos; na produção de equipamentos médico-hospitalares, impulsiona dispositivos inteligentes e sistemas de apoio à decisão clínica; e, nos serviços de saúde, contribui para o diagnóstico precoce, medicina personalizada, gestão hospitalar, telemedicina, vigilância epidemiológica e planejamento de políticas públicas baseadas em dados. Dessa forma, a IA não representa apenas uma inovação tecnológica isolada, mas um elemento estruturante da transformação digital do Complexo Econômico-Industrial da Saúde, ampliando sua capacidade de inovação, competitividade e sustentabilidade.

3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória e descritiva, de abordagem qualitativa e quantitativa, voltada à análise do cenário da Inteligência Artificial (IA) aplicada à saúde pública brasileira. A pesquisa é exploratória por investigar um campo em constante expansão, buscando identificar como a produção científica sobre IA aplicada à saúde está organizada no país. O caráter descritivo consiste em caracterizar os grupos de pesquisa identificados, considerando aspectos como sua distribuição geográfica, área de conhecimento, instituição de vínculo e linhas de pesquisa.

A abordagem quantitativa permitirá analisar a distribuição e as características dos grupos de pesquisa, enquanto a abordagem qualitativa possibilita compreender as principais áreas de atuação e aplicações da IA na saúde. Dessa forma, pretende-se mapear tanto os grupos pertencentes às Ciências da Saúde quanto aqueles de outras áreas do conhecimento que desenvolvem pesquisas com aplicação da Inteligência Artificial no contexto da saúde.

3.1 FONTE DE DADOS

A principal fonte de dados utilizada foi o Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (DGP/CNPq), que reúne informações sobre grupos de pesquisa em atividade no país e disponibiliza dados referentes às

instituições, pesquisadores, áreas do conhecimento, linhas de pesquisa e outras características dos grupos cadastrados.

A escolha do DGP/CNPq como fonte de dados está relacionada à sua capacidade de possibilitar a identificação e a caracterização dos grupos de pesquisa distribuídos nas diferentes regiões brasileiras, permitindo analisar a organização da pesquisa científica relacionada à Inteligência Artificial e à saúde pública.

3.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA E SELEÇÃO DOS DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio de buscas parametrizadas no DGP/CNPq, utilizando os seguintes descritores: “inteligência artificial”, “saúde pública”, “Sistema Único de Saúde (SUS)”, “saúde digital”, “informática em saúde” e “tecnologia em saúde”. Os descritores foram definidos com o propósito de ampliar a identificação de grupos de pesquisa relacionados à Inteligência Artificial e à saúde pública, contemplando também temáticas associadas à transformação digital e à utilização de tecnologias no campo da saúde.

Após a realização das buscas, os grupos identificados foram analisados quanto à sua pertinência em relação ao objeto da pesquisa. A seleção considerou as informações disponíveis sobre as áreas de atuação e as linhas de pesquisa, buscando identificar grupos que desenvolvessem pesquisas relacionadas à Inteligência Artificial, à saúde pública ou a tecnologias aplicadas à saúde.

Foram considerados grupos vinculados a instituições de todas as regiões brasileiras, permitindo a construção de um panorama nacional e a realização de comparações entre as regiões. A região Nordeste recebeu atenção específica na análise, considerando sua participação no conjunto nacional de grupos identificados.

Foram adotados os seguintes critérios de seleção: (1) Situação dos grupos: grupos certificados pelas respectivas instituições e atualizados a partir do Censo 2023 do DGP/CNPq; (2) Pertinência temática: grupos cujas áreas de atuação ou linhas de pesquisa apresentassem relação com Inteligência Artificial, saúde pública, Sistema Único de Saúde, saúde digital, informática em saúde ou tecnologias aplicadas à saúde; (3) Área do conhecimento: grupos vinculados às Ciências da Saúde, Engenharias, Ciências da Computação e áreas correlatas, desde que apresentassem relação com o objeto da pesquisa; (4) Abrangência regional: grupos localizados em todas as regiões brasileiras, possibilitando a análise comparativa do cenário

nacional, com atenção especial à região Nordeste. Após a aplicação dos critérios estabelecidos e a análise da pertinência temática dos grupos encontrados, foi constituída a base final da pesquisa, composta por 97 grupos de pesquisa.

3.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados dos grupos selecionados foram organizados em planilhas eletrônicas, permitindo a padronização, conferência e sistematização das informações obtidas no DGP/CNPq. Foram analisadas variáveis como nome do grupo de pesquisa, ano de formação, instituição de vínculo, unidade da Federação, região, grande área do conhecimento, área específica, linhas de pesquisa e composição dos grupos segundo pesquisadores, estudantes e seus respectivos níveis de formação, conforme as informações disponíveis na base consultada.

O tratamento dos dados foi realizado de forma descritiva, utilizando frequências absolutas e relativas para identificar a distribuição dos grupos segundo as diferentes variáveis analisadas. A análise quantitativa permitiu caracterizar a distribuição dos grupos de pesquisa no território brasileiro, destacando as diferenças entre as regiões e unidades da Federação. Também possibilitou identificar a participação da região Nordeste no conjunto da base analisada.

A análise qualitativa foi realizada a partir da interpretação das áreas de conhecimento e das linhas de pesquisa dos grupos selecionados. Essa etapa possibilitou identificar as principais temáticas associadas à Inteligência Artificial e à saúde pública e discutir suas possíveis contribuições, desafios e perspectivas no contexto da transformação digital da saúde.

Os resultados foram apresentados por meio de tabelas e gráficos, buscando facilitar a visualização e a comparação das informações e contribuir para a construção de um panorama da pesquisa relacionada à Inteligência Artificial e à saúde pública no Brasil.

3.4 LIMITAÇÕES DA ANÁLISE

A principal limitação da pesquisa está relacionada à natureza da base analisada, composta por 97 grupos de pesquisa selecionados do DGP/CNPq, não representando, portanto, o universo completo de grupos existentes. Também foram identificadas inconsistências no preenchimento de alguns campos, especialmente nas unidades federativas, sendo necessária a padronização dos dados para a análise regional.

Foram observadas ainda diferenças entre as abas da planilha e ausência de informações completas sobre algumas linhas de pesquisa, parcerias e redes de colaboração. Essas situações foram mantidas conforme os registros disponíveis, sem inferir informações não presentes na base.

A análise temática das linhas de pesquisa possui caráter interpretativo, podendo uma mesma linha apresentar mais de uma temática. Além disso, a presença de pesquisas relacionadas à Inteligência Artificial ou à saúde não permite afirmar que as tecnologias desenvolvidas estejam efetivamente implementadas no SUS.

Apesar dessas limitações, a base analisada possibilitou identificar tendências relevantes quanto à distribuição regional, áreas do conhecimento, formação dos grupos, perfil dos pesquisadores e diversidade das temáticas relacionadas à Inteligência Artificial e à saúde.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados obtidos a partir do Diretório dos Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (DGP/CNPq) possibilitou caracterizar grupos de pesquisa relacionados à Inteligência Artificial (IA), à saúde digital, à informática em saúde, às tecnologias em saúde e a áreas correlatas. A base utilizada nesta etapa da pesquisa foi organizada em planilha própria, contendo informações referentes aos grupos de pesquisa, ano de formação, lideranças, grande área do conhecimento, área específica, instituição, unidade federativa, linhas de pesquisa e recursos humanos.

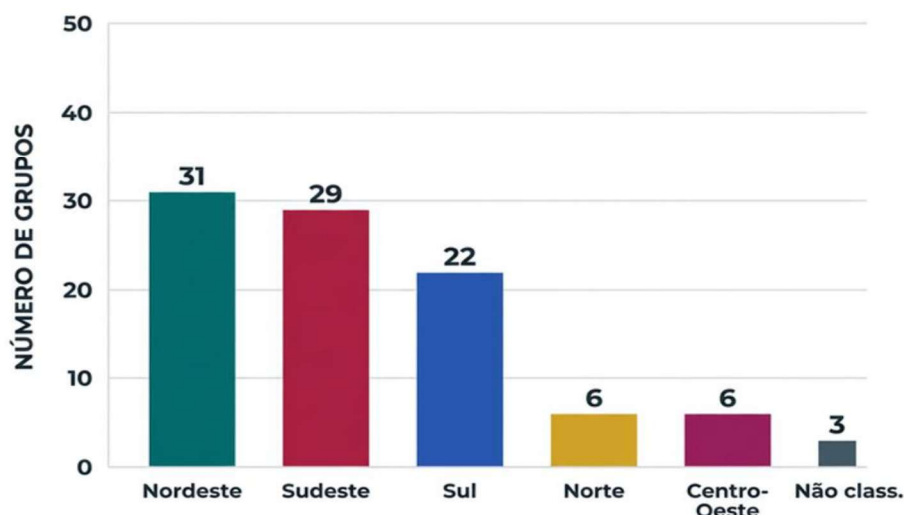
A base principal, denominada “Grupos por Área”, reúne 97 grupos de pesquisa. A partir desses registros, foram analisadas a distribuição regional, a evolução temporal dos grupos, as áreas do conhecimento, as linhas de pesquisa e a composição dos recursos humanos. Também foi analisada a aba “Plan2”, que reúne informações complementares sobre repercussões, redes de pesquisa, instituições parceiras e Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs).

Os resultados apresentados a seguir permitem identificar características da produção científica relacionada às temáticas investigadas, com especial atenção à participação da região Nordeste. Ressalta-se que os dados representam a base selecionada para esta pesquisa e, portanto, não devem ser interpretados como um levantamento censitário de todos os grupos de pesquisa existentes no Brasil.

4.1 DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DOS GRUPOS DE PESQUISA

A distribuição dos 97 grupos de pesquisa segundo as regiões brasileiras demonstra maior concentração de registros no Nordeste. Após a padronização das siglas das unidades federativas presentes na planilha, foram identificados 31 grupos na região Nordeste, correspondentes a 32,0% do total analisado. O Sudeste apresenta 29 grupos (29,9%), o Sul reúne 22 grupos (22,7%), enquanto o Norte e o Centro-Oeste apresentam 6 grupos cada, correspondentes a 6,2% da base, respectivamente. Três registros não puderam ser classificados regionalmente, devido à ausência ou inconsistência da informação referente à unidade federativa.

Gráfico 1 – Distribuição regional dos grupos de pesquisa relacionados à inteligência artificial e à saúde no Brasil



Fonte: Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq (2026).

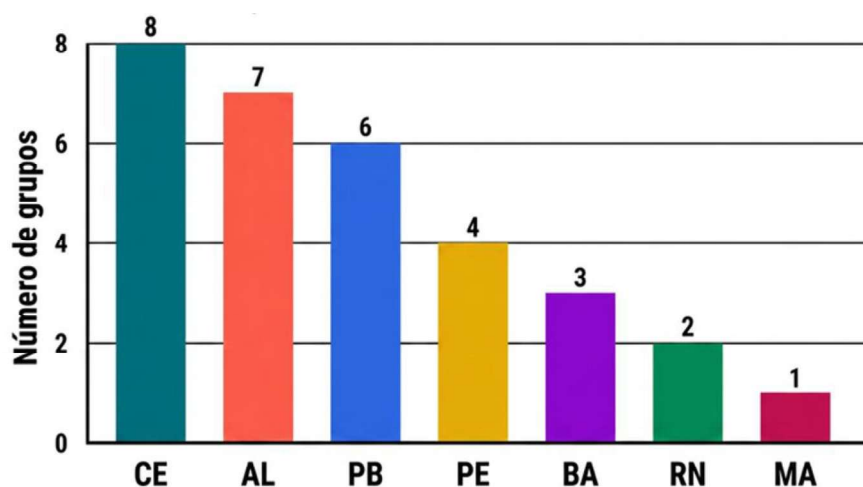
A predominância do Nordeste dentro da base analisada constitui um resultado relevante para o objetivo desta pesquisa, que busca compreender a produção científica relacionada à Inteligência Artificial e à saúde com ênfase na realidade nordestina. O resultado demonstra que, entre os grupos selecionados, existe uma participação expressiva de instituições localizadas na região.

Entretanto, a interpretação desse resultado deve ser realizada com cautela. O fato de o Nordeste apresentar a maior quantidade de grupos na base não permite afirmar que a região seja, necessariamente, a maior produtora de conhecimento científico sobre IA e saúde em todo o território nacional. A pesquisa trabalhou com uma base selecionada de 97 grupos, e não com a

totalidade dos grupos existentes no DGP/CNPq. Dessa maneira, o resultado representa a concentração regional encontrada no conjunto analisado.

Considerando a unidade federativa registrada na planilha e realizando a padronização das diferentes formas de preenchimento das siglas, o Ceará apresenta 8 grupos, Alagoas 7, Paraíba 6, Pernambuco 4, Bahia 3, Rio Grande do Norte 2 e Maranhão 1. Não foram identificados grupos atribuídos ao Piauí ou a Sergipe na base analisada.

Gráfico 2 – Distribuição dos grupos de pesquisa do Nordeste por unidade federativa



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq (2026).

A distribuição demonstra que o Ceará apresenta a maior quantidade de registros entre os estados nordestinos analisados, seguido por Alagoas e Paraíba. A presença de grupos em diferentes estados demonstra que a pesquisa relacionada às temáticas investigadas não está concentrada em apenas um polo regional, embora existam diferenças na quantidade de grupos entre as unidades federativas.

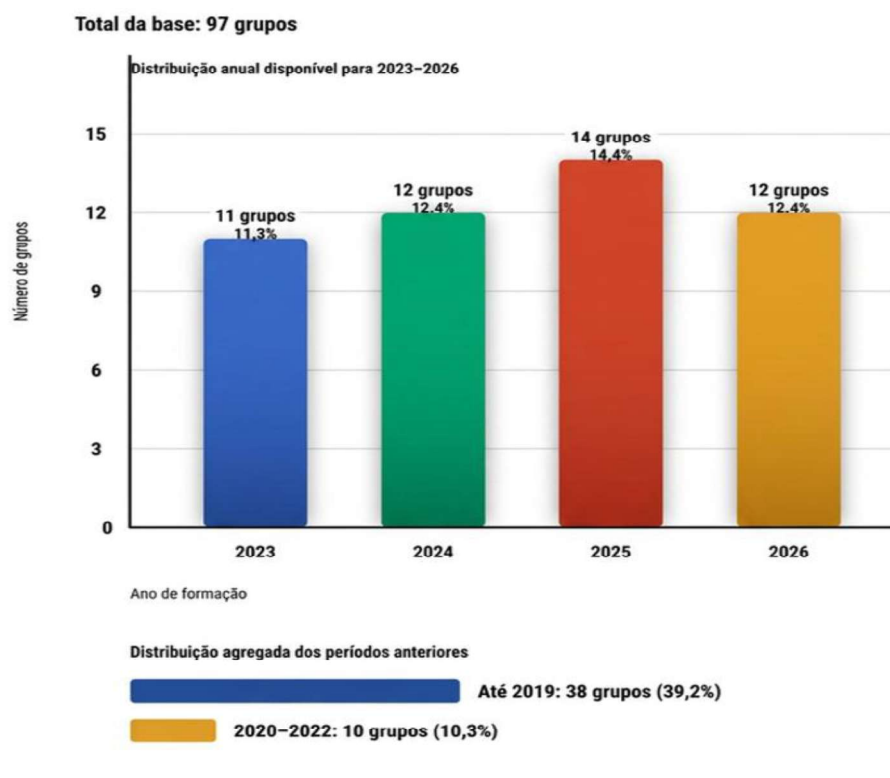
Mesmo com essas limitações, a presença de 31 grupos no Nordeste demonstra que a região possui participação relevante na estrutura científica relacionada às temáticas investigadas. Esse resultado constitui uma base para a análise mais específica dos grupos nordestinos e de sua possível contribuição para o desenvolvimento de conhecimentos e tecnologias aplicáveis à saúde.

4.2 PERFIL TEMPORAL DOS GRUPOS DE PESQUISA

A análise do ano de formação dos grupos demonstra uma concentração expressiva de registros nos anos mais recentes. Dos 97 grupos analisados, 49 foram formados entre 2023 e

2026, correspondendo a 50,5% da base. Quando considerados os grupos formados entre 2024 e 2026, são identificados 38 registros, equivalentes a 39,2% do total. O ano de 2025 apresenta a maior quantidade de novos grupos, com 14 registros, seguido pelos anos de 2024 e 2026, com 12 grupos cada. Em 2023 foram identificados 11 grupos.

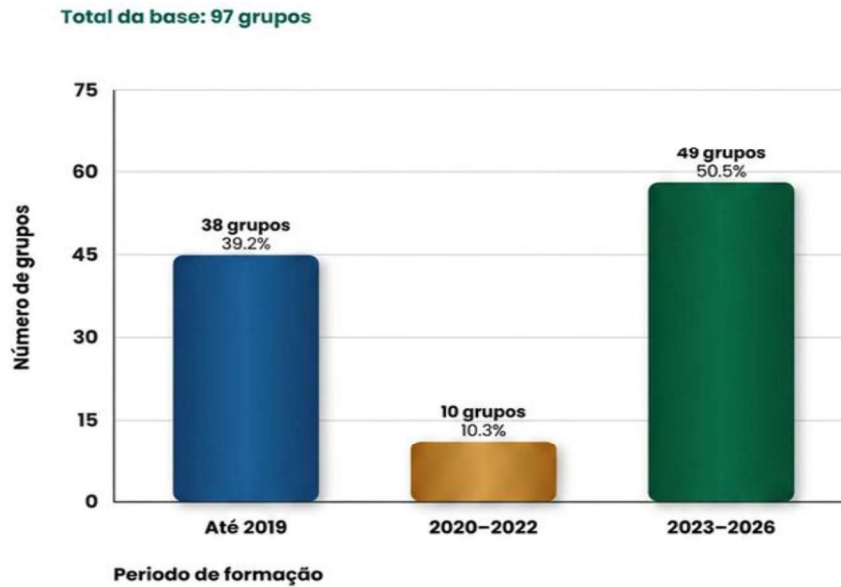
Gráfico 3 – Distribuição dos grupos segundo o ano de formação.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq (2026).

A distribuição temporal completa demonstra que 38 grupos foram formados até 2019, 10 entre 2020 e 2022 e 49 entre 2023 e 2026. Os grupos mais antigos identificados na base foram formados em 1990, 1997 e 1999.

Gráfico 4 – Distribuição dos grupos por período de formação.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq (2026).

Os resultados evidenciam que a formação recente de grupos de pesquisa ocorre em um contexto de expansão das tecnologias digitais, da ciência de dados, da informática em saúde e da Inteligência Artificial. Essa tendência pode ser compreendida à luz da discussão de Haddad e Lima (2024), que apresentam a transformação digital em saúde como um processo que envolve mudanças na organização dos serviços, utilização de tecnologias e ampliação da capacidade de produção e utilização de informações. Dessa forma, a expansão recente das pesquisas identificadas pode ser interpretada como parte de um movimento mais amplo de transformação tecnológica no campo da saúde.

A existência de grupos com trajetória mais antiga, por sua vez, demonstra que a atual expansão das pesquisas relacionadas à Inteligência Artificial não ocorre de forma isolada. Ela está apoiada em campos científicos que possuem desenvolvimento anterior, como informática, engenharia biomédica, ciência da informação, medicina e saúde coletiva. Essa característica é importante porque evidencia um processo de aproximação entre conhecimentos previamente consolidados e novas possibilidades tecnológicas.

Nesse sentido, Russell e Norvig (2021) apresentam a Inteligência Artificial como um campo relacionado ao desenvolvimento de sistemas capazes de realizar tarefas associadas à percepção, aprendizagem, raciocínio e tomada de decisão. A aplicação desses recursos à saúde depende, entretanto, da articulação com conhecimentos específicos do setor, o que ajuda a

explicar a aproximação progressiva entre áreas tecnológicas e áreas diretamente relacionadas à saúde.

A concentração de novos grupos nos anos recentes também ocorre em um cenário de ampliação das discussões sobre Saúde Digital, utilização de dados, telessaúde e inovação no SUS. Haddad e Lima (2024) destacam que a transformação digital da saúde não deve ser compreendida apenas como incorporação de equipamentos ou sistemas, mas como um processo que envolve mudanças nas práticas, na organização dos serviços e na utilização das informações. Sob essa perspectiva, a expansão das pesquisas relacionadas à IA pode ser entendida como parte de uma agenda científica voltada à construção de novas possibilidades para o setor saúde.

Essa interpretação também dialoga com Topol (2019), que identifica na Inteligência Artificial possibilidades de apoio aos profissionais de saúde, especialmente por meio da análise de informações, auxílio à tomada de decisões e ampliação das capacidades relacionadas ao cuidado. Assim, o crescimento recente das pesquisas pode estar associado ao interesse científico pelas possibilidades de utilização da IA em diferentes etapas da atenção e da gestão em saúde.

Entretanto, os dados da pesquisa não permitem estabelecer uma relação causal entre a formação dos grupos e políticas específicas de Saúde Digital. A concentração temporal observada deve, portanto, ser interpretada como uma tendência identificada na base selecionada, e não como evidência de que determinada política pública tenha provocado diretamente a criação desses grupos.

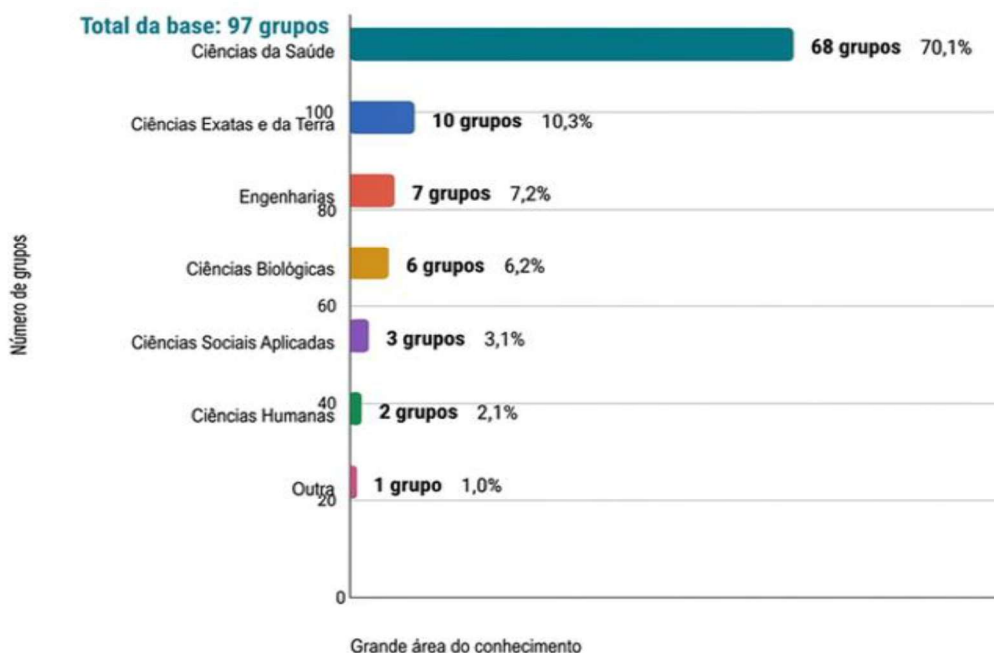
Desse modo, o perfil temporal encontrado sugere um processo de fortalecimento recente da estrutura formal de pesquisa relacionada à Inteligência Artificial, à saúde digital e às tecnologias aplicadas à saúde. A literatura analisada permite compreender esse movimento como parte de uma transformação científica e tecnológica mais ampla, na qual conhecimentos previamente consolidados passam a dialogar com novas possibilidades de utilização de dados e tecnologias computacionais no campo da saúde.

4.3 DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS POR GRANDE ÁREA DO CONHECIMENTO

A distribuição dos grupos segundo a grande área do conhecimento evidencia forte predominância das Ciências da Saúde. Foram identificados 68 grupos nessa área, correspondentes a 70,1% da base analisada.

As Ciências Exatas e da Terra aparecem com 10 grupos (10,3%), seguidas pelas Engenharias, com 7 grupos (7,2%), e pelas Ciências Biológicas, com 6 grupos (6,2%). As Ciências Sociais Aplicadas apresentam 3 grupos (3,1%), as Ciências Humanas apresentam 2 grupos (2,1%) e 1 grupo está classificado como “Outra”.

Gráfico 5 – Distribuição dos grupos de pesquisa segundo a grande área do conhecimento



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq (2026).

A predominância das Ciências da Saúde demonstra que, na base analisada, a pesquisa relacionada à Inteligência Artificial e às tecnologias digitais apresenta forte aproximação com as demandas e os processos próprios do campo da saúde. Esse resultado é coerente com a discussão apresentada por Alonso, Barbalho e Bittencourt (2022), segundo os quais a Inteligência Artificial pode ser utilizada para processar grandes volumes de dados e transformá-los em informações capazes de apoiar o planejamento, o monitoramento e a tomada de decisões em saúde. Dessa forma, a presença expressiva das Ciências da Saúde pode ser compreendida pela necessidade de aproximar o desenvolvimento tecnológico dos problemas concretos enfrentados pelos serviços e pelas políticas de saúde.

A participação das diferentes áreas também reforça o caráter interdisciplinar da Inteligência Artificial aplicada à saúde. Chitumba e Maiato (2022) destacam que a IA envolve diferentes técnicas e possibilidades de utilização, enquanto sua aplicação no campo da saúde

depende da integração entre conhecimentos tecnológicos e conhecimentos específicos sobre os processos biológicos, clínicos e assistenciais. Nesse sentido, a presença simultânea de Ciências da Saúde, Ciências Exatas e da Terra, Engenharias e Ciências Biológicas indica que a produção científica analisada ocorre na interface entre diferentes campos do conhecimento.

Essa interdisciplinaridade pode ser observada de maneira mais evidente quando consideradas as áreas específicas. A presença de Saúde Coletiva, Medicina e Enfermagem demonstra que parte significativa da produção científica está relacionada diretamente aos processos de cuidado, organização dos serviços e compreensão das necessidades de saúde da população. Ao mesmo tempo, a participação da Ciência da Computação e da Engenharia Biomédica evidencia a necessidade de conhecimentos especializados para o desenvolvimento de algoritmos, sistemas computacionais, equipamentos e soluções tecnológicas aplicáveis à saúde.

Essa relação entre diferentes campos também dialoga com Topol (2019), que apresenta a Inteligência Artificial como uma tecnologia capaz de ampliar as capacidades dos profissionais de saúde, especialmente no apoio à análise de informações e à tomada de decisões. Para que esse potencial seja alcançado, entretanto, a tecnologia precisa estar articulada ao conhecimento dos profissionais e às necessidades reais da assistência. Assim, a presença de áreas diretamente relacionadas à saúde juntamente com áreas tecnológicas sugere uma aproximação entre o conhecimento necessário para compreender os problemas sanitários e aquele necessário para desenvolver ferramentas capazes de auxiliar na sua resolução.

A participação de áreas como Biologia Geral, Biotecnologia, Imunologia, Genética e Farmácia amplia essa perspectiva, pois demonstra que a relação entre IA e saúde não se limita à assistência direta ao paciente. A Inteligência Artificial também pode ser incorporada a atividades de pesquisa biomédica, análise de informações biológicas e desenvolvimento científico e tecnológico. Essa característica pode ser relacionada à perspectiva de Gadelha (2021) sobre o Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS), no qual pesquisa, desenvolvimento tecnológico, produção e serviços de saúde estão articulados em uma estrutura na qual diferentes atores e áreas do conhecimento participam do processo de inovação.

A diversidade identificada nas áreas específicas também inclui Ciência da Informação, Educação, Divulgação Científica e Comunicação. A presença desses campos é relevante porque a transformação digital em saúde não depende exclusivamente do desenvolvimento de ferramentas tecnológicas. Ela envolve igualmente a produção, organização, circulação e

utilização do conhecimento, além da formação dos profissionais que irão utilizar essas tecnologias. Essa interpretação converge com Haddad e Lima (2024), que compreendem a Saúde Digital como um processo mais amplo de transformação do sistema de saúde, envolvendo tecnologias, organização dos serviços e qualificação das práticas.

Sob essa perspectiva, a interdisciplinaridade identificada nos grupos de pesquisa constitui uma característica importante para o desenvolvimento da IA no contexto do SUS. A complexidade dos problemas de saúde exige que as soluções tecnológicas sejam construídas a partir da interação entre diferentes saberes. Uma ferramenta desenvolvida exclusivamente sob uma perspectiva computacional, por exemplo, pode não contemplar adequadamente aspectos clínicos, sociais, epidemiológicos ou organizacionais necessários à sua utilização nos serviços públicos de saúde.

Além disso, a diversidade das áreas envolvidas possui relação com os desafios éticos e sociais da Inteligência Artificial. Floridi e Cows (2019) defendem que o desenvolvimento da IA deve considerar princípios como beneficência, não maleficência, autonomia, justiça e explicabilidade. Esses princípios demonstram que a avaliação de uma tecnologia não pode se limitar ao seu desempenho técnico, sendo necessário considerar também suas consequências para indivíduos e para a sociedade.

Essa preocupação é igualmente destacada pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021), que estabelece a necessidade de que a Inteligência Artificial aplicada à saúde seja desenvolvida e utilizada de maneira segura, transparente, responsável e equitativa, com proteção dos direitos humanos. Nesse sentido, a participação de diferentes áreas do conhecimento pode favorecer uma abordagem mais ampla da tecnologia, incorporando aspectos técnicos, clínicos, sociais, éticos e institucionais.

Portanto, os resultados referentes às grandes áreas e às áreas específicas demonstram que a pesquisa sobre Inteligência Artificial aplicada à saúde apresenta forte inserção no campo das Ciências da Saúde, mas não se restringe a ele. A participação de áreas tecnológicas, biológicas, exatas, sociais aplicadas, educacionais e relacionadas à informação evidencia o caráter interdisciplinar desse campo de pesquisa.

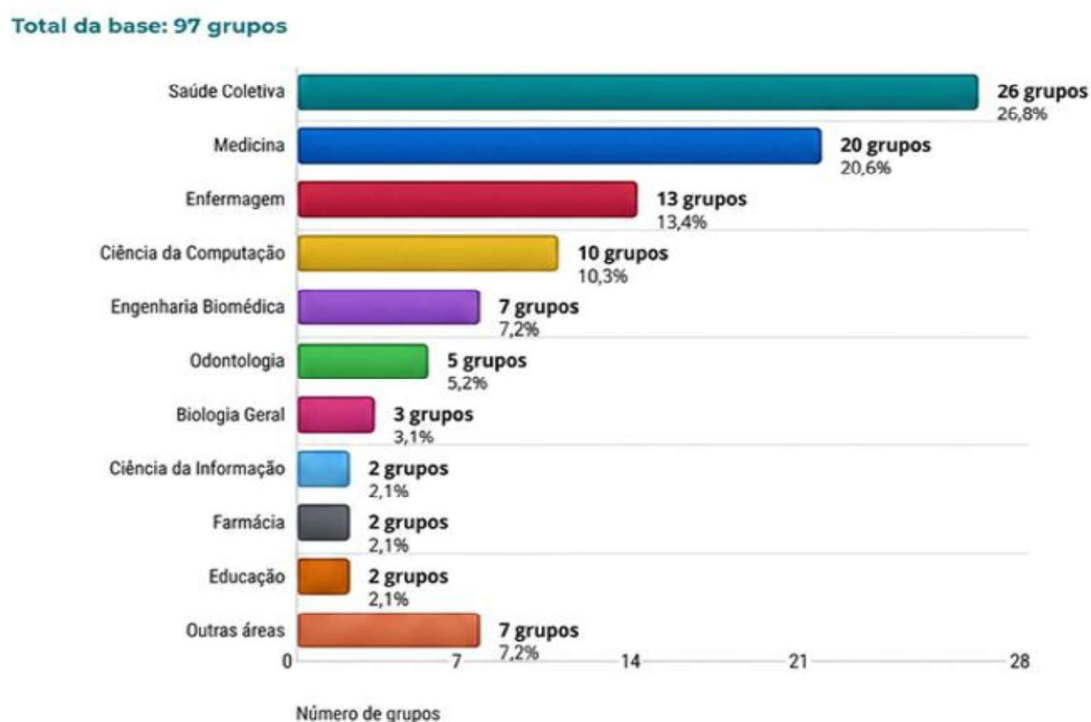
Essa diversidade demonstra que o desenvolvimento de soluções de IA para a saúde depende da integração de diferentes competências científicas. Enquanto as áreas da saúde contribuem com conhecimentos sobre as necessidades e problemas do setor, áreas como Ciência

da Computação, Engenharias, Matemática e Estatística fornecem métodos para processamento e análise de dados e desenvolvimento de modelos computacionais.

Além disso, a participação das áreas sociais e de gestão amplia a discussão para aspectos relacionados à organização dos serviços, políticas públicas, ética e implementação das tecnologias. No contexto do SUS, essa integração é especialmente importante, pois a utilização da IA não depende apenas de avanços tecnológicos, mas também de condições institucionais e humanas que permitam sua aplicação de forma segura, ética, acessível e socialmente relevante.

Assim, a distribuição dos grupos entre diferentes áreas do conhecimento reforça que a Inteligência Artificial aplicada à saúde constitui um campo de convergência científica, no qual a colaboração entre diferentes especialidades pode contribuir para o desenvolvimento de soluções mais adequadas às necessidades da saúde pública brasileira. Essa característica é particularmente relevante para o SUS, pois a incorporação responsável da Inteligência Artificial exige mais do que a existência de tecnologias disponíveis. É necessário articular conhecimentos científicos, profissionais e institucionais para que as soluções desenvolvidas sejam adequadas às necessidades dos serviços, respeitem princípios éticos e contribuam efetivamente para a qualidade, a equidade e a integralidade da atenção à saúde.

Gráfico 6 – Principais áreas específicas dos grupos de pesquisa



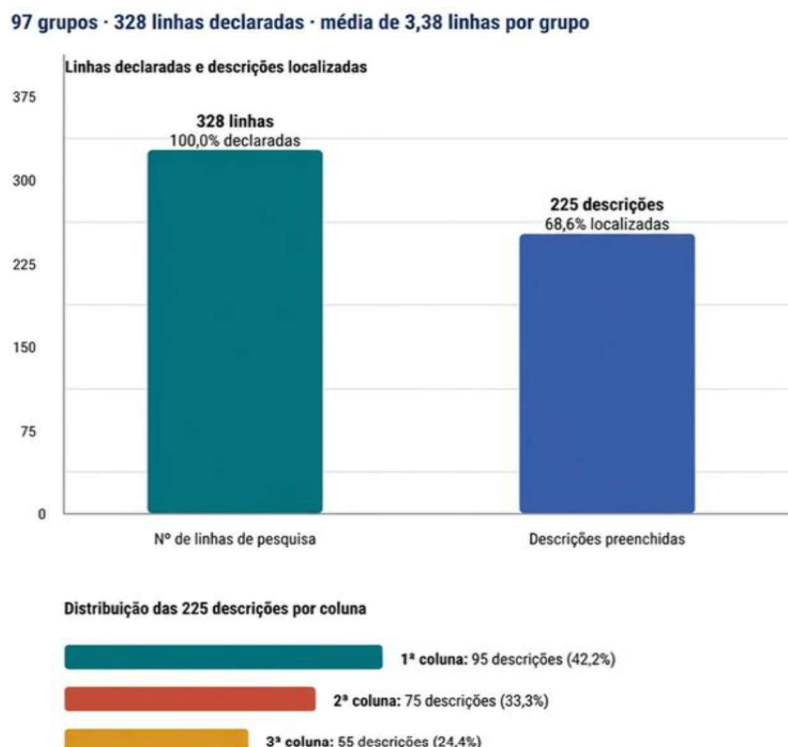
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq (2026).

A concentração em Saúde Coletiva, Medicina e Enfermagem é especialmente significativa para o objetivo deste trabalho, pois demonstra que a temática da IA está inserida em áreas diretamente relacionadas à saúde da população e à organização dos serviços. A presença de Ciência da Computação e Engenharia Biomédica, por sua vez, evidencia a participação dos campos responsáveis pelo desenvolvimento tecnológico. Essa composição reforça o caráter interdisciplinar da IA aplicada à saúde, uma vez que sua utilização exige a aproximação entre conhecimentos técnicos e necessidades concretas do setor saúde.

4.4 LINHAS DE PESQUISA E PRINCIPAIS TEMÁTICAS

Os 97 grupos analisados registram, na coluna referente ao número de linhas de pesquisa, um total de 328 linhas. Isso corresponde a uma média aproximada de 3,38 linhas por grupo. Nas três colunas destinadas às descrições das linhas de pesquisa na aba principal, foram encontradas 225 descrições preenchidas, sendo 95 na primeira coluna, 75 na segunda e 55 na terceira. A diferença entre o total declarado de 328 linhas e as 225 descrições transcritas para essas três colunas constitui uma limitação da base organizada, devendo ser considerada na interpretação dos resultados.

Gráfico 7 – Distribuição das linhas de pesquisa registradas nos grupos



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq (2026).

As descrições das linhas apresentam diversidade de temas relacionados à saúde e à tecnologia. Entre os assuntos identificados estão Inteligência Artificial, aprendizado de máquina, saúde digital, informática em saúde, ciência de dados, telessaúde, gestão em saúde, diagnóstico, imagens médicas, enfermagem, educação, dispositivos médicos, biotecnologia, organização do cuidado e avaliação de tecnologias.

A diversidade observada demonstra que a relação entre IA e saúde não se restringe a uma única aplicação. As linhas de pesquisa abrangem desde o desenvolvimento tecnológico e a análise computacional até temas relacionados à assistência, à gestão e à organização dos serviços.

A análise das linhas também demonstra que nem todos os grupos relacionados às temáticas selecionadas utilizam necessariamente a expressão “Inteligência Artificial” em suas denominações. Alguns registros apresentam termos como saúde digital, informática em saúde, análise de dados, sistemas inteligentes, tecnologias assistivas e avaliação de tecnologias.

Esse resultado é metodologicamente importante porque evidencia a necessidade de utilização de diferentes descritores em estudos que pretendem mapear a produção científica relacionada à IA em saúde. Uma busca limitada exclusivamente ao termo “Inteligência Artificial” poderia não alcançar grupos cuja produção esteja relacionada ao tema por meio de conceitos e tecnologias correlatas.

A existência de linhas relacionadas à gestão, organização do cuidado, saúde digital e tecnologias em saúde também demonstra que o desenvolvimento tecnológico pode alcançar dimensões que ultrapassam o diagnóstico clínico. Entretanto, a presença de determinada temática em uma linha de pesquisa não significa que a tecnologia já esteja implementada em serviços do SUS.

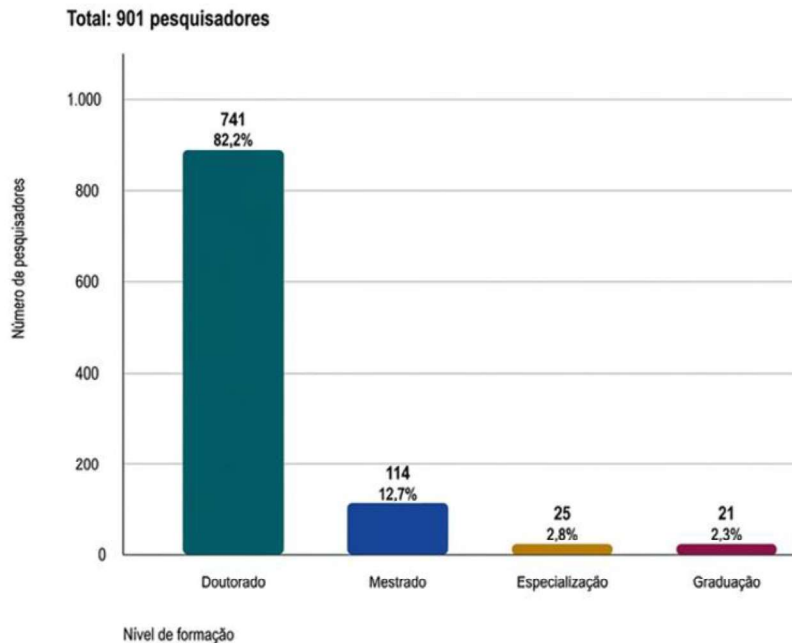
Por esse motivo, os resultados desta seção devem ser interpretados como um mapeamento das áreas e temáticas de pesquisa presentes na base, e não como uma avaliação da implantação das tecnologias.

4.5 RECURSOS HUMANOS DOS GRUPOS DE PESQUISA

Os 97 grupos analisados reúnem 901 pesquisadores. Desse total, 741 possuem doutorado, 114 possuem mestrado, 25 possuem especialização e 21 possuem graduação. Os pesquisadores

com doutorado representam aproximadamente 82,2% do total registrado, indicando elevado nível de qualificação acadêmica entre os integrantes dos grupos analisados.

Gráfico 8 – Distribuição dos pesquisadores segundo nível de formação

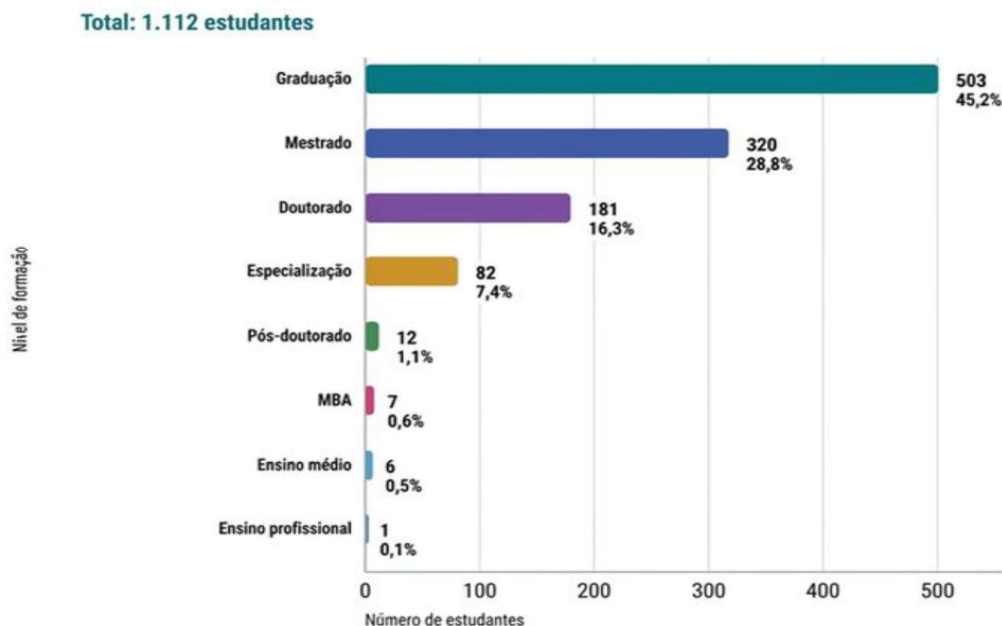


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq (2026).

A elevada participação de pesquisadores doutores demonstra a presença de recursos humanos com formação acadêmica avançada nos grupos analisados. Esse perfil constitui elemento relevante para o desenvolvimento de pesquisas científicas e tecnológicas em áreas de elevada complexidade, como Inteligência Artificial, ciência de dados e tecnologias aplicadas à saúde.

Além dos pesquisadores, foram identificados 1.112 estudantes. Desse total, 503 são estudantes de graduação, 320 de mestrado, 181 de doutorado, 82 de especialização, 12 de pós-doutorado, 7 de MBA, 6 de ensino médio e 1 estudante de ensino profissional de nível técnico.

Gráfico 9 – Estudantes segundo nível de formação.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq (2026).

A quantidade de estudantes demonstra que os grupos analisados desempenham também função relevante na formação de recursos humanos. A participação de estudantes de graduação é expressiva, enquanto a presença de estudantes de mestrado, doutorado e pós-doutorado evidencia a inserção das temáticas investigadas na formação científica e tecnológica em nível de pós-graduação.

A base registra ainda 86 técnicos, distribuídos entre profissionais com mestrado, graduação, doutorado, especialização e ensino médio. Foram identificados também 6 colaboradores estrangeiros, 332 pesquisadores egressos e 317 estudantes egressos.

O número de colaboradores estrangeiros registrado na base é reduzido em comparação ao conjunto de pesquisadores, o que sugere que a internacionalização formal dos grupos ainda possui espaço para ampliação. A expansão de redes internacionais pode contribuir para o intercâmbio de conhecimentos, metodologias e experiências relacionadas à IA e à saúde.

No recorte regional, o Nordeste concentra 264 pesquisadores e 386 estudantes, além de 38 técnicos, 103 linhas de pesquisa, 127 pesquisadores egressos e 73 estudantes egressos. Esses dados demonstram a importância da região não apenas na existência de grupos de pesquisa, mas também na formação de recursos humanos relacionados às áreas analisadas.

4.6 A PARTICIPAÇÃO DO NORDESTE NA PESQUISA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SAÚDE

A análise dos 31 grupos localizados no Nordeste demonstra diversidade de áreas e temáticas relacionadas à saúde e à tecnologia. Entre os temas identificados estão Inteligência Artificial, saúde digital, informática em saúde, enfermagem, saúde materno-infantil, doenças crônicas, inovação tecnológica, sistemas inteligentes, avaliação de tecnologias e organização do cuidado.

Entre os grupos identificados na base encontram-se o **IASMIN – Inteligência Artificial Aplicada à Saúde Materno-Infantil**, vinculado à Universidade Federal do Rio Grande do Norte; o **INESD – Inovação em Enfermagem e Saúde Digital nas Práticas de Cuidado, Educação e Gestão**, vinculado à Universidade Federal de Pernambuco; o **Grupo de Inovação Tecnológica e Inteligência Artificial em Saúde**, vinculado à Universidade Federal de Campina Grande; além de grupos relacionados à informática em saúde, saúde digital, tecnologias assistivas e inovação em instituições de diferentes estados nordestinos.

A diversidade observada demonstra que a produção científica nordestina relacionada às temáticas investigadas não está limitada a uma única especialidade. Os grupos abordam diferentes dimensões da saúde, incluindo assistência, cuidado, formação profissional, desenvolvimento tecnológico, organização dos serviços e avaliação de tecnologias.

Esse resultado é relevante para a discussão sobre a realidade nordestina porque demonstra a existência de capacidade científica regional para desenvolver pesquisas relacionadas a problemas e necessidades do setor saúde. A região Nordeste apresenta grande diversidade territorial e diferentes condições de acesso aos serviços de saúde. Nesse contexto, tecnologias digitais podem apresentar possibilidades de utilização em áreas como telessaúde, apoio à decisão, análise de dados, organização do cuidado e acompanhamento de usuários.

Entretanto, a existência de pesquisas relacionadas a essas tecnologias não significa que todas estejam implantadas ou incorporadas aos serviços do SUS. A base do DGP/CNPq permite identificar grupos, linhas e áreas de pesquisa, mas não permite, isoladamente, avaliar o grau de implementação das tecnologias desenvolvidas.

Essa distinção é fundamental para a interpretação dos resultados. A produção científica identificada representa uma capacidade potencial de desenvolvimento tecnológico, mas a

transformação desse conhecimento em benefício direto para a população depende de fatores adicionais.

Entre esses fatores estão: financiamento, infraestrutura tecnológica, conectividade, disponibilidade e qualidade dos dados, formação profissional, capacidade institucional e mecanismos de transferência tecnológica. Também é necessária articulação entre pesquisadores, gestores e profissionais dos serviços de saúde.

Assim, a presença de 31 grupos no Nordeste pode ser compreendida como um indicador da existência de uma estrutura científica regional relevante, mas não como evidência suficiente de que as soluções de IA já estejam incorporadas de forma ampla ao SUS.

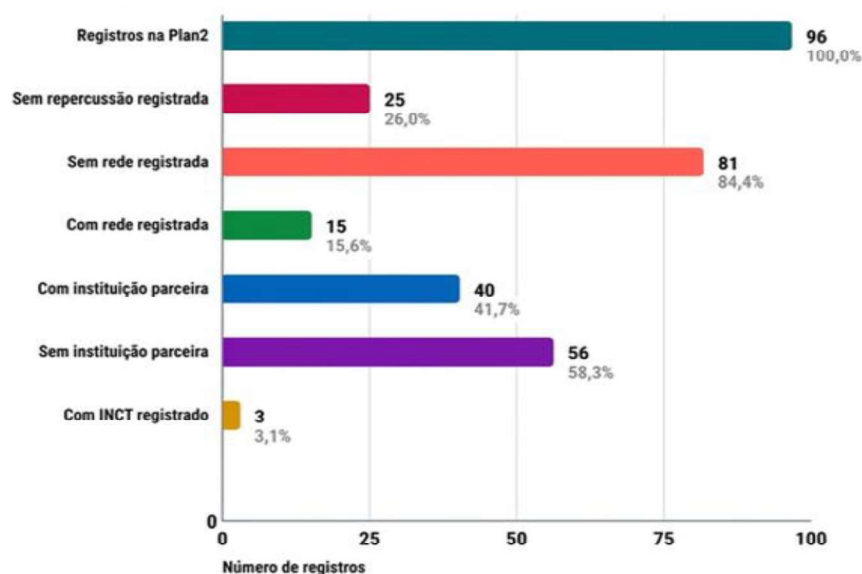
4.7 REPERCUSSÕES, REDES DE PESQUISA, PARCERIAS E RELAÇÃO COM O COMPLEXO ECONÔMICO-INDUSTRIAL DA SAÚDE

A aba “Plan2” da planilha contém 96 registros e apresenta informações complementares referentes às repercussões dos grupos, redes de pesquisa, instituições parceiras e Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia. No campo referente às repercussões, 25 registros apresentam a indicação “Nenhum registro adicionado”. No campo referente às redes de pesquisa, 81 registros apresentam a mesma indicação, enquanto 15 possuem informações registradas sobre redes.

Quanto às instituições parceiras, 40 registros apresentam algum tipo de parceria informada, enquanto 56 apresentam ausência de registros. Em relação aos INCTs, foram identificados 3 registros com informações de parceria.

Gráfico 10 – Informações complementares registradas na Plan2

Total da Plan2: 96 registros



Fonte:

Elaboração própria a partir dos dados do DGP/CNPq (2026).

Os resultados indicam que as informações referentes à cooperação institucional não estão presentes de maneira uniforme entre os registros. Entretanto, a ausência de informação na planilha não deve ser interpretada automaticamente como inexistência de parceria. O resultado indica apenas que não houve registro correspondente no campo analisado.

A discussão desses resultados pode ser relacionada diretamente à teoria do Complexo Econômico-Industrial da Saúde. Conforme Gadelha (2003; 2021), o CEIS envolve relações entre diferentes atores responsáveis pela produção, inovação, pesquisa, assistência e regulação. Dessa perspectiva, a interação entre universidades, instituições de saúde, empresas, gestores públicos e órgãos de fomento é fundamental para transformar conhecimento científico em inovação.

Os grupos de pesquisa identificados podem, portanto, constituir espaços importantes de produção de conhecimento e desenvolvimento tecnológico. Entretanto, a produção científica isoladamente não garante sua transformação em tecnologias incorporadas ao SUS.

Essa questão é particularmente importante diante dos resultados encontrados na Plan2. Embora existam registros de instituições parceiras e redes de pesquisa, a grande quantidade de campos sem informações demonstra que não é possível afirmar, com base exclusivamente na planilha, que exista articulação sistemática entre todos os grupos e os demais atores do setor saúde.

A relação entre Inteligência Artificial, saúde pública e CEIS pode ser compreendida a partir da possibilidade de desenvolvimento de *softwares*, equipamentos, sistemas de apoio à decisão, ferramentas diagnósticas, plataformas digitais e outras tecnologias relacionadas à saúde.

Nesse contexto, os resultados reforçam a ideia apresentada por Gadelha *et al.* (2012) de que a saúde constitui espaço estratégico de desenvolvimento científico, tecnológico e produtivo. A capacidade científica identificada na pesquisa pode contribuir para esse processo, mas sua efetivação depende de mecanismos de cooperação, financiamento, transferência tecnológica e aproximação entre pesquisa e serviços.

Portanto, os dados sugerem que um dos desafios para o avanço da IA na saúde pública brasileira não é apenas ampliar a quantidade de pesquisas, mas fortalecer os vínculos capazes de conectar conhecimento científico, inovação, produção tecnológica e necessidades concretas do SUS.

4.8 POTENCIALIDADES E DESAFIOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O SUS

Os dados analisados demonstram a presença de grupos e linhas de pesquisa relacionados a diferentes campos que podem contribuir para o desenvolvimento de soluções tecnológicas aplicáveis à saúde. Entre os temas identificados estão Inteligência Artificial, aprendizado de máquina, análise de dados, saúde digital, informática em saúde, diagnóstico, telessaúde, organização do cuidado, gestão e tecnologias assistivas.

Esses resultados demonstram a existência de uma base científica diversificada para o desenvolvimento de conhecimentos relacionados à utilização de tecnologias digitais na saúde. Entretanto, é necessário destacar que a presença de determinada linha de pesquisa não significa necessariamente que exista uma aplicação já implantada no SUS.

A partir das temáticas identificadas e da discussão apresentada pela literatura, a IA pode apresentar potencial para apoiar atividades como análise de grandes volumes de dados, identificação de padrões, apoio à tomada de decisão, processamento de imagens, acompanhamento de pacientes, planejamento dos serviços e desenvolvimento de ferramentas digitais.

No SUS, essas possibilidades podem ser relevantes diante da complexidade e da dimensão do sistema. Ferramentas digitais podem auxiliar profissionais e gestores na organização dos

serviços, no planejamento e na análise de informações, desde que desenvolvidas e utilizadas de acordo com as necessidades dos serviços e dos usuários.

Em regiões que apresentam dificuldades relacionadas à disponibilidade de especialistas e à distribuição territorial dos serviços, recursos digitais e sistemas de apoio podem apresentar potencial para ampliar o suporte aos profissionais e facilitar determinadas formas de atendimento e acompanhamento.

Contudo, a adoção da IA no SUS também envolve desafios significativos. Entre eles estão a qualidade e disponibilidade dos dados, a interoperabilidade dos sistemas de informação, a infraestrutura tecnológica, a conectividade, a capacitação dos profissionais, os custos de implementação, a segurança da informação e os riscos relacionados a vieses algorítmicos.

A proteção dos dados pessoais constitui outro aspecto fundamental. Informações de saúde possuem caráter sensível e exigem mecanismos adequados de segurança, governança, transparência e responsabilização. Dessa forma, qualquer utilização de IA no SUS deve observar a legislação brasileira aplicável à proteção de dados e os princípios éticos relacionados ao tratamento das informações dos usuários.

A Organização Mundial da Saúde (OMS)(2021) destaca a importância de princípios relacionados à autonomia, segurança, transparência, responsabilidade, equidade e proteção dos direitos humanos no desenvolvimento e utilização da Inteligência Artificial em saúde. Outro desafio está relacionado à possibilidade de reprodução de desigualdades por sistemas algorítmicos. Caso os dados utilizados no desenvolvimento de uma ferramenta não representem adequadamente diferentes grupos populacionais e contextos territoriais, os resultados produzidos pelo sistema podem apresentar limitações ou vieses.

Essa questão possui especial importância no contexto do SUS, que atende uma população ampla e heterogênea. Dessa forma, soluções de IA precisam ser avaliadas considerando não apenas seu desempenho técnico, mas também sua capacidade de produzir resultados seguros, equitativos e adequados às diferentes realidades.

A IA também deve ser compreendida como ferramenta de apoio ao trabalho dos profissionais de saúde. Topol (2019) destaca o potencial das tecnologias digitais para ampliar as capacidades dos profissionais e favorecer decisões mais informadas, sem que isso implique a substituição automática da dimensão humana do cuidado.

Assim, a incorporação da IA ao SUS deve ser acompanhada de capacitação profissional, avaliação de desempenho, monitoramento dos resultados, transparência dos processos e participação dos diferentes atores envolvidos. Além da aceitação dos pacientes, principalmente considerando a faixa etária, baixa alfabetização.

No contexto nordestino, esses desafios tornam-se ainda mais relevantes. A existência de grupos de pesquisa representa uma importante capacidade científica regional, mas sua transformação em benefícios concretos para a população depende da articulação entre universidades, serviços de saúde, gestores públicos, financiamento, infraestrutura e mecanismos de transferência tecnológica.

4.9 PERSPECTIVAS PARA O USO DE IA EM SAÚDE: ASPECTOS DO DEBATE

Para complementar a análise empírica realizada junto ao Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, procedeu-se a um levantamento documental composto por 10 publicações jornalísticas e setoriais de alcance nacional. Foram escolhidas através de uma pesquisa no *google* e selecionadas de forma sequencial e de acordo com o tema da pesquisa. Essa síntese busca confrontar o perfil acadêmico identificado nos grupos de pesquisa com a percepção pública, regulatória e operacional da IA no ecossistema da saúde. A relação das publicações analisadas e a síntese de seus principais conteúdos são apresentadas no Quadro 1, disponível no Apêndice A.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas notícias e publicações citadas com apoio do ChatGpt (2026).

Observa-se que as perspectivas de aplicação da Inteligência Artificial na saúde ultrapassam o âmbito do diagnóstico, abrangendo também gestão dos serviços, vigilância epidemiológica, monitoramento remoto, automação de atividades e apoio à tomada de decisão.

Esse resultado converge com as linhas de pesquisa identificadas no DGP/CNPq, que também apresentam temas relacionados à gestão, organização do cuidado, ciência de dados, telessaúde e apoio tecnológico. Dessa forma, observa-se convergência entre a agenda científica identificada nos grupos e as possibilidades de aplicação discutidas nas publicações analisadas.

Entretanto, as fontes analisadas também evidenciam desafios relacionados à proteção de dados, aos vieses algorítmicos, à segurança, à ética e à necessidade de supervisão humana. Esses aspectos convergem com o referencial teórico apresentado pela OMS (2021), Floridi e Cowlis (2019) e Topol (2019), reforçando que a expansão da IA na saúde precisa ser acompanhada de critérios éticos, técnicos e institucionais.

No contexto do SUS, destaca-se ainda a necessidade de desenvolver soluções adequadas às diferentes realidades regionais brasileiras, especialmente considerando as especificidades epidemiológicas e socioeconômicas da região Nordeste. Assim, o levantamento documental complementa os dados do DGP/CNPq ao demonstrar que o potencial identificado na estrutura científica encontra correspondência em diferentes perspectivas de aplicação, mas também enfrenta desafios semelhantes aos apontados pela literatura acadêmica.

Para a elaboração do Quadro 1, foram utilizadas notícias e publicações localizadas por meio de buscas por “ realizadas no Google, posteriormente selecionadas e analisadas de acordo com sua pertinência ao tema da pesquisa. Os principais strings de busca utilizados foram: “Inteligência Artificial” AND “Saúde Pública”; “Inteligência Artificial” AND Saúde; “Inteligência Artificial” AND SUS; “Inteligência Artificial” AND Medicina; “Inteligência Artificial” AND Hospital e “Inteligência Artificial” AND “Sistema Único de Saúde”. O ChatGPT foi utilizado como ferramenta auxiliar na organização, sistematização e síntese das informações. A ferramenta foi empregada exclusivamente como recurso de apoio à análise e à apresentação dos dados, não substituindo a consulta, a verificação e a utilização das fontes originais. As informações apresentadas no quadro foram fundamentadas nas notícias e publicações selecionadas para esta pesquisa, sendo a interpretação e a análise dos conteúdos de responsabilidade do autor.

4.10 SÍNTESE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa evidenciam que a Inteligência Artificial aplicada à saúde constitui um campo de natureza interdisciplinar, envolvendo diferentes áreas do conhecimento, instituições e linhas de pesquisa. A participação de áreas da saúde, tecnologia, engenharias, ciências biológicas, sociais e informação demonstra que o desenvolvimento de soluções de IA depende da articulação entre diferentes competências científicas. Esse resultado está alinhado à perspectiva de Haddad e Lima (2024), segundo a qual a transformação digital na saúde ultrapassa a simples incorporação de tecnologias e envolve mudanças organizacionais, institucionais e profissionais.

A diversidade das linhas de pesquisa identificadas também demonstra o potencial de aplicação da IA em diferentes dimensões da saúde, incluindo diagnóstico, gestão, monitoramento e apoio à tomada de decisão. Essa possibilidade é destacada por Topol (2019) e Alonso, Barbalho e Bittencourt (2022). Entretanto, a existência de capacidade científica não garante, por si só, a

incorporação das tecnologias aos serviços de saúde. Sua aplicação depende de infraestrutura, financiamento, qualidade dos dados, qualificação profissional e articulação entre instituições de pesquisa e serviços.

Outro aspecto relevante refere-se aos desafios éticos e à proteção das informações utilizadas pelos sistemas de IA. A utilização de dados de saúde exige mecanismos de segurança, transparência e responsabilidade, conforme discutido por Lemes e Lemos (2020) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021). Floridi e Cowls (2019) reforçam que princípios como justiça, autonomia, beneficência e explicabilidade devem orientar o desenvolvimento e a utilização dessas tecnologias. Dessa forma, a inovação precisa ser acompanhada de mecanismos de governança capazes de reduzir riscos e proteger os direitos dos usuários.

A qualidade e a integração dos dados também constituem condições fundamentais para o desenvolvimento de soluções de IA. Dados incompletos ou pouco representativos podem comprometer os resultados dos sistemas e reproduzir desigualdades. Nesse sentido, a governança, a segurança, a padronização e a interoperabilidade dos dados tornam-se elementos estratégicos para que a capacidade científica identificada nos grupos de pesquisa possa resultar em aplicações efetivas no SUS.

Os achados também podem ser compreendidos a partir da perspectiva do Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS), discutida por Gadelha (2021). A transformação do conhecimento científico em inovação depende da interação entre universidades, centros de pesquisa, governo, empresas e serviços de saúde. Essa articulação é especialmente importante no Nordeste, onde o fortalecimento da capacidade científica e tecnológica pode favorecer o desenvolvimento de soluções relacionadas às necessidades específicas da região.

Além disso, a incorporação da IA ao SUS deve considerar as desigualdades territoriais e a formação dos profissionais. Tecnologias concentradas em instituições com maior infraestrutura podem ampliar diferenças existentes entre regiões e serviços. Por isso, a transformação digital deve estar associada à inclusão tecnológica, à qualificação profissional e ao fortalecimento das capacidades institucionais.

De modo geral, os resultados demonstram que a Inteligência Artificial apresenta potencial para contribuir com o diagnóstico, a gestão, o monitoramento e a tomada de decisão em saúde, mas seus benefícios não são automáticos. No contexto do SUS, sua implementação deve estar

associada aos princípios de universalidade, integralidade e equidade, além de considerar segurança, ética, qualidade dos dados e utilidade social.

Assim, a pesquisa evidencia que o principal desafio não está apenas no desenvolvimento de novas tecnologias, mas na criação das condições necessárias para que o conhecimento científico se transforme em soluções seguras, éticas, acessíveis e capazes de gerar impacto social no SUS, especialmente diante das necessidades e particularidades da região Nordeste.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa analisou grupos de pesquisa relacionados à Inteligência Artificial, à saúde digital, à informática em saúde e às tecnologias aplicadas à saúde, buscando compreender a estrutura científica existente e suas possíveis contribuições para o fortalecimento do Sistema Único de Saúde (SUS), com ênfase na realidade da região Nordeste.

Os resultados demonstraram a existência de uma base científica diversificada, formada por grupos vinculados principalmente às Ciências da Saúde, mas também às Ciências Exatas e da Terra, Engenharias, Ciências Biológicas, Ciências Sociais Aplicadas e outras áreas. Essa composição evidencia o caráter interdisciplinar da Inteligência Artificial aplicada à saúde e demonstra que seu desenvolvimento depende da articulação entre conhecimentos tecnológicos, científicos, clínicos e sociais.

A análise também identificou concentração expressiva de grupos formados nos anos mais recentes de 2023, 2024, 2025 e 2026, indicando expansão da estrutura formal de pesquisa relacionada às tecnologias digitais e à Inteligência Artificial. A quantidade de pesquisadores, estudantes e linhas de pesquisa identificadas demonstra ainda a existência de capacidade de produção científica e formação de recursos humanos para o desenvolvimento desse campo.

No recorte regional, a identificação de 31 grupos no Nordeste demonstra a existência de uma estrutura científica relevante para a produção de conhecimentos relacionados à Inteligência Artificial e à saúde. Esse resultado é particularmente significativo diante do objetivo de compreender a realidade nordestina, pois evidencia a presença de competências científicas que podem contribuir para o desenvolvimento de soluções tecnológicas alinhadas às necessidades regionais.

Entretanto, os resultados também demonstram que a existência de capacidade científica não significa, necessariamente, que as tecnologias desenvolvidas estejam incorporadas aos

serviços do SUS. A produção de conhecimento constitui uma etapa importante, mas sua transformação em inovação aplicada depende de fatores como infraestrutura, financiamento, qualificação profissional, governança de dados, interoperabilidade, cooperação institucional e mecanismos de transferência tecnológica.

Nesse sentido, a relação entre os resultados encontrados e a perspectiva do Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS) permite compreender que o fortalecimento da pesquisa em Inteligência Artificial deve estar acompanhado da aproximação entre universidades, instituições de pesquisa, serviços de saúde, gestores públicos, empresas, órgãos reguladores e instituições de financiamento. A articulação desses diferentes atores é fundamental para transformar conhecimento científico em tecnologias e soluções capazes de responder às necessidades do SUS.

Também se verificou que a utilização da Inteligência Artificial na saúde apresenta potencial para apoiar diferentes dimensões do sistema, incluindo análise de dados, apoio à tomada de decisão, diagnóstico, gestão, telessaúde, organização do cuidado e desenvolvimento de tecnologias assistivas. Entretanto, tais possibilidades estão acompanhadas de desafios relacionados à segurança, privacidade, qualidade dos dados, transparência, vieses algorítmicos, equidade e responsabilidade no uso das tecnologias.

Dessa forma, a Inteligência Artificial não deve ser compreendida como solução isolada para os problemas do SUS. Seu potencial depende das condições institucionais e sociais nas quais será desenvolvida e utilizada. A incorporação responsável dessas tecnologias exige que os avanços técnicos estejam acompanhados de critérios éticos, avaliação contínua, participação dos profissionais e usuários e compromisso com os princípios do sistema público de saúde.

Em relação aos objetivos específicos estabelecidos, a pesquisa permitiu identificar os principais conceitos e fundamentos relacionados à Inteligência Artificial aplicada à saúde pública, evidenciando seu caráter interdisciplinar e sua articulação com áreas como saúde digital, informática em saúde e tecnologias em saúde. Também foi possível mapear diferentes possibilidades de aplicação da IA no contexto do SUS, especialmente nas áreas de análise de dados, apoio à tomada de decisão, diagnóstico, gestão, telessaúde, organização do cuidado e tecnologias assistivas.

A análise dos resultados permitiu ainda reconhecer benefícios associados ao potencial de ampliação da eficiência, da capacidade analítica e do apoio aos processos de cuidado e gestão,

ao mesmo tempo em que evidenciou limitações relacionadas à infraestrutura, qualidade e governança dos dados, financiamento, qualificação profissional e capacidade de incorporação tecnológica. Do mesmo modo, foram discutidos desafios éticos, técnicos e sociais relacionados à segurança, privacidade, transparência, vieses algorítmicos, equidade e responsabilização.

Por fim, os resultados permitem propor como diretrizes para uma implementação segura e eficaz o fortalecimento da infraestrutura digital, a qualificação dos profissionais, a governança e proteção dos dados, a avaliação contínua das tecnologias, a articulação entre instituições de pesquisa, serviços de saúde, gestores e demais atores do Complexo Econômico-Industrial da Saúde, bem como a adoção de critérios éticos e de equidade compatíveis com os princípios do SUS.

5.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Esta pesquisa apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A primeira está relacionada à própria natureza da base utilizada. O estudo analisou uma base selecionada de grupos de pesquisa do DGP/CNPq, composta por 97 grupos, não correspondendo ao universo completo de grupos existentes no país. Dessa forma, os resultados representam o conjunto analisado e não podem ser generalizados automaticamente para toda a produção científica brasileira relacionada à Inteligência Artificial e à saúde.

Outra limitação está relacionada à qualidade e à padronização das informações disponíveis. Foram identificadas inconsistências em alguns registros, especialmente na identificação das unidades federativas, além de campos sem preenchimento ou com ausência de informações sobre redes de pesquisa, instituições parceiras, repercussões e outras características dos grupos. Foi necessário realizar procedimentos de padronização para possibilitar a análise regional e quantitativa.

Também foram observadas diferenças entre as informações referentes ao número de linhas de pesquisa e as descrições efetivamente disponibilizadas na planilha. Essa característica limita a possibilidade de realizar uma análise temática absolutamente completa de todas as linhas declaradas pelos grupos.

Outra limitação importante diz respeito ao fato de que os dados do DGP/CNPq permitem identificar a existência de grupos, pesquisadores, estudantes, áreas e linhas de pesquisa, mas não possibilitam avaliar diretamente o grau de desenvolvimento, maturidade ou implementação das

tecnologias pesquisadas. Assim, a presença de uma linha relacionada à Inteligência Artificial, saúde digital ou tecnologia em saúde não significa necessariamente que exista uma ferramenta implantada ou utilizada pelo SUS.

Da mesma forma, a pesquisa não realizou avaliação clínica, econômica ou tecnológica das soluções desenvolvidas pelos grupos identificados. Também não foi possível medir diretamente os impactos dessas pesquisas sobre indicadores de saúde, qualidade da assistência, redução de custos ou melhoria do acesso aos serviços públicos.

Outra limitação refere-se às informações sobre parcerias e redes de pesquisa. A ausência de registro em determinado campo da base não permite concluir que o grupo não possua colaboração institucional, mas apenas que essa informação não estava registrada na fonte analisada.

Essas limitações não diminuem a relevância dos resultados, mas delimitam o alcance das conclusões. O estudo deve ser compreendido principalmente como um mapeamento da capacidade científica e das áreas de investigação relacionadas à Inteligência Artificial e à saúde, e não como uma avaliação da efetiva incorporação dessas tecnologias ao SUS.

5.2 PERSPECTIVAS DE AVANÇOS E PESQUISAS FUTURAS

A partir dos resultados e das limitações identificadas, novas pesquisas podem avançar em diferentes direções. Uma primeira possibilidade consiste na ampliação do levantamento para contemplar um número maior de grupos de pesquisa e diferentes bases científicas, permitindo comparar os resultados do DGP/CNPq com informações provenientes de outras fontes nacionais e internacionais.

Também seria relevante realizar estudos longitudinais, acompanhando a evolução dos grupos ao longo dos próximos anos. Esse acompanhamento permitiria verificar se o crescimento recente identificado nesta pesquisa será mantido e se haverá ampliação da participação de instituições e grupos do Nordeste.

Outra perspectiva consiste em investigar de maneira mais aprofundada quais grupos desenvolvem efetivamente soluções de Inteligência Artificial destinadas à utilização em serviços de saúde e quais dessas soluções apresentam potencial ou evidência de incorporação ao SUS. Essa abordagem permitiria avançar do mapeamento da capacidade científica para a análise da transferência do conhecimento produzido para a prática.

Estudos futuros também poderão investigar a existência e a efetividade das parcerias entre universidades, instituições de saúde, empresas, governos e demais atores relacionados ao Complexo Econômico-Industrial da Saúde. Essa análise poderá contribuir para compreender quais mecanismos favorecem ou dificultam a transformação da pesquisa científica em inovação aplicada.

Outra possibilidade consiste em realizar pesquisas específicas sobre a realidade nordestina, considerando diferenças entre os estados e os municípios e investigando como fatores como infraestrutura digital, conectividade, disponibilidade de profissionais, financiamento e capacidade institucional influenciam a adoção de tecnologias de Inteligência Artificial.

Também se recomenda o desenvolvimento de estudos que avaliem aspectos éticos e de governança das aplicações de IA em saúde, especialmente no que se refere à proteção de dados, transparência dos algoritmos, explicabilidade dos resultados, vieses, segurança e equidade. Essas questões serão cada vez mais relevantes à medida que sistemas de IA forem incorporados aos processos de decisão e gestão em saúde.

Por fim, pesquisas futuras poderão avaliar, de forma empírica, os impactos concretos da utilização da Inteligência Artificial em serviços do SUS. Estudos de caso, avaliações de tecnologias em saúde, análises econômicas e pesquisas com profissionais e usuários poderão contribuir para verificar se as soluções desenvolvidas efetivamente produzem melhorias no acesso, na qualidade do cuidado, na eficiência dos serviços e nos resultados de saúde.

Assim, a principal perspectiva que emerge deste estudo é a necessidade de avançar de um cenário de produção e capacidade científica para um cenário de implementação responsável, avaliação e geração de impacto social. O fortalecimento da pesquisa em Inteligência Artificial constitui uma condição importante, mas seus benefícios para o SUS dependerão da capacidade de transformar conhecimento em soluções seguras, acessíveis, éticas, sustentáveis e adequadas às diferentes realidades do território brasileiro, especialmente às necessidades da região Nordeste.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, Rebecca Santana; BARBALHO, Lorena Ferreira; BITTENCOURT, Roberto José. **Inteligência artificial aplicada à gestão em saúde pública: revisão integrativa.** *Brasília Médica*, Brasília, v. 59, p. 1-9, 2022. DOI: 10.5935/2236-5117.2022v59a267.
- ALVES, Giovanna Gianelli; TERAZIMA, Swamy Seiji; LIMA, Joshua Faldini Pinheiro Koren de. **Inteligência artificial na saúde pública: potenciais e desafios no SUS.** *Asclepius*

International Journal of Scientific Health Science, v. 4, n. 3, p. 262-267, 2025. DOI: 10.70779/aijshs.v4i3.67.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE HOSPITAIS PRIVADOS (ANAHp). **A inteligência artificial já está sendo usada na saúde: descubra como isso te beneficia.** São Paulo, 30 out. 2025. Disponível em: <https://www.anahp.com.br/saude-da-saude/a-inteligencia-artificial-ja-esta-sendo-usada-na-saude-descubra-como-isso-te-beneficia/>. Acesso em: 10 ago. 2026.

BORTOLINI, Vanessa Schmidt; GARCIA, Alexandre de Souza; ENGELMANN, Wilson. **Uso ético da inteligência artificial na saúde: uma revisão sistemática da literatura.** *Revista Jurídica Gralha Azul*, Curitiba, v. 1, n. 28, 2025. DOI: 10.62248/0ef8tm05. Disponível em: <https://revista.tjpr.jus.br/gralhaazul/article/view/196>. Acesso em: 10 ago. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Estratégia de Saúde Digital para o Brasil 2020-2028.** Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Em Lisboa, Brasil participa de conferência da OMS sobre inteligência artificial aplicada à saúde.** Brasília, DF, 15 jul. 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias-ms/2026/julho/em-lisboa-brasil-participa-de-conferencia-da-oms-sobre-inteligencia-artificial-aplicada-a-saude>. Acesso em: 10 ago. 2026.

CHITUMBA, Hermenegildo Osvaldo; MAIATO, Edmauro J. Rafael. **Inteligência artificial no campo da saúde: desafios e oportunidades.** *Revista Angolana de Ciências da Saúde*, v. 3, n. 2, p. 1-3, 2022. DOI: 10.54283/RACSaude.v3i2.2023.p1-3.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL (CGI.br). **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos estabelecimentos de saúde brasileiros: TIC Saúde 2024.** São Paulo: CGI.br, 2024.

FLORIDI, Luciano; COWLS, Josh. **A unified framework of five principles for AI in society.** *Harvard Data Science Review*, Cambridge, v. 1, n. 1, 2019. DOI: 10.1162/99608f92.8cd550d1.

FOLHA DE S.PAULO. **Impactos da IA em setores como saúde, comércio e religião.** *Novo em Folha*, São Paulo, 1 jun. 2026. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/amp/blogs/novo-em-folha/2026/06/especial-discute-riscos-e-oportunidades-com-o-avanco-da-inteligencia-artificial.shtml>. Acesso em: 10 ago. 2026.

FOLHA DE S.PAULO. **Especial discute riscos e oportunidades com o avanço da inteligência artificial.** *Folha de S.Paulo*, São Paulo, 1 jun. 2026. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/blogs/novo-em-folha/2026/06/especial-discute-riscos-e-oportunidades-com-o-avanco-da-inteligencia-artificial.shtml>. Acesso em: 20 ago. 2026.

GADELHA, Carlos Augusto Graboís. **Complexo econômico-industrial da saúde: inovação e desenvolvimento.** Rio de Janeiro: Fiocruz, 2020.

GADELHA, Carlos Augusto Grabois. **Complexo econômico-industrial da saúde: inovação, desenvolvimento e soberania**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2021.

GADELHA, Carlos Augusto Grabois. **O complexo industrial da saúde e a necessidade de um enfoque dinâmico na economia da saúde**. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 521-535, 2003.

GADELHA, Carlos Augusto Grabois et al. **Complexo econômico-industrial da saúde: a base econômica e material do Sistema Único de Saúde**. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 28, supl. 1, 2012.

GADELHA, Carlos Augusto Grabois; COSTA, Laís Silveira. **Saúde e desenvolvimento no Brasil: avanços e desafios**. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 46, supl. 1, p. 13-20, 2012.

GADELHA, Carlos Augusto Grabois; TEMPORÃO, José Gomes. **Desenvolvimento, inovação e saúde: a perspectiva do Complexo Econômico-Industrial da Saúde**. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, 2018.

G1. Inteligência artificial ajuda médicos brasileiros a avaliar pacientes e agilizar atendimentos. *Jornal Nacional*, Rio de Janeiro, 22 abr. 2026. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2026/04/22/inteligencia-artificial-ajuda-medicos-brasileiros-a-avaliar-pacientes-e-agilizar-atendimentos.ghtml>. Acesso em: 10 ago. 2026.

G1. Inteligência artificial ajuda médicos brasileiros a avaliar pacientes e agilizar atendimentos. *G1*, 23 abr. 2026. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2026/04/22/inteligencia-artificial-ajuda-medicos-brasileiros-a-avaliar-pacientes-e-agilizar-atendimentos.ghtml>. Acesso em: 20 ago. 2026.

HADDAD, Ana Estela; LIMA, Nísia Trindade. **Saúde digital no Sistema Único de Saúde (SUS)**. *Interface – Comunicação, Saúde, Educação*, Botucatu, v. 28, e230597, 2024. DOI: 10.1590/interface.230597.

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA UFPE. **HC apresenta chatbot pós-cirúrgico em showcase nacional de Inteligência Artificial nos hospitais**. *Ebserh*, 6 ago. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/hubrasil/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-nordeste/hc-ufpe/comunicacao/noticias/hc-apresenta-chatbot-pos-cirurgico-em-showcase-nacional-de-inteligencia-artificial-nos-hospitais>. Acesso em: 20 ago. 2026.

JORNAL DA USP. **Tecnologia em prol da saúde: sistemas inteligentes transformam a gestão hospitalar**. *Jornal da USP*, São Paulo, 13 jul. 2026. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/tecnologia-em-prol-da-saude-sistemas-inteligentes-transformam-a-gestao-hospitalar/>. Acesso em: 10 ago. 2026.

JORNAL DA USP. **Tecnologia em prol da saúde: sistemas inteligentes transformam a gestão hospitalar**. *Jornal da USP*, São Paulo, 13 jul. 2026. Disponível em:

<https://jornal.usp.br/atualidades/tecnologia-em-prol-da-saude-sistemas-inteligentes-transformam-a-gestao-hospitalar/>. Acesso em: 20 ago. 2026.

KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Keele: Keele University; Durham: Durham University, 2007.

LEMES, Marcelle Martins; LEMOS, Amanda Nunes Lopes Espiñeira. **O uso da inteligência artificial na saúde pela Administração Pública brasileira**. *Cadernos Ibero-Americanos de Direito Sanitário*, Brasília, v. 9, n. 3, p. 166-177, 2020. DOI: 10.17566/ciads.v9i3.684.

MANTECORP SAÚDE. **Inteligência artificial na saúde: aplicações, tendências e desafios**. São Paulo, 7 jan. 2026. Disponível em: <https://www.mantecorpsaude.com.br/artigos/institucional/inteligencia-artificial-na-saude>. Acesso em: 10 ago. 2026.

MEDICINA S/A. **Inteligência artificial generativa na saúde**. *Medicina S/A*, [S. l.], 2023. Disponível em: <https://medicinasa.com.br/ia-generativa/>. Acesso em: 10 ago. 2026.

MENDES, Eugênio Vilaça. **As redes de atenção à saúde**. 2. ed. Brasília, DF: Organização Pan-Americana da Saúde, 2011.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Ethics and governance of artificial intelligence for health**. Geneva: World Health Organization, 2021.

PESQUISA FAPESP. **A inteligência artificial chega à saúde**. *Revista Pesquisa FAPESP*, São Paulo, ed. 322, dez. 2022. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-inteligencia-artificial-chega-a-saude/>. Acesso em: 20 ago. 2026.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach**. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2021.

TOPOL, Eric. **Deep medicine: how artificial intelligence can make healthcare human again**. New York: Basic Books, 2019.

ZAPAROLLI, Domingos. **A inteligência artificial chega à saúde**. *Pesquisa FAPESP*, São Paulo, n. 322, dez. 2022. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-inteligencia-artificial-chega-a-saude/>. Acesso em: 10 ago. 2026.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Informações referentes aos grupos de pesquisa

Nº	Grupo de pesquisa	Ano de formação	Instituição	UF	Grande área	Área específica	Linhas de pesquisa	Recursos humanos
1	Nome do grupo	2024	Instituição	PB	Ciências da Saúde	Saúde Coletiva	...	...
2	Nome do grupo	2023	Instituição	CE	Ciências da Saúde	Medicina	...	...
3	Nome do grupo	2022	Instituição	PE	Ciências da Saúde	Enfermagem	...	...
4	Nome do grupo	2021	Instituição	BA	Ciências da Saúde	Saúde Pública	...	...
5	Nome do grupo	2020	Instituição	RN	Ciências da Saúde	Epidemiologia	...	...
6	Nome do grupo	2019	Instituição	SE	Ciências da Saúde	Odontologia	...	...
7	Nome do grupo	2018	Instituição	PI	Ciências da Saúde	Farmácia	...	...
8	Nome do grupo	2017	Instituição	MA	Ciências da Saúde	Nutrição	...	...
9	Nome do grupo	2016	Instituição	PB	Ciências da Saúde	Fisioterapia	...	...
10	Nome do grupo	2015	Instituição	AL	Ciências da Saúde	Psicologia	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...
97	Nome do grupo	2025	Instituição	AL	Ciências da Saúde	...	...	...

Fonte: Elaborado pelo autor para análise de dados do DGP/CNPq (2026).

APÊNDICE B – Publicações jornalísticas e setoriais analisadas

Quadro 1 – Principais perspectivas da Inteligência Artificial (IA) na saúde a partir de notícias e publicações (2026).

Nº	Fonte / notícia	Principal perspectiva de IA na saúde	Síntese da contribuição da notícia	Desafios / riscos	Implicação para o SUS
1	Jornal da USP – <i>Tecnologia em prol da saúde: sistemas inteligentes transformam a gestão hospitalar</i>	Gestão inteligente e apoio à decisão	A IA pode organizar filas, prever duração de consultas, identificar pacientes com maior probabilidade de faltar e automatizar documentação clínica.	Qualidade dos dados, aperfeiçoamento dos algoritmos e capacitação dos profissionais.	Maior eficiência da gestão, redução de filas e absenteísmo e melhor organização dos serviços.
2	Pesquisa FAPESP – <i>A inteligência artificial chega à saúde</i>	Diagnóstico, prognóstico e análise de dados	A IA pode aumentar a precisão do diagnóstico e da triagem, apoiar o atendimento clínico, a pesquisa, o desenvolvimento de medicamentos, a vigilância de doenças e a gestão dos sistemas de saúde.	Algoritmos podem apresentar desempenho diferente conforme a população utilizada no treinamento.	Necessidade de desenvolver e adaptar soluções às realidades epidemiológicas e socioeconômicas, incluindo a nordestina.
3	Medicina S/A – <i>Inteligência Artificial Generativa na Saúde</i>	IA generativa e apoio aos profissionais	Modelos generativos podem auxiliar na análise de informações, elaboração de hipóteses, organização de históricos e apoio aos atendimentos.	Erros ou alucinações, responsabilidade profissional, privacidade e necessidade de supervisão humana.	Pode reduzir a burocracia e apoiar os profissionais, sem substituir a decisão clínica.
4	Folha de S.Paulo – <i>Especial discute riscos e oportunidades com o avanço da inteligência artificial</i>	Riscos, informação e governança	A reportagem evidencia oportunidades da IA, mas também riscos relacionados à desinformação e à produção de conteúdos falsos.	Desinformação, conteúdos artificiais, exposição de dados pessoais e dificuldade de distinguir informações confiáveis.	Necessidade de educação digital, comunicação qualificada e governança da IA no SUS.
5	Mantecorp Saúde – <i>Inteligência artificial na saúde</i>	Prevenção e vigilância epidemiológica	A IA pode analisar dados clínicos, ambientais e geográficos para antecipar doenças, identificar fatores de risco e auxiliar no diagnóstico e desenvolvimento de medicamentos.	Viés algorítmico, privacidade, regulamentação e integração aos fluxos clínicos.	Fortalecimento da vigilância epidemiológica e da prevenção de agravos no SUS.
6	Revista Galha Azul/TJPR – <i>Uso ético da inteligência artificial na saúde</i>	Ética, responsabilidade e regulação	Discute os impactos jurídicos e éticos da IA, incluindo vieses algorítmicos, proteção de dados e responsabilidade por decisões automatizadas.	Falta de transparência, discriminação algorítmica, proteção de dados e responsabilização por erros.	Necessidade de governança, regras claras, transparência e responsabilização no SUS.
7	ANAHp – <i>A inteligência artificial já está sendo usada na saúde</i>	Cuidado personalizado e monitoramento	A IA já é utilizada em agendamento, diagnóstico, acompanhamento pós-operatório e monitoramento de pacientes com riscos à saúde.	Integração tecnológica, qualidade dos dados e necessidade de segurança e confiabilidade.	Qualificação do cuidado e acompanhamento mais eficiente dos usuários do SUS.
8	ANAHp – <i>Experiência do HC-UFPE/Ebserh</i>	Monitoramento remoto e prevenção de complicações	Agentes inteligentes e alertas podem acompanhar pacientes após cirurgias, identificar sinais de infecção e permitir intervenção mais rápida.	Dependência de conectividade, qualidade dos dados e resposta adequada aos alertas.	Exemplo concreto do potencial de aplicação da IA em instituição pública de saúde do Nordeste.
9	G1/Jornal Nacional – <i>Inteligência artificial ajuda médicos brasileiros a avaliar pacientes e agilizar atendimentos</i>	Diagnóstico e agilidade assistencial	A IA apoia a avaliação de pacientes, a análise de exames e informações clínicas, contribuindo para agilizar atendimentos.	Necessidade de integração ao trabalho médico e de supervisão profissional.	Potencial para reduzir tempo de espera, acelerar diagnósticos e melhorar a alocação de recursos.
10	Ministério da Saúde – <i>Em Lisboa, Brasil participa de conferência da OMS sobre inteligência artificial aplicada à saúde</i>	Governança, equidade e soberania digital	O Brasil apresenta estratégias relacionadas ao SUS Digital e à Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS), com foco em ética, segurança, confiança, equidade e soberania digital.	Proteção de dados, avaliação de riscos, privacidade e desigualdades de acesso.	A IA deve contribuir para melhorar o SUS, ampliar o acesso e reduzir desigualdades, e não apenas introduzir novas tecnologias.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas notícias e publicações citadas com apoio do ChatGpt (2026).