

Aplicações da inteligência artificial no cuidado com o pé diabético: revisão de escopo

Applications of artificial intelligence in diabetic foot care: a scoping review

Aplicaciones de la inteligencia artificial en el cuidado del pie diabético: revisión de alcance

Kamada, Raissa Vitória;¹ Magalhães, Suzana Rangel;² Fracaroli, Yasmim Ribeiro;³ Fava, Silvana Maria Coelho Leite;⁴ Dázio, Eliza Maria de Rezende;⁵ Costa, Alice Silva;⁶ Costa, Isabelle Cristinne Pinto;⁷ Gomes, Lilian Cristiane⁸

RESUMO

Objetivo: mapear e sintetizar a literatura científica sobre a aplicação da inteligência artificial na saúde para o cuidado/manejo do pé diabético e identificar lacunas de evidências para a prática de enfermagem. **Método:** revisão de escopo conduzida conforme as diretrizes do Instituto Joanna Briggs. As buscas foram realizadas em seis bases de dados internacionais e na literatura cinzenta, sem restrição de idioma ou data. **Resultados:** foram incluídos 101 estudos. A inteligência artificial tem sido incorporada à aplicativos móveis e sistemas de telemonitoramento para análise de imagens, possibilitando apoio diagnóstico e suporte à decisão clínica. Apesar dos avanços, aspectos éticos, de segurança da informação e riscos de vieses algorítmicos são pouco explorados. A integração ao cuidado de enfermagem mostrou-se incipiente, sem avaliação dos impactos na assistência em termos relacionais e operacionais. **Conclusões:** a inteligência artificial mostra-se promissora, porém requer diretrizes éticas, infraestrutura adequada e o protagonismo da enfermagem no desenvolvimento e implementação.

Descritores: Inteligência artificial; Diabetes mellitus; Pé diabético; Enfermagem; Cuidados de enfermagem

ABSTRACT

Objective: to map and synthesize the scientific literature on the application of artificial intelligence in healthcare for the care/management of diabetic foot and to identify evidence gaps for nursing practice. **Method:** a scoping review was

1 Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas, Minas Gerais (MG). Brasil (BR). E-mail: raissa.kamada@sou.unifal-mg.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4671-6414>

2 Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas, Minas Gerais (MG). Brasil (BR). E-mail: suzana.magalhaes@sou.unifal-mg.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6787-5485>

3 Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas, Minas Gerais (MG). Brasil (BR). E-mail: yasmimfracaroli@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2400-2323>

4 Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas, Minas Gerais (MG). Brasil (BR). E-mail: silvana.fava@unifal-mg.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3186-9596>

5 Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas, Minas Gerais (MG). Brasil (BR). E-mail: eliza.dazio@unifal-mg.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9216-6283>

6 Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas, Minas Gerais (MG). Brasil (BR). E-mail: alice34.trabalho@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7788-3989>

7 Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas, Minas Gerais (MG). Brasil (BR). E-mail: isabelle.costa@unifal-mg.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2611-8643>

8 Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas, Minas Gerais (MG). Brasil (BR). E-mail: lilian.gomes@unifal-mg.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9980-4759>

conducted according to the Joanna Briggs Institute guidelines. Searches were performed in six international databases and in gray literature, without language or date restrictions. **Results:** a total of 101 studies were included. Artificial intelligence has been incorporated into mobile applications and telemonitoring systems for image analysis, enabling diagnostic support and clinical decision support. Despite advances, ethical aspects, information security, and the risks of algorithmic bias are poorly explored. Integration into nursing care has proven incipient, without an assessment of the impacts on care in relational and operational terms. **Conclusions:** artificial intelligence is promising, but requires ethical guidelines, adequate infrastructure, and the leading role of nursing in its development and implementation.

Descriptors: Artificial intelligence; Diabetes mellitus; Diabetic foot; Nursing; Nursing care

RESUMEN

Objetivo: mapear y sintetizar la literatura científica sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el cuidado del pie diabético y evidencia para la práctica de enfermería. **Método:** revisión de alcance conforme a las directrices del Instituto Joanna Briggs, con búsquedas en seis bases de datos internacionales y en literatura gris, sin restricción de idioma ni fecha. **Resultados:** se incluyeron 101 estudios. La inteligencia artificial se ha incorporado a aplicaciones móviles y sistemas de telemonitorización para el análisis de imágenes, posibilitando apoyo al diagnóstico y a la toma de decisiones clínicas. Los aspectos éticos, la seguridad de la información y los riesgos de sesgos algorítmicos están poco explorados. La integración en la atención en enfermería es incipiente, sin una evaluación de sus impactos relacionales ni operativos. **Conclusiones:** la inteligencia artificial requiere directrices éticas, infraestructura adecuada y el papel protagónico de la enfermería en su desarrollo e implementación.

Descriptores: Inteligencia artificial; Diabetes mellitus; Pie diabético; Enfermería; Atención de enfermería

INTRODUÇÃO

A doença do pé relacionada ao diabetes mellitus (DM), classicamente conhecida como “pé diabético”, constitui uma das complicações mais graves e onerosas da doença, resultante da neuropatia periférica, isquemia e infecção, que comprometem a integridade tecidual. Estima-se que entre 15% e 25% das pessoas com DM desenvolverão úlceras nos pés ao longo da vida e uma proporção significativa evoluirá para amputações, especialmente nos contextos de atraso diagnóstico ou acompanhamento inadequado.¹⁻³ O manejo clínico adequado requer uma abordagem multiprofissional e contínua, que envolve avaliação de risco, educação em saúde, controle glicêmico rigoroso e monitoramento das lesões.³⁻⁴

Com o avanço das tecnologias digitais, a inteligência artificial (IA) tem se consolidado como uma ferramenta estratégica no suporte ao

cuidado em saúde.⁵ A IA pode ser definida como a capacidade de sistemas computacionais em simular processos cognitivos humanos, como aprendizagem, raciocínio e tomada de decisão.⁶⁻⁷ As aplicações na área da saúde incluem desde a análise de imagens médicas até a previsão de desfechos clínicos, oferecendo apoio à decisão diagnóstica e terapêutica.⁵⁻⁷ Assim, profissionais da saúde, especialmente os enfermeiros, devem compreender o uso dessas tecnologias para a prestação de cuidados centrados no paciente e orientações fundamentadas na prática baseada em evidências.⁸

No contexto do pé diabético, a IA tem sido utilizada principalmente na detecção precoce de úlceras,

avaliação de gravidade, predição de risco de amputação e acompanhamento remoto de pacientes. Técnicas como aprendizado de máquina (*machine learning*) e aprendizado profundo (*deep learning*) possibilitam identificar padrões sutis em grandes volumes de dados clínicos e de imagem, superando limitações da observação humana e potencializando a precisão diagnóstica.⁹⁻¹⁰ Entretanto, persistem lacunas/desafios importantes quanto à validação clínica, ética e integração ao cuidado de enfermagem.^{5,7,9}

Enfermeiros e suas equipes constituem a linha de frente no cuidado às pessoas com alterações/lesões nos pés relacionadas ao DM e a integração da IA na prática de enfermagem representa uma mudança paradigmática com potencial para melhorar a prestação de cuidados. No entanto, concretizar esse potencial exige uma aproximação com essas tecnologias e suas aplicações, bem como a identificação das lacunas de evidências para a prática profissional, a fim de prover, no futuro, a gestão cuidadosa dos desafios que impactam o uso da IA na saúde/enfermagem. Assim, o presente estudo tem por objetivo mapear e sintetizar a literatura científica sobre a aplicação da IA na saúde para o cuidado/ manejo do pé diabético e identificar as lacunas de evidências para a prática de enfermagem.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão de escopo, conduzida segundo as orientações metodológicas do *Joanna Briggs Institute* (JBI)¹¹ e reportada conforme o checklist PRISMA-ScR.¹² O protocolo foi previamente registrado na *Open Science Framework* (OSF) (DOI: 10.17605/OSF.IO/8XQRG). A

questão norteadora, estruturada pelo modelo PCC (População, Conceito, Contexto) (Quadro 1), foi elaborada da seguinte forma: “Qual é a evidência disponível sobre a aplicação da IA na saúde para o cuidado/ manejo do pé diabético, em diferentes cenários clínicos, tecnológicos e de pesquisa?”.

Foram considerados elegíveis estudos que abordassem o uso de IA para triagem, diagnóstico, predição, monitoramento ou tratamento do pé diabético, independentemente do delineamento metodológico, idioma ou ano de publicação. As buscas foram realizadas em janeiro e fevereiro de 2025 nas bases PubMed, LILACS, CINAHL, Embase, Scopus e Web of Science, com complementação na literatura cinzenta (Google Scholar). Os termos utilizados combinaram os descritores controlados e palavras-chave por meio dos operadores booleanos “OR” e “AND”. A estratégia de busca foi elaborada para a PubMed, revisada por bibliotecário e adaptada para as demais bases de dados (Quadro 2).

A seleção foi conduzida por dois revisores independentes, utilizando o software *Rayyan*[®],¹³ e as divergências foram resolvidas por consenso com um terceiro revisor. A figura 1 demonstra o fluxograma do processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos, conforme as diretrizes PRISMA-ScR. As referências dos estudos incluídos foram examinadas manualmente para identificar publicações adicionais. A extração de dados seguiu formulário padronizado pelo JBI,¹⁴ contendo: autores, ano, objetivos, métodos, tipo de IA, contexto de aplicação, principais achados e limitações. Os dados foram analisados por meio de síntese narrativa e análise de conteúdo, combinando abordagens indutivas e dedutivas.¹⁵ Destaca-se o uso de ferramentas de IA, empregadas de forma assistiva sem substituir a interpretação crítica das pesquisadoras, bem como para gerar representações visuais relativas aos resultados (Napkin AI[®]).

Quadro 1. Estratégia PCC para elaboração da pergunta norteadora da revisão, 2025

População (P)	Pessoas com diabetes mellitus em risco de desenvolver ou que já desenvolveram pé diabético
Conceito (C)	Aplicação da IA na saúde para o cuidado/ manejo do pé diabético
Contexto (C)	Cenários clínicos, tecnológicos e de pesquisa em saúde

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Quadro 2. Estratégias de buscas utilizadas nas bases de dados, 2025

Base de Dados	Estratégia de Busca
PubMed	"Diabetic Foot" [Mesh] OR (Foot, Diabetic) OR (Diabetic Feet) OR (Feet, Diabetic) OR (Foot Ulcer, Diabetic) AND "Artificial Intelligence" [Mesh] OR (Intelligence, Artificial) OR (Computer Reasoning) OR (Reasoning, Computer) OR (AI (Artificial Intelligence)) OR (Machine Intelligence) OR (Intelligence, Machine) OR (Computational Intelligence) OR (Intelligence, Computational) OR (Computer Vision Systems) OR (Computer Vision System) OR (System, Computer Vision) OR (Systems, Computer Vision) OR (Vision System, Computer) OR (Vision Systems, Computer) OR (Knowledge Acquisition (Computer)) OR (Acquisition, Knowledge (Computer)) OR (Knowledge Representation (Computer)) OR (Knowledge Representations (Computer)) OR (Representation, Knowledge (Computer))
LILACS (via BVS)	MH:"Pé Diabético" OR (Pé Diabético) OR (Diabetic Foot) OR (Pie Diabético) OR (Úlcera Diabética do Pé) OR MH:C14.907.320.191 AND MH:"Inteligência Artificial" OR (Inteligência Artificial) OR (Artificial Intelligence) OR (Inteligencia Artificial) OR (Aquisição de Conhecimento (Computador)) OR (Aquisição de Conhecimentos (Informática)) OR (IA (Inteligência Artificial)) OR (Inteligência de Máquina) OR (Raciocínio Automático) OR (Raciocínio Computacional) OR (Representação de Conhecimento (Computador)) OR (Representação do Conhecimento (Computador)) OR (Sistemas de Visão Artificial) OR (Sistemas de Visão Computacional) OR MH:G17.035.250
CINAHL (EBSCO)	MH "Diabetic Foot" OR "Foot, Diabetic" OR "Diabetic Feet" OR "Feet, Diabetic" OR "Foot Ulcer, Diabetic" AND MH "Artificial Intelligence" OR "Intelligence, Artificial" OR "Computer Reasoning" OR "Reasoning, Computer" OR "AI (Artificial Intelligence)" OR "Machine Intelligence" OR "Intelligence, Machine" OR "Computational Intelligence" OR "Intelligence, Computational" OR "Computer Vision Systems" OR "Computer Vision System" OR "System, Computer Vision" OR "Systems, Computer Vision" OR "Vision System, Computer" OR "Vision Systems, Computer" OR "Knowledge Acquisition (Computer)" OR "Acquisition, Knowledge (Computer)" OR "Knowledge Representation (Computer)" OR "Knowledge Representations (Computer)" OR "Representation, Knowledge (Computer)"
Embase (Elsevier)	'diabetic foot'/exp OR 'diabetic feet' OR 'diabetic foot disease' OR 'diabetic foot syndrome' OR 'diabetic foot' AND 'artificial intelligence'/exp OR 'machine intelligence' OR 'artificial intelligence'
Scopus (Elsevier)	'diabetic foot' OR 'foot, diabetic' OR 'diabetic feet' OR 'feet, diabetic' OR 'foot ulcer, diabetic' AND 'artificial intelligence' OR 'intelligence, artificial' OR 'computer reasoning' OR 'reasoning, computer' OR 'ai (artificial intelligence)' OR 'machine intelligence' OR 'intelligence, machine' OR 'computational intelligence' OR 'intelligence, computational' OR 'computer vision systems' OR 'computer vision system' OR 'system, computer vision' OR 'systems, computer vision' OR 'vision system, computer' OR 'vision systems, computer' OR 'knowledge acquisition (computer)' OR 'acquisition, knowledge (computer)' OR 'knowledge representation (computer)' OR 'knowledge representations (computer)' OR 'representation, knowledge (computer)'

Web of Science	"Diabetic Foot" OR "Foot, Diabetic" OR "Diabetic Feet" OR "Feet, Diabetic" OR "Foot Ulcer, Diabetic" AND "Artificial Intelligence" OR "Intelligence, Artificial" OR "Computer Reasoning" OR "Reasoning, Computer" OR "AI (Artificial Intelligence)" OR "Machine Intelligence" OR "Intelligence, Machine" OR "Computational Intelligence" OR "Intelligence, Computational" OR "Computer Vision Systems" OR "Computer Vision System" OR "System, Computer Vision" OR "Systems, Computer Vision" OR "Vision System, Computer" OR "Vision Systems, Computer" OR "Knowledge Acquisition (Computer)" OR "Acquisition, Knowledge (Computer)" OR "Knowledge Representation (Computer)" OR "Knowledge Representations (Computer)" OR "Representation, Knowledge (Computer)"
Google Scholar	("Diabetic Foot" OR "Foot, Diabetic" OR "Diabetic Feet" OR "Feet, Diabetic" OR "Foot Ulcer, Diabetic") AND ("Artificial Intelligence")

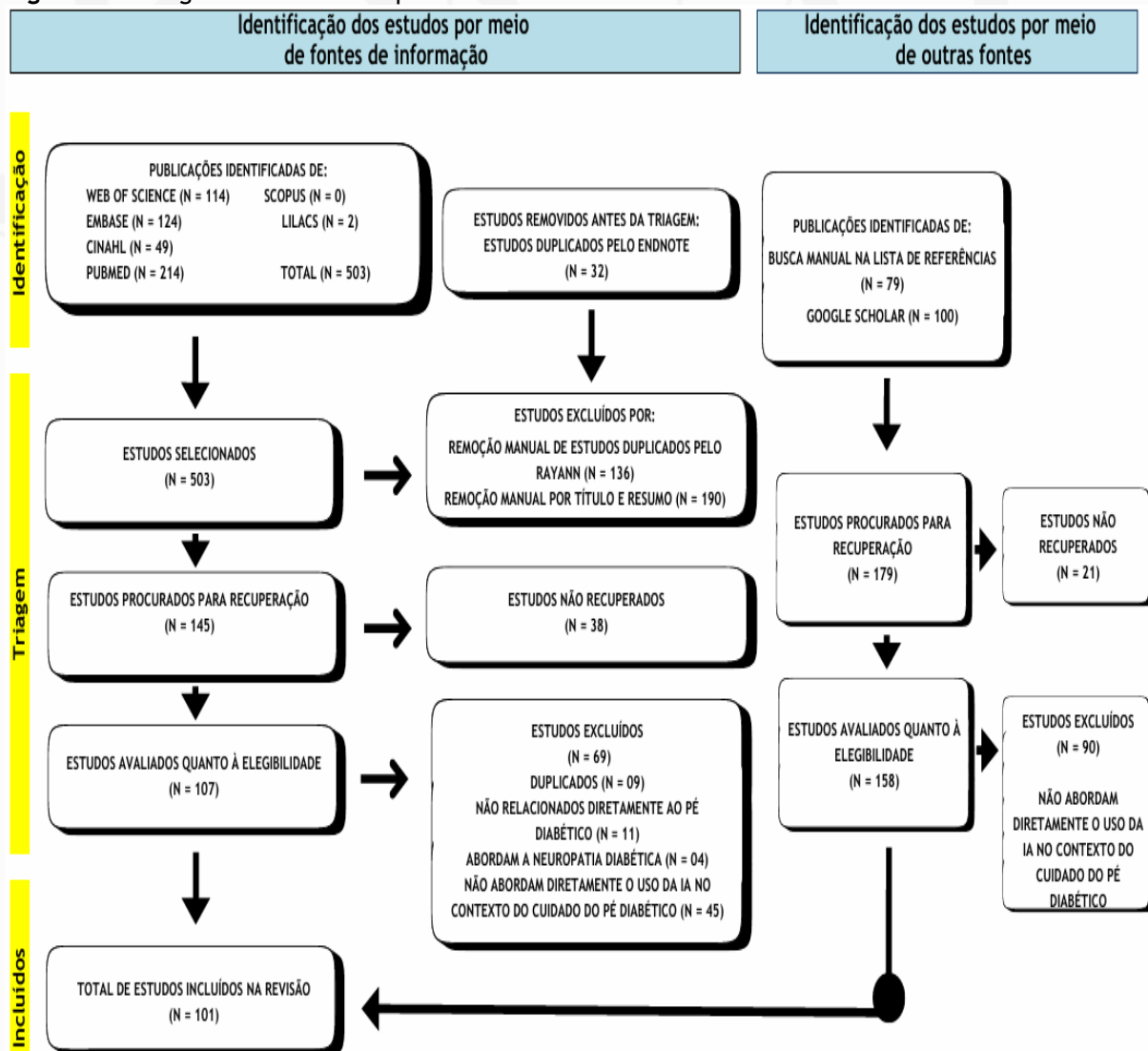
Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

RESULTADOS

Foram incluídos 101 estudos (Figura 1), publicados entre 2009 e 2025, com crescimento exponencial a partir de 2017, particularmente em 2022 (n=25; 25,74%),

evidenciando o interesse recente pela aplicação da IA na saúde para o cuidado/manejo do pé diabético (Quadro 3).

Figura 1. Fluxograma PRISMA-ScR para inclusão de estudos na revisão



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025 - adaptação do fluxograma PRISMA-ScR.¹²

Quadro 3. Estudos incluídos na revisão de escopo, 2025

Estudo	Título do Artigo	Ano
E01 ¹⁶	<i>Is artificial intelligence the key to better foot self-care in diabetes?</i>	2023
E02 ¹⁷	<i>Artificial intelligence in wound care: diagnosis, assessment and treatment of hard-to-heal wounds: a narrative review</i>	2024
E03 ¹⁸	<i>Avanços da tecnologia de inteligência artificial no cuidado de úlceras no pé diabético</i>	2024
E04 ¹⁹	<i>Applications of machine learning in diabetic foot ulcer diagnosis using multimodal images: a review</i>	2023
E05 ²⁰	<i>E-DFu-Net: an efficient deep convolutional neural network models for diabetic foot ulcer classification</i>	2025
E06 ²¹	<i>SwinDFU-Net: deep learning transformer network for infection identification in diabetic foot ulcer</i>	2025
E07 ²²	<i>Advances in machine learning-aided thermal imaging for early detection of diabetic foot ulcers: a review</i>	2024
E08 ²³	<i>A few-shot diabetes foot ulcer image classification method based on deep ResNet and transfer learning</i>	2024
E09 ²⁴	<i>Emerging technologies for the management of diabetic foot ulceration: a review</i>	2024
E10 ²⁵	<i>Classification of diabetic foot ulcers from images using machine learning approach</i>	2024
E11 ²⁶	<i>XAI-FusionNet: diabetic foot ulcer detection based on multiscale feature fusion with explainable artificial intelligence</i>	2024
E12 ²⁷	<i>Smart diabetic foot ulcer scoring system</i>	2024
E13 ²⁸	<i>Real-time diabetic foot ulcer classification based on deep learning & parallel hardware computational tools</i>	2024
E14 ²⁹	<i>Risk prediction of diabetic foot amputation using machine learning and explainable artificial intelligence</i>	2025
E15 ³⁰	<i>Prediction of amputation risk of patients with diabetic foot using classification algorithms: a clinical study from a tertiary center</i>	2024
E16 ³¹	<i>A novel approach for diabetic foot diagnosis: Deep learning-based detection of lower extremity arterial stenosis</i>	2024
E17 ³²	<i>Cost-effectiveness and clinical outcomes of artificial intelligence-enhanced screening for diabetic foot ulcers: a simulation study</i>	2024
E18 ³³	<i>IDF23-0385 Technology advancement in the care of diabetic foot ulcers - the future perspective</i>	2024
E19 ³⁴	<i>Region-wise severity analysis of diabetic plantar foot thermograms</i>	2023
E20 ³⁵	<i>Artificial intelligence for automated detection of diabetic foot ulcers: a real-world proof-of-concept clinical evaluation</i>	2023
E21 ³⁶	<i>Diabetic plantar foot segmentation in active thermography using a two-stage adaptive gamma transform and a deep neural network</i>	2023
E22 ³⁷	<i>Empowering foot health: harnessing the adaptive weighted subgradient convolutional neural network for diabetic foot ulcer classification</i>	2023
E23 ³⁸	<i>Utilizing mask R-CNN for automated evaluation of diabetic foot ulcer healing trajectories: a novel approach</i>	2023
E24 ³⁹	<i>Prediction of foot ulcers using artificial intelligence for diabetic patients at Cairo University Hospital</i>	2023
E25 ⁴⁰	<i>Artificial intelligence based prediction of diabetic foot risk in patients with diabetes: a literature review</i>	2023
E26 ⁴¹	<i>The use of the artificial neural network for three-month prognosis in diabetic foot syndrome</i>	2023
E27 ⁴²	<i>The role of artificial intelligence technology in the care of diabetic foot ulcers: the past, the present, and the future</i>	2022
E28 ⁴³	<i>Image segmentation using transfer learning and Fast R-CNN for diabetic foot wound treatments</i>	2022
E29 ⁴⁴	<i>Clinical validation of an artificial intelligence-enabled wound imaging mobile application in diabetic foot ulcers</i>	2022
E30 ⁴⁵	<i>A deep learning method for early detection of diabetic foot using decision fusion and thermal images</i>	2022
E31 ⁴⁶	<i>A deep learning approach for diabetic foot ulcer classification and recognition</i>	2023
E32 ⁴⁷	<i>The DFUC 2020 dataset: analysis toward diabetic foot ulcer detection</i>	2021
E33 ⁴⁸	<i>A clustering approach for prediction of diabetic foot using thermal images</i>	2020
E34 ⁴⁹	<i>Deep learning classification for diabetic foot thermograms</i>	2020

E35 ⁵⁰	<i>The role of machine learning in advancing diabetic foot: a review</i>	2024
E36 ⁵¹	<i>Dfunet: convolutional neural networks for diabetic foot ulcer classification</i>	2020
E37 ⁵²	<i>Diabetic foot ulcers classification using a fine-tuned CNNs ensemble</i>	2022
E38 ⁵³	<i>Convolutional nets versus vision transformers for diabetic foot ulcer classification</i>	2021
E39 ⁵⁴	<i>An integrated design for classification and localization of diabetic foot ulcer based on CNN and YOLOV2-DFU models</i>	2020
E40 ⁵⁵	<i>DFU_VIRnet: a novel visible-infrared CNN to improve diabetic foot ulcer classification and early detection of ulcer risk zones</i>	2023
E41 ⁵⁶	<i>DFU_XAI: a deep learning-based approach to diabetic foot ulcer detection using feature explainability</i>	2024
E42 ⁵⁷	<i>Machine learning in the prevention, diagnosis and management of diabetic foot ulcers: a systematic review</i>	2020
E43 ⁵⁸	<i>Artificial intelligence methodologies applied to technologies for screening, diagnosis and care of the diabetic foot: a narrative review</i>	2022
E44 ⁵⁹	<i>Diabetic wounds and artificial intelligence: A mini-review</i>	2023
E45 ⁶⁰	<i>The advent of artificial intelligence in diabetic foot medicine: a new horizon, a new order, or a false dawn?</i>	2023
E46 ⁶¹	<i>Diabetic foot ulcer identification: a review</i>	2023
E47 ⁶²	<i>Advantages of thermovision imaging for PPPM approach to diabetic foot</i>	2023
E48 ⁶³	<i>DFU-SIAM a novel diabetic foot ulcer classification with deep learning</i>	2023
E49 ⁶⁴	<i>Adherence and the diabetic foot: high tech meets high touch?</i>	2023
E50 ⁶⁵	<i>Development of automatic segmentation techniques using convolutional neural networks to differentiate diabetic foot ulcers</i>	2022
E51 ⁶⁶	<i>Machine learning algorithm to evaluate risk factors for diabetic foot ulcers and its severity</i>	2022
E52 ⁶⁷	<i>Possibilities of multilayer perceptron in complexing risk factors for diabetic foot syndrome</i>	2022
E53 ⁶⁸	<i>Diabetic foot thermal image segmentation using Double Encoder-ResUnet (DE-ResUnet)</i>	2022
E54 ⁶⁹	<i>A novel machine learning approach for severity classification of diabetic foot complications using thermogram images</i>	2022
E55 ⁷⁰	<i>Machine learning-based diabetic neuropathy and previous foot ulceration patients detection using electromyography and ground reaction forces during gait</i>	2022
E56 ⁷¹	<i>Thermal change index-based diabetic foot thermogram image classification using machine learning techniques</i>	2022
E57 ⁷²	<i>Automatic segmentation of monofilament testing sites in plantar images for diabetic foot management</i>	2022
E58 ⁷³	<i>Machine learning for the prediction of minor amputation in University of Texas grade 3 diabetic foot ulcers</i>	2022
E59 ⁷⁴	<i>Holistic multiclass classification & grading of diabetic foot ulcerations from plantar thermal images using deep learning</i>	2022
E60 ⁷⁵	<i>An explainable machine learning model for predicting in-hospital amputation rate of patients with diabetic foot ulcer</i>	2022
E61 ⁷⁶	<i>A comprehensive review of methods based on deep learning for diabetes-related foot ulcers</i>	2022
E62 ⁷⁷	<i>Diabetic foot ulcer classification using mapped binary patterns and convolutional neural networks</i>	2022
E63 ⁷⁸	<i>Automated detection of infection in diabetic foot ulcer images using convolutional neural network</i>	2022
E64 ⁷⁹	<i>A review of non-invasive sensors and artificial intelligence models for diabetic foot monitoring</i>	2022
E65 ⁸⁰	<i>Performance evaluation of deep learning models for image classification over small datasets: diabetic foot case study</i>	2022
E66 ⁸¹	<i>Artificial intelligence for diabetic foot screening based on digital image analysis: a systematic review</i>	2025
E67 ⁸²	<i>Deep learning in diabetic foot ulcers detection: a comprehensive evaluation</i>	2021
E68 ⁸³	<i>Toward machine-learning-based decision support in diabetes care: a risk stratification study on diabetic foot ulcer and amputation</i>	2021
E69 ⁸⁴	<i>Classification of diabetic foot ulcers using class knowledge banks</i>	2022
E70 ⁸⁵	<i>Construction and verification of an intelligent measurement model for diabetic foot ulcer</i>	2021

E71 ⁸⁶	<i>An improved plantar regional division algorithm for aided diagnosis of early diabetic foot</i>	2020
E72 ⁸⁷	<i>Utilization of smartphone and tablet camera photographs to predict healing of diabetes-related foot ulcers</i>	2020
E73 ⁸⁸	<i>Aplicações de redes neurais convolucionais para classificação de úlceras do pé diabético</i>	2024
E74 ⁸⁹	<i>Recognition of ischemia and infection in diabetic foot ulcers: dataset and techniques</i>	2020
E75 ⁹⁰	<i>Diabetic foot ulcer detection using deep learning approaches</i>	2023
E76 ⁹¹	<i>Wound assessment, imaging and monitoring systems in diabetic foot ulcers: a systematic review</i>	2020
E77 ⁹²	<i>Diabetic wound segmentation using convolutional neural networks</i>	2019
E78 ⁹³	<i>Robust methods for real-time diabetic foot ulcer detection and localization on mobile devices</i>	2019
E79 ⁹⁴	<i>A comparison of intelligent classifiers of thermal patterns in diabetic foot</i>	2019
E80 ⁹⁵	<i>Area determination of diabetic foot ulcer images using a cascaded two-stage SVM-Based classification</i>	2017
E81 ⁹⁶	<i>DFU_SPNet: a stacked parallel convolution layers based CNN to improve diabetic foot ulcer classification</i>	2022
E82 ⁹⁷	<i>Automatic detection of diabetic foot complications with infrared thermography by asymmetric analysis</i>	2015
E83 ⁹⁸	<i>Toward the diabetic foot ulcers classification with infrared thermal images</i>	2018
E84 ⁹⁹	<i>Towards Home-Based Diabetic Foot Ulcer Monitoring: A Systematic Review</i>	2023
E85 ¹⁰⁰	<i>Protocol for metadata and image collection at diabetic foot ulcer clinics: enabling research in wound analytics and deep learning</i>	2024
E86 ¹⁰¹	<i>Optimization of plantar foot thermogram for diabetic foot ulceration early detection: An image enhancement approach</i>	2025
E87 ¹⁰²	<i>Fully convolutional networks for diabetic foot ulcer segmentation</i>	2017
E88 ¹⁰³	<i>DFU_QUTNet: diabetic foot ulcer classification using novel deep convolutional neural network</i>	2020
E89 ¹⁰⁴	<i>A proposed automated system to classify diabetic foot from thermography</i>	2018
E90 ¹⁰⁵	<i>Diabetic foot ulcer detection: combining deep learning models for improved localization</i>	2024
E91 ¹⁰⁶	<i>Diabetic foot ulcer mobile detection system using smartphone thermal camera: a feasibility study</i>	2017
E92 ¹⁰⁷	<i>Automatic classification of foot thermograms using machine learning techniques</i>	2022
E93 ¹⁰⁸	<i>Early diagnostic of diabetic foot using thermal images</i>	2013
E94 ¹⁰⁹	<i>Infrared dermal thermography on diabetic feet soles to predict ulcerations: a case study</i>	2013
E95 ¹¹⁰	<i>Feasibility and efficacy of a smart mat technology to predict development of diabetic plantar ulcers</i>	2017
E96 ¹¹¹	<i>A machine learning model for early detection of diabetic foot using thermogram images</i>	2021
E97 ¹¹²	<i>The use of artificial intelligence in three-dimensional imaging modalities and diabetic foot disease: A systematic review</i>	2024
E98 ¹¹³	<i>Faster r-CNN approach for diabetic foot ulcer detection</i>	2021
E99 ¹¹⁴	<i>Instance-based segmentation for boundary detection of neuropathic ulcers through mask-RCNN</i>	2019
E100 ¹¹⁵	<i>Competitive neural layer-based method to identify people with high risk for diabetic foot</i>	2020
E101 ¹¹⁶	<i>Asymmetry analysis based on genetic algorithms for the prediction of foot ulcers</i>	2009

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

No que se refere à distribuição geográfica, observa-se que os estudos são produzidos em escala global, em grande parte decorrentes de colaborações internacionais entre diversos países (n=20; 19,80%). Destacam-se, em termos de

volume individual de publicações, Reino Unido (n=11; 10,89%), China (n=9; 8,91%), Índia (n=8; 7,92%), Estados Unidos da América (n=5; 4,95%), Portugal (n=4; 3,96%), México (n=3; 2,97%) e Brasil (n=3; 2,97%).

Dos 101 estudos, 76 (75,24%) são de delineamento metodológico, 24 (23,76%) são artigos de revisão e um (0,99%), de opinião. A maioria das pesquisas revisadas concentrou-se em enfoques diagnósticos e preditivos, sobretudo com o objetivo de desenvolver e validar, aprimorar e/ou aplicar, ou ainda, identificar modelos de IA para o diagnóstico das úlceras de pé diabético/predição de risco (n=54; 53,46%),^{16-21,23-24,25-28,32,37-38,40,43-47,50-54,56,63,73-74,77-78,80,82,84-85,88-90,92,94-98,100-102,107-108,111,113-114} seguidas das que exploraram o uso de IA para triagem/identificação de fatores de risco (n=25; 24,75%),^{29-31,34,36,39,48-49,55,66-72,75,86,87,104,105,109,110,115-116} e para o monitoramento e acompanhamento de usuários (n=7; 6,93%).^{33,35,41-42,65,93,106}

As principais aplicações de IA abrangeram a análise de imagens clínicas e térmicas dos pés de pessoas com DM. Prevaleceu a utilização de técnicas de aprendizado profundo (*deep learning*), com destaque para modelos baseados na arquitetura de redes neurais convolucionais (CNNs) (n=28; 27,72%) bem como o emprego de abordagens tradicionais de aprendizado de máquina (*machine learning*) (n=19; 18,81%). Em ambas as metodologias, a acurácia variou entre 80% e 95% na detecção e classificação de úlceras, indicando relevante potencial para aplicação clínica. Identificaram-se, ainda, a aplicação de múltiplos métodos combinados (n=18; 17,82%) e outras abordagens de IA sem especificação clara de sua arquitetura (n=5; 4,95%), dificultando uma categorização precisa.

Especificamente em relação à prevenção/triagem do pé diabético, as aplicações da IA apresentaram-se em diferentes níveis de complexidade, agrupadas em cinco categorias: (a) análise automatizada de imagens dos pés (n=13; 12,87%),^{19,22,36,46,50,55,58,62,68,71,76,97,109} (b) classificação automatizada de risco e gravidade (n=30; 29,70%),^{20,21,23,25,28,34,37,43,45,49,51-52,53,55,56,57,62,64,69-70,74,78,81,83-84,88,90,96,98,104} (c) predição de amputações e complicações baseada em múltiplas fontes de dados (n=4; 3,96%),^{39,41,48,87} (d)

triagem/monitoramento remoto via aplicativos móveis (n=11; 10,89%)^{24,33,35,42,44,47,59,60,79,109,113} e (e) sistemas de alerta e encaminhamento clínico (n=4; 3,96%).^{18,67,115-116}

Referente aos cenários de integração da IA no manejo do pé diabético, destacaram-se distintos contextos clínicos e tecnológicos, agrupados em quatro categorias principais: aplicativos móveis, ferramentas de diagnóstico, monitoramento remoto e sistemas de suporte à decisão (Figura 2), sendo que um mesmo estudo pode se reportar a mais de um contexto.

A categoria predominante foram as ferramentas de diagnóstico (n=63; 62,38%),^{18-23,25-27,32-36,38-40,42-43,45-46,48-56,59,61,63,66,68,72,74-77,80-81,83,86,88-95,99-}

105,107,111,113,116 as quais incluíram dispositivos automatizados de diagnóstico/triagem que utilizam algoritmos de IA integrados ao processo clínico para identificar úlceras, predizer riscos, classificar lesões quanto à gravidade ou sugerir condutas, geralmente durante o atendimento ou na análise de exames. Esses estudos também enfatizaram os avanços significativos no desenvolvimento de algoritmos híbridos que combinam CNNs e IA generativa para aplicações no diagnóstico e classificação de risco/gravidade.

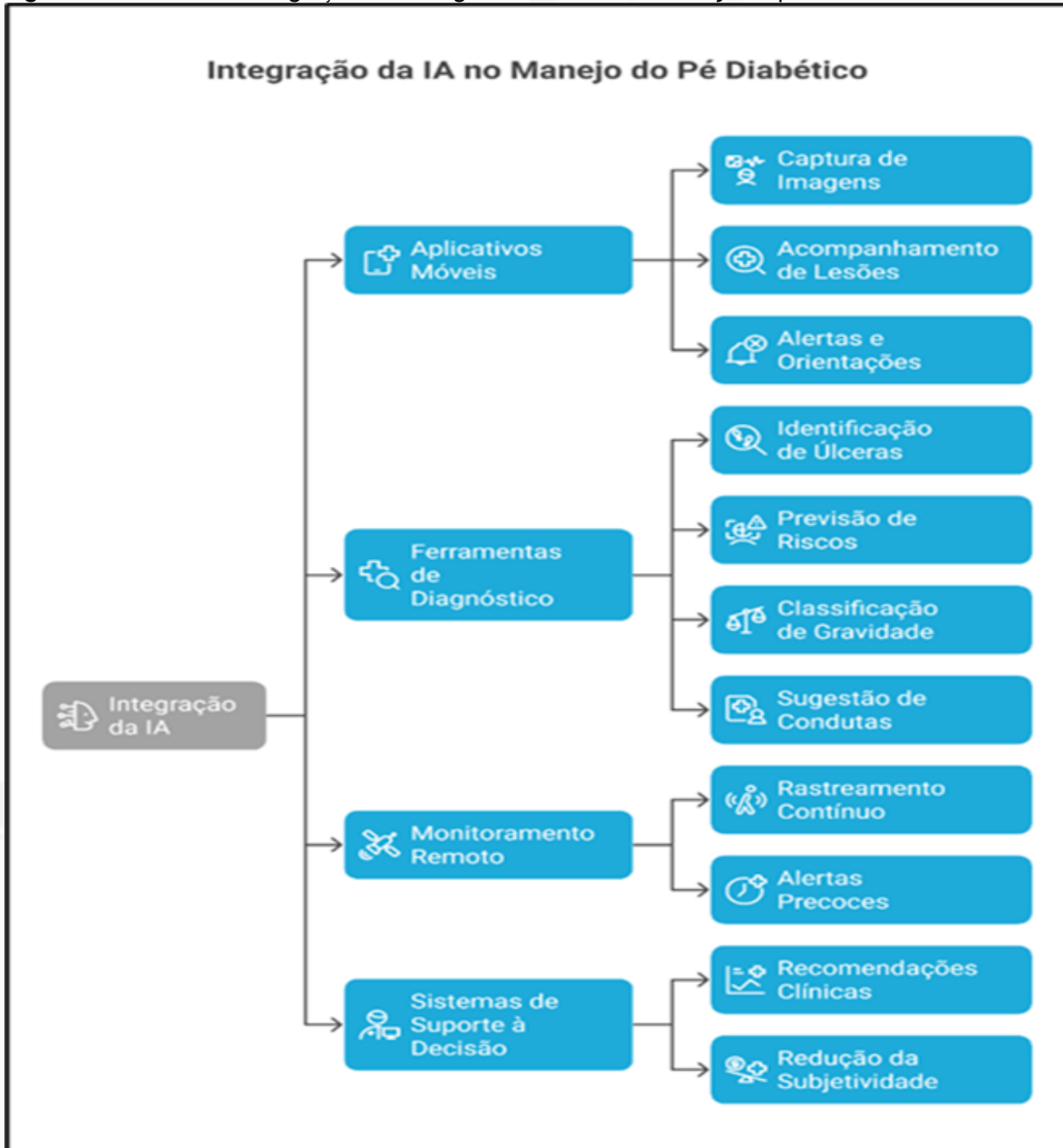
Em seguida, obteve-se a categoria do monitoramento remoto (n=57; 56,43%),^{16-18,20,24,28,33-35,37-39,46-47,49-51,58-61,63-65,67-69,71,73-75,78-84,86-87,89-93,97,99-100,103,106-107,109-110,112,114-116} na qual sistemas de IA são

integrados a plataformas de telemedicina, permitindo rastreamento contínuo de pacientes com DM e emissão de alertas precoces para a prevenção de complicações nos pés.

A eficácia de aplicativos móveis com sistemas de IA integrados foi evidenciada para suporte ao cuidado (n=26; 27,74%),^{17,37,42,44-47,51,57-}

58,60,62,65,67,71,76,78,82,84,87,95,98,106,108,111,113 permitindo que pacientes/usuários e profissionais de saúde capturem imagens padronizadas, acompanhem lesões, recebam alertas e orientações.

Figura 2. Estrutura de integração da inteligência artificial no manejo do pé diabético



Fonte: Elaborado pelas autoras por meio da ferramenta Napkin®, a partir dos dados extraídos da revisão de escopo, 2025.

Verificou-se, também, o potencial dos sistemas de IA no apoio à tomada de decisão (n=23; 22,77%),^{16,21,26,29-30,37,40-41,46,52,56,58,60,64,66-67,73,78-79,84,94,112,114}

utilizados como ferramenta auxiliar aos profissionais de saúde para fornecer recomendações clínicas baseadas em algoritmos e evidências, reduzindo a subjetividade na tomada de decisões clínicas.

No cenário de pesquisa, o uso da IA na predição de risco mostrou-se especialmente promissor. Modelos recentes alcançaram altos índices de

desempenho, com excelente capacidade preditiva quanto ao risco de desenvolvimento de úlceras. Além disso, abordagens que integram simulações a dados genéticos e bioquímicos têm contribuído para aumentar a precisão diagnóstica (n=45; 44,55%).^{16,18-19,22,27,31-32,34,36,39-40,45,48-49,55,58,62,64,66-72,76,79-}

^{83,86,90,94,97,101,106-112,115-116} Apesar dos avanços técnicos, observou-se que somente 33 estudos (32,67%) discutiram aspectos éticos ou de segurança, tais como confidencialidade das informações e necessidade de proteção contra vazamento de dados (n=29; 28,71%);^{16-17,21-}

23,26-27,29,32,35-36,39,45-46,50-51,54-55,59,62-64,66,68,70,79,82,91,112 ausência de diretrizes clínicas para o uso seguro e responsável de IA/ responsabilidade e transparência quanto a erros de diagnóstico e tomada de decisão (n=13; 12,87%);^{16-17,32,46,50,54,64,66,68,70,79,82,91} risco de viés algorítmico e discriminação, levando a decisões injustas ou discriminatórias em relação a certos grupos de pacientes (n=12; 11,88%);^{32,35-36,46,55,60,63-64,66,70,79,91} obtenção de consentimento informado dos pacientes acerca das finalidades, riscos e limitações dessa tecnologia no contexto clínico (n=6; 5,94%);^{16,22,26,46,54,100} e impacto da automação na relação profissional-paciente (n=5; 4,95%).^{23,28,32,59,112}

A integração de IA ao cuidado de enfermagem para o manejo do pé diabético foi abordada por apenas dois estudos (1,98%),^{81,115} o que representa uma lacuna de evidências para a prática profissional. O primeiro destacou o protagonismo dos enfermeiros na captação de imagens relacionadas a alterações nos pés em estágio inicial e em menor tempo, por meio de modelos de IA, e na prestação de cuidado apropriado de forma antecipada, evitando o agravamento dessas alterações.⁸¹ O outro estudo enfatizou que os modelos de IA não substituem a avaliação do paciente, mas podem ser um recurso valioso para auxiliar os enfermeiros rastream, com maior precisão, os pacientes em risco de complicações nos pés.¹¹⁵

A análise dos estudos dessa revisão identificou, também, os principais desafios e limitações da aplicação da IA no manejo do pé diabético. Entre os mais recorrentes, encontra-se a baixa representatividade dos conjuntos de dados (n=39; 38,61%),^{16-17,19-23,25-26,28,31,35,37,45-47,55-57,59,63,65,67,69-70,72,74,79-82,89,91,93,99,105,107,111-112} consequente da escassez de bases de dados robustas, padronizadas e representativas, além da possibilidade de baixa qualidade das imagens clínicas, fatores estes que afetam a capacidade de treinar modelos confiáveis.

O baixo desempenho de algumas técnicas/modelos de IA, especialmente quando aplicados em cenários clínicos mais diversos do que os utilizados no

treinamento, bem como a necessidade de supervisão humana para evitar vieses algorítmicos (n=5; 4,95%),^{17,51,104,106,108} evidenciam barreiras na obtenção de acurácia e sensibilidade adequadas para o seu uso clínico de forma segura e eficaz. De modo similar, a escassez de validação multicêntrica (n=11; 10,89%)^{32,34-35,42,45-47,55,70,81,93} e o *overfitting* (situação em que o modelo se ajusta excessivamente aos dados de treinamento) (n=4; 3,96%),^{20,25-26,37} resultam, respectivamente, em capacidade reduzida de generalização dos algoritmos e desempenho insatisfatório do modelo quando aplicado a novos dados. Há, também, a preocupação quanto ao risco de desqualificação profissional e de dependência de IA por parte das equipes de saúde (n=4; 3,96%).^{16,35,63,91}

Por fim, a infraestrutura e o custo foram considerados barreiras logísticas e econômicas para a adoção de tecnologias de IA (n=5; 4,95%),^{24,28,93,109,110} uma vez que para a sua efetiva implementação há a necessidade de equipamentos de imagem, conectividade adequada e capacitação de profissionais de saúde.

DISCUSSÃO

Os achados desta revisão de escopo fornecem um panorama abrangente e atualizado sobre o tema e revelam uma tendência consolidada de crescimento das pesquisas sobre IA aplicada ao cuidado/manejo do pé diabético, especialmente nas áreas de diagnóstico por imagem, triagem automatizada e acompanhamento remoto. As redes neurais convolucionais consolidaram-se como a técnica predominante, oferecendo desempenho superior em tarefas de segmentação e classificação de úlceras.^{24,117} Esses avanços alinham-se ao movimento global de digitalização da saúde e às demandas contemporâneas do cuidado, com integração de ferramentas inteligentes à prática clínica.¹⁰

A aplicabilidade da IA no campo da saúde é notável, sobretudo como ferramenta de apoio diagnóstico, de monitoramento e de suporte à decisão clínica.^{9,115,117-118} Aplicativos baseados em IA permitem que pacientes realizem o monitoramento domiciliar de alterações/lesões nos pés e enviem imagens

padronizadas para a avaliação profissional, favorecendo intervenções precoces e redução de hospitalizações.^{115,119} No entanto, a adoção ampla dessas tecnologias requer infraestrutura adequada, treinamento das equipes e políticas de segurança da informação.⁹⁻¹⁰

Em termos metodológicos, observa-se grande heterogeneidade entre os estudos, com variações relativas às abordagens e técnicas de IA dos modelos desenvolvidos e/ou analisados, tamanho e qualidade dos bancos de dados utilizados e métricas de desempenho. Essa diversidade, embora demonstre o vigor da área, dificulta a comparação direta dos resultados e limita a sua generalização. Investimentos em bancos de dados multicêntricos para validação rigorosa e em protocolos padronizados para promover maior robustez e transparência aos algoritmos, são uma necessidade premente.¹²⁰⁻¹²¹

A presente revisão permitiu, também, identificar lacunas relevantes quanto aos aspectos éticos do uso de IA e à integração com o cuidado de enfermagem, o que corrobora outras pesquisas sobre o uso de IA na saúde/enfermagem.¹²²⁻¹²⁴ A maioria dos estudos revisados negligencia discussões sobre consentimento informado, privacidade/proteção de dados e responsabilidade profissional, especialmente quanto à possibilidade de vieses algorítmicos que podem gerar erros ou decisões discriminatórias. A ausência de reflexões éticas e de segurança revela uma lacuna crítica na literatura, que pode impactar negativamente a confiança e a aceitação dessas tecnologias nos sistemas de saúde.^{32,55} Assim, torna-se imperioso o estabelecimento de diretrizes que garantam o uso seguro e a interpretabilidade dos algoritmos de IA.^{118-119,125}

Em ambientes de saúde, particularmente na enfermagem, o uso de IA deve ser pautado por princípios de beneficência, autonomia e justiça. O envolvimento dos profissionais de enfermagem na concepção e validação dessas tecnologias é essencial para garantir segurança e adesão às melhores

práticas assistenciais.¹²⁶⁻¹²⁷ Os enfermeiros, como especialistas no cuidado profissional e como potenciais usuários de inovações baseadas em IA, deveriam ocupar posição privilegiada no codesenvolvimento de tecnologias essenciais para a saúde/enfermagem. Contudo, há escassez de participação desses profissionais nas fases iniciais de desenvolvimento dessas ferramentas, devido, possivelmente, ao conhecimento incipiente sobre a temática e à falta de entendimento com a linguagem e demais especificidades da área tecnológica.¹²³ Uma das estratégias para superar tal barreira é promover o letramento em IA durante a formação acadêmica por meio de uma reestruturação curricular e de colaborações interdisciplinares.¹²²⁻¹²⁴

É igualmente salutar que, tanto nos cenários assistenciais quanto nos de pesquisa, esforços sejam envidados para consolidar parcerias entre enfermeiros, engenheiros, cientistas de dados e especialistas em ética, a fim de impulsionar o desenvolvimento e a implementação de sistemas de IA éticos, centrados no usuário e clinicamente relevantes,¹²² bem como capacitar continuamente os enfermeiros para avaliar crítica e eticamente as tecnologias de IA, compreender suas limitações e colaborar de forma efetiva na construção e operacionalização desses recursos. Isso contribuiria para desmistificar crenças/preocupações acerca da substituição dos profissionais de enfermagem pela IA melhorando a sua aceitação, e reduzir equívocos na usabilidade, tais como dependência tecnológica excessiva e consequente comprometimento do pensamento crítico.^{122,124} Nessa direção, cumpre ressaltar que tecnologias, incluindo a IA, por mais sofisticadas que sejam, não atendem a todas as necessidades humanas. Os profissionais de enfermagem são dotados de empatia e competência cultural para efetuar uma abordagem holística e transcender a dimensão técnica da assistência, desempenham o papel insubstituível de perceber e responder às necessidades socioemocionais das pessoas, e são capazes de aprimorar constantemente o seu julgamento clínico dentro de seus limites de atuação.¹²⁴

No que concerne ao cuidado/manejo do pé diabético, identificou-se, em número ínfimo de estudos revisados, que a integração de IA à prática de enfermagem limitou-se em rastrear e predizer o risco de complicações nos pés e sinalizar precocemente o cuidado apropriado. Os impactos dessa integração relativos aos aspectos éticos e humanísticos da assistência, à satisfação do paciente, à redução da sobrecarga de trabalho e/ou dos custos assistenciais, e à otimização dos registros de enfermagem não foram avaliados ou descritos, o que constitui lacunas de evidências para a prática profissional.

Há que se considerar, também, que em quase todo o mundo, os sistemas eletrônicos de registros assistenciais não são específicos para a enfermagem por não conterem a terminologia própria da área. Como os dados utilizados para treinar algoritmos de IA geralmente provêm desses sistemas, há o risco de inconsistências ou incompletude de informações, gerando tecnologias de IA distorcidas e inadequadas ao cuidado em saúde.¹²³ Tal fato reitera a necessidade de integrar a expertise dos enfermeiros na concepção e validação das capacidades analíticas e preditivas da IA e na aplicação dos princípios éticos e de segurança, com vistas a assegurar uma relação de equilíbrio entre inovação tecnológica e cuidado humanizado.^{124,126}

Mediante o exposto, entende-se que a integração de IA na prática de enfermagem para o cuidado/manejo do pé diabético não deve ser vista como substituição da atuação humana, mas como uma extensão das capacidades clínicas do enfermeiro para a personalização do cuidado, potencializando o raciocínio diagnóstico, o planejamento e a tomada de decisão baseados em evidências.^{118,124,127}

Por fim, como limitações do presente estudo, destaca-se que não foi realizada uma avaliação crítica da qualidade das pesquisas individuais, o que restringiu a capacidade de atribuir níveis de evidência ou avaliar a força dos achados. Isso é inerente ao método de revisão de escopo, que visa primordialmente mapear e sintetizar a

amplitude, a natureza e as características da literatura disponível sobre o tema.

CONCLUSÕES

A IA representa um avanço promissor no contexto de cuidado/manejo do pé diabético, com aplicações que vão desde o diagnóstico precoce e predição de risco até o monitoramento remoto e suporte à decisão clínica. Apesar dos resultados positivos, persistem desafios éticos, técnicos e estruturais que exigem atenção.

Em relação à integração de IA ao cuidado de enfermagem no referido contexto, há lacunas de evidências para a prática profissional, tanto nos aspectos relacionais quanto operacionais da assistência, os quais perpassam da satisfação do paciente à otimização dos registros de enfermagem. Assim, pesquisas futuras são necessárias para fomentar o envolvimento ativo dos enfermeiros na concepção e implementação dessas soluções, a fim de reduzir as lacunas identificadas e garantir que as inovações tecnológicas se traduzam em benefícios reais, seguros e equitativos para as pessoas com DM, em diversos cenários.

REFERÊNCIAS

- 1 Bus SA, Lavery LA, Monteiro-Soares M, Rasmussen A, Raspovic A, Sacco ICN, et al. Guidelines on the prevention of foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2019 update). *Diabetes Metab Res Rev.* 2020;36(suppl 1):e3269. DOI: <https://doi.org/10.1002/dmrr.3651>
- 2 Zhang H, Huang C, Bai J, Wang J. Effect of diabetic foot ulcers and other risk factors on the prevalence of lower extremity amputation: a meta-analysis. *Int Wound J.* 2023;20(8):3035-47. DOI: <https://doi.org/10.1111/iwj.141793>
- 3 Sacco ICN, Lucovéis MLS, Thuler SR, Parisi MCR. Diagnóstico e prevenção de úlceras no pé diabético. São Paulo: Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes; 2022. DOI: <https://doi.org/10.29327/5412848.2024-11>
- 4 Duarte Júnior EG, Lopes CF, Gaio DRF, Mariúba JVO, Cerqueira LO, Manhanelli Filho MAB, et al. Diretrizes da Sociedade

Brasileira de Angiologia e de Cirurgia Vascular sobre o pé diabético 2023. *J Vasc Bras.* 2024; 23:e20230087. DOI: <https://doi.org/10.1590/1677-5449.202300871>

5 Torres DR, Wermelinger ED, Ferreira AP. Aplicação da Inteligência Artificial na Atenção Primária à Saúde: revisão de escopo e avaliação crítica. *Saúde debate.* 2025;49(145): e10070. DOI: <https://doi.org/10.1590/2358-2898202514510070P>

6 Raposo DRA, Alves-Júnior JS, Silva DTO, Alves RA, Santos DCM, Alves TM, et al. Avanços na assistência de enfermagem: uma revisão de escopo sobre o uso da Inteligência Artificial na ciência do cuidar. *Contrib. cienc. soc.* 2024;17(7):e8854. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.7-417>

7 Gomes AM, Dantas LB, Sobreira MMS, Araújo JNM, Tinôco JDS. Artificial intelligence in supporting the implementation of the nursing process: A scoping review. *Rev. gaúch. enferm.* 2025;45:e20250077. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/rgenf/article/view/151062>

8 O'Connor S, Yan Y, Thilo FJS, Felzmann H, Dowding D, Lee JJ. Artificial intelligence in nursing and midwifery: A systematic review. *J Clin Nurs.* 2022;00:1-18. DOI: <https://doi.org/10.1111/jocn.16478>

9 Ardelean A, Balta DF, Neamtu C, Neamtu AA, Rosu M, Totolici B. Personalized and predictive strategies for diabetic foot ulcer prevention and management. *Med Pharm Rep.* 2024;97(4): 419-28. DOI: <https://doi.org/10.15386/mpr-2818>

10 Papazafiropoulou AK. Diabetes management in the era of artificial intelligence. *Arch Med Sci Atherosclerose Dis.* 2024;9:e122-e128. DOI: <https://doi.org/10.5114/amsad/183420>

11 Aromataris E, Lockwood C, Porritt K, Pilla B, Jordan Z, editors. *JB I Manual for Evidence Synthesis.* Adelaide: JBI;2024. Available from: <https://synthesismanual.jbi.global>

12 Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Ann Intern Med.* 2018;169(7):467-73. DOI: <https://doi.org/10.7326/m18-0850>

13 Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev.* 2016;5(1):210. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>

14 Peters MDJ, Marnie C, Tricco AC, Pollock D, Munn Z, Alexander L, et al. Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JB I Evid Implement.* 2021; 19(1):3-10. DOI: <https://doi.org/10.11124/jbies-20-00167>

15 Pollock D, Peters MDJ, Khalil H, McInerney P, Alexander L, Tricco AC, et al. Recommendations for the extraction, analysis, and presentation of results in scoping reviews. *JB I Evid Synth.* 2023;21(3):520-32. DOI: <https://doi.org/10.11124/jbies-22-00123>

16 Hill A. Is artificial intelligence the key to better foot self-care in diabetes? *The Diabetic Foot J.* 2023;26(2):24-8. Available from: https://diabetesonthenet.com/wp-content/uploads/DFJ-26-2_24-28_Hill.pdf

17 Rippon MG, Fleming L, Chen T, Rogers AA, Ousey K. Artificial intelligence in wound care: diagnosis, assessment and treatment of hard-to-heal wounds: a narrative review. *J Wound Care.* 2024;33(4):229-42. DOI: <https://doi.org/10.12968/jowc.2024.33.4.229>

18 Apolinário PP, Zanchetta FC, Pittella CQP, Lima MHM. Avanços da tecnologia de inteligência artificial no cuidado de úlceras no pé diabético. *Rev. Enferm. Atual In Derme.* 2024;98(3):e024377. DOI: <https://doi.org/10.31011/reaid-2024-v.98-n.3-art.2326>

19 Mayya V, Tummala V, Reddy CU, Mishra P, Boddu R, Olivia D, et al. Applications of machine learning in diabetic foot ulcer diagnosis using multimodal images: a review. *IJAM.* 2023;53(3):1-10. DOI: https://www.iaeng.org/IJAM/issues_v53/issue_3/IJAM_53_3_10.pdf

- 20 Almufadi NF, Alhasson HF, Alharbi SS. E-DFu-Net: an efficient deep convolutional neural network models for diabetic foot ulcer classification. *Biomol Biomed.* 2025;25(2):445-60. DOI: <https://doi.org/10.17305/bb.2024.11117>
- 21 Sumithra MG, Venkatesan C. SwinDFU-Net: Deep learning transformer network for infection identification in diabetic foot ulcer. *Technol. health care.* 2025; 33(1):601-18. DOI: <https://doi.org/10.3233/THC-241444>
- 22 Wu L, Huang R, He X, Tang L, Ma X. Advances in machine learning-aided thermal imaging for early detection of diabetic foot ulcers: a review. *Biosensors.* 2024;14(12):614. DOI: <https://doi.org/10.3390/bios14120614>
- 23 Wang C, Yu Z, Long Z, Zhao H, Wang Z. A few-shot diabetes foot ulcer image classification method based on deep ResNet and transfer learning. *Sci Rep.* 2024;14:29877. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80691-w>
- 24 Sidhu AS, Harbuzova V. Emerging technologies for the management of diabetic foot ulceration: a review. *Front Clin Diabetes Healthc.* 2024;12(5):1440209. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcdhc.2024.1440209>
- 25 Almufadi N, Alhasson HF. Classification of diabetic foot ulcers from images using machine learning approach. *Diagnostics (Basel).* 2024;14(16):1807. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics14161807>
- 26 Biswas S, Mostafiz R, Uddin MS, Paul BK. XAI-FusionNet: diabetic foot ulcer detection based on multiscale feature fusion with explainable artificial intelligence. *Heliyon.* 2024;10:e31228. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31228>
27. Wang Z, Tan X, Xue Y, Xiao C, Yue K, Lin K, et al. Smart diabetic foot ulcer scoring system. *Sci Rep.* 2024;14:11588. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62076-1>
- 28 Fadhel MA, Alzubaidi L, Gu Y, Santamaría J, Duan Y. Real-time diabetic foot ulcer classification based on deep learning & parallel hardware computational tools. *Multimed Tools Appl.* 2024;83:70369-94. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-024-18304-x>
- 29 Oei CW, Chan YM, Zhang X, Leo KH, Yong E, Chong RC, et al. Risk prediction of diabetic foot amputation using machine learning and explainable artificial intelligence. *J Diabetes Sci Technol.* 2024;19(4):1008-22. DOI: <https://doi.org/10.1177/19322968241228606>
- 30 Demirkol D, Erol ÇS, Tannier X, Özcan T, Aktaş Ş. Prediction of amputation risk of patients with diabetic foot using classification algorithms: A clinical study from a tertiary center. *Int Wound J.* 2024;21(1):e14556. DOI: <https://doi.org/10.1111/iwj.14556>
- 31 Wu C, Xu C, Ou S, Wu X, Guo J, Qi Y, et al. A novel approach for diabetic foot diagnosis: Deep learning-based detection of lower extremity arterial stenosis. *Diabetes Res Clin Pract.* 2024;207:111032. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2023.111032>
- 32 Sun Y, Ge L, Ang YG, Lo ZJ, Liew H, Tan DM, et al. Cost-effectiveness and clinical outcomes of artificial intelligence-enhanced screening for diabetic foot ulcers: A simulation study. *Ann Acad Med Singap.* 2024;53(10):638-640. DOI: <https://doi.org/10.47102/annals-acadmedsg.2024220>
- 33 Dey AK, Kumari N, Motghare VM, Bapuji AT, Sai J, Thakur AK, et al. IDF23-0385 Technology advancement in the care of diabetic foot ulcers - the future perspective. *Diabetes Res Clin Pract.* 2024;209(1):111328. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2024.111328>
- 34 Sharma N, Mirza S, Rastogi A, Singh S, Mahapatra PK. Region-wise severity analysis of diabetic plantar foot thermograms. *Biomed Tech (Berl).* 2023;68(6):607-15. DOI: <https://doi.org/10.1515/bmt-2022-0376>
- 35 Cassidy B, Hoon YM, Pappachan JM, Ahmad N, Haycocks S, O'Shea C, et al.

Artificial intelligence for automated detection of diabetic foot ulcers: A real-world proof-of-concept clinical evaluation. *Diabetes Res Clin Pract.* 2023;205:110951. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2023.110951>

36 Cao Z, Zeng Z, Xie J, Zhai H, Yin Y, Ma Y, et al. Diabetic plantar foot segmentation in active thermography using a two-stage adaptive gamma transform and a deep neural network. *Sensors (Basel).* 2023;23(20):8511. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23208511>

37 Alqahtani A, Alsubai S, Rahamathulla MP, Gumaei A, Sha M, Zhang YD, et al. Empowering foot health: harnessing the adaptive weighted sub-gradient convolutional neural network for diabetic foot ulcer classification. *Diagnostics (Basel).* 2023;13(17):2831. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics13172831>

38 Sharma N, Mirza S, Rastogi A, Mahapatra PK. Utilizing mask R-CNN for automated evaluation of diabetic foot ulcer healing trajectories: a novel approach. *IJETA.* 2023;40(4):1601-10. DOI: <https://doi.org/10.18280/ts.400428>

39 Mousa KM, Mousa FA, Mohamed HS, Elsayy MM. Prediction of foot ulcers using artificial intelligence for diabetic patients at Cairo University Hospital, Egypt. *SAGE Open Nurs.* 2023;9:23779608231185873. DOI: <https://doi.org/10.1177/23779608231185873>

40 Gosak L, Svensek A, Lorber M, Stiglic G. Artificial intelligence based prediction of diabetic foot risk in patients with diabetes: a literature review. *Appl. Sci.* 2023;13(5):2823. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13052823>

41 Poradzka AA, Czapryniak L. The use of the artificial neural network for three-month prognosis in diabetic foot syndrome. *J Diabetes Complications.* 2023;37(2):108392. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2022.108392>

42 Pappachan JM, Cassidy B, Fernandez CJ, Chandrabalan V, Yap MH. The role of artificial intelligence technology in the

care of diabetic foot ulcers: the past, the present, and the future. *World J Diabetes.* 2022;13(12):1131-9. DOI: <https://doi.org/10.4239/wjd.v13.i12.1131>

43 Huang HN, Zhang T, Yang CT, Sheen YJ, Chen HM, et al. Image segmentation using transfer learning and Fast R-CNN for diabetic foot wound treatments. *Front Public Health.* 2022; 10:969846. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.969846>

44 Chan KS, Chan YM, Tan AHM, Liang S, Cho YT, Hong Q, et al. Clinical validation of an artificial intelligence-enabled wound imaging mobile application in diabetic foot ulcers. *Int Wound J.* 2022;19(1):114-24. DOI: <https://doi.org/10.1111/iwj.13603>

45 Munadi K, Saddami K, Oktiana M, Roslidar R, Muchtar K, Melinda M, et al. A deep learning method for early detection of diabetic foot using decision fusion and thermal images. *Appl. Sci.* 2022;12(15):7524. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12157524>

46 Ahsan M, Naz S, Ahmad R, Ehsan H, Sikandar A. A deep learning approach for diabetic foot ulcer classification and recognition. *Information.* 2023;14(1):36. DOI: <https://doi.org/10.3390/info14010036>

47 Cassidy B, Reeves ND, Pappachan JM, Gillespie D, O'Shea C, Rajbhandari S, et al. The DFUC 2020 Dataset: analysis towards diabetic foot ulcer detection. *touchREV Endocrinol.* 2021;17(1):5-11. DOI: <https://doi.org/10.17925/EE.2021.17.1.5>

48 Filipe V, Teixeira P, Teixeira AA clustering approach for prediction of diabetic foot using thermal images. *ICCSA.* 2020; 12251:620-31. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-58808-3_45

49 Cruz-Vega I, Hernandez-Contreras D, Peregrina-Barreto H, Rangel-Magdaleno JJ, Ramirez-Cortes JM. Deep Learning classification for diabetic foot thermograms. *Sensors (Basel).* 2020;20(6):1762. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20061762>

50 Guan H, Wang Y, Niu P, Zhang Y, Zhang Y, Miao R, et al. The role of machine learning in advancing diabetic foot: a review. *Front Endocrinol (Lausanne).*

- 2024;15:1245658. DOI:
<https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1325434>
- 51 Goyal M, Reeves ND, Davison AK, Rajbhandari S, Spragg J, Yap MH. Dfunet: convolutional neural networks for diabetic foot ulcer classification. *IEEE Trans. Emerg. Top. Comput. Intell.* 2020;4(5):728-39. DOI:
<https://doi.org/10.1109/TETCI.2018.2866254>
- 52 Santos E, Santos F, Dallyson J, Aires K, Tavares JMRS, Veras R. Diabetic foot ulcers classification using a fine-tuned CNNs ensemble. *IEEE Xplore.* 2022;35:282-87, DOI:
<https://doi.org/10.1109/CBMS55023.2022.00056>
- 53 Galdran A, Carneiro G, Ballester MAG. Convolutional Nets versus Vision Transformers for diabetic foot ulcer classification. *DFUC.* 2021;13183:21-9. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-94907-5_2
- 54 Amin J, Sharif M, Anjum MA, Khan HU, Malik MSA, Kadry S. An integrated design for classification and localization of diabetic foot ulcer based on CNN and YOLOV2-DFU models. *IEEE Access.* 2020;8:228586-97. DOI:
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3045732>
- 55 Reyes-Luévano J, Guerrero-Viramontes JA, Romo-AndradeJR, Funes-Gallanzi M. DFU_VIRnet: a novel visible-infrared CNN to improve diabetic foot ulcer classification and early detection of ulcer risk zones. *Biomed Signal Process Control.* 2023; 86:105341. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.bspc.2023.105341>
- 56 Biswas S, Mostafiz R, Paul BK, Uddin KMM, Hadi A, Khamon F. DFU_XAI: A deep learning-based approach to diabetic foot ulcer detection using feature explainability. *Biomedical Materials & Devices.* 2024;2:1225-45. DOI:
<https://doi.org/10.1007/s44174-024-00165-5>
- 57 Tulloch J, Zamani R, Akrami M. Machine learning in the prevention, diagnosis and management of diabetic foot ulcers: a systematic review. *IEEE Access.* 2020;8:198977-199000. DOI:
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3035327>
- 58 Chemello G, Salvatori B, Morettini M, Tura A. Artificial intelligence methodologies applied to technologies for screening, diagnosis and care of the diabetic foot: a narrative review. *Biosensors.* 2022;12(11):985. DOI:
<https://doi.org/10.3390/bios121109857>
- 59 Tehsin S, Kausar S, Jameel A. Diabetic wounds and artificial intelligence: A mini-review. *World J Clin Cases.* 2023;11(1):84-91. DOI:
<https://doi.org/10.12998/wjcc.v11.i1.84>
- 60 Howard T, Ahluwalia R, Papanas N. The advent of artificial intelligence in diabetic foot medicine: a new horizon, a new order, or a false dawn? *Int J Low Extrem Wounds.* 2023;22(4):635-40. DOI:
<https://doi.org/10.1177/15347346211041866>
- 61 Das SK, Roy P, Singh P, Diwakar M, Singh V, Maurya A, et al. Diabetic foot ulcer identification: A Review. *Diagnostics (Basel).* 2023;13(12):1998. DOI:
<https://doi.org/10.3390/diagnostics13121998>
- 62 Dębiec-Bąk A, Skrzek A, Ptak A, Majerski K, Uiberlayová I, Stefańska M, et al. Advantages of thermovision imaging for PPPM approach to diabetic foot. *APPPM.* 2023;17:233-42. DOI:
https://doi.org/10.1007/978-3-031-34884-6_13
- 63 Toofanee MAS, Dowlut S, Hamroun M, Tamine K, Petit V, Duong AK. DFU-SIAM a novel diabetic foot ulcer classification with deep learning. *IEEE Access.* 2023;11:98315-32. DOI:
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3312531>
- 64 Srass H, Ead JK, Armstrong DG. Adherence and the diabetic foot: high tech meets high touch? *Sensors (Basel).* 2023;23(15):6898. DOI:
<https://doi.org/10.3390/s23156898>
- 65 Prakash RV, Kumar KS. Development of automatic segmentation techniques using convolutional neural networks to differentiate diabetic foot ulcers. *IJACSA.* 2022;13(11):521-26. DOI:

<https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0131160>

66 Nanda R, Nath A, Patel S, Mohapatra E. Machine learning algorithm to evaluate risk factors of diabetic foot ulcers and its severity. *Med Biol Eng Comput.* 2022;60(8):2349-57. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11517-022-02617-w>

67 Troitskaya NI, Shapovalov KG, Mudrov VA. Possibilities of multilayer perceptron in complexing risk factors of diabetic foot syndrome. *Bull Exp Biol Med.* 2022;173(4):415-18. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10517-022-05559-3>

68 Bouallal D, Douzi H, Harba R. Diabetic foot thermal image segmentation using Double Encoder-ResUnet (DE-ResUnet). *J Med Eng Technol.* 2022;46(5):378-92. DOI: <https://doi.org/10.1080/03091902.2022.2077997>

69 Khandakar A, Chowdhury MEH, Reaz MBI, Ali SHM, Kiranyaz S, Rahman T, et al. A novel machine learning approach for severity classification of diabetic foot complications using thermogram images. *Sensors (Basel).* 2022;22(11):4249. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22114249>

70 Haque F, Reaz MBI, Chowdhury MEH, Ezeddin M, Kiranyaz S, et al. Machine learning-based diabetic neuropathy and previous foot ulceration patients detection using electromyography and ground reaction forces during gait. *Sensors (Basel).* 2022;22(9):3507. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22093507>

71 Khandakar A, Chowdhury MEH, Reaz MBI, Ali SHM, Abbas TO, Alam T, et al. Thermal change index-based diabetic foot thermogram image classification using machine learning techniques. *Sensors (Basel).* 2022;22(5):1793. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22051793>

72 Costa T, Coelho L, Silva MF. Automatic segmentation of monofilament testing sites in plantar images for diabetic foot management. *Bioengineering (Basel).* 2022;9(3):86. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering9030086>

73 Wang S, Wang J, Zhu MX, Tan Q. Machine learning for the prediction of

minor amputation in University of Texas grade 3 diabetic foot ulcers. *PLoS One.* 2022;17(12):e0278445. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278445>

74 Muralidhara S, Lucieri A, Dengel A, Ahmed S. Holistic multi-class classification & grading of diabetic foot ulcerations from plantar thermal images using deep learning. *Health Inf Sci Syst.* 2022;10(1):21. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13755-022-00194-8>

75 Xie P, Li Y, Deng B, Du C, Rui S, Deng W, et al. An explainable machine learning model for predicting in-hospital amputation rate of patients with diabetic foot ulcer. *Int Wound J.* 2022;19(4):910-8. DOI: <https://doi.org/10.1111/iwj.13691>

76 Zhang J, Qiu Y, Peng L, Zhou Q, Wang Z, Qi M. A comprehensive review of methods based on deep learning for diabetes-related foot ulcers. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2022;13:945020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.945020>

77 Al-Garaawi N, Ebsim R, Alharan AFH, Yap MH. Diabetic foot ulcer classification using mapped binary patterns and convolutional neural networks. *Comput Biol Med.* 2022;140:105055. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2021.105055>

78 Yogapriya J, Chandran V, Sumithra MG, Elakkiya B, Ebenezer AS, Dhas CSG. Automated detection of infection in diabetic foot ulcer images using convolutional neural network. *J Healthc Eng.* 2022;2022:2349849. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/2349849>

79 Kaselimi M, Protopapadakis E, Doulamis A, Doulamis N. A review of noninvasive sensors and artificial intelligence models for diabetic foot monitoring. *Front. Physiol.* 2022;13: 924546. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.924546>

80 Hernandez-Guedes A, Santana-Perez I, Arteaga-Marrero N, Fabelo H, Callico GM, Ruiz-Alzola J. Performance evaluation of deep learning models for image classification over small datasets: diabetic

foot case study. IEEE Access. 2022;10:124373-86. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3225107>

81 Anggreni NKIS, Kristianto H, Handayani D, Yueniwati Y, Irawan PLT, Rosandi R, et al. Artificial intelligence for diabetic foot screening based on digital image analysis: A systematic review. J Diabetes Sci Technol. 2025;17:19322968251317521. DOI: <https://doi.org/10.1177/19322968251317521>

82 Yap MH, Hachiuma R, Alavi A, Brüngel R, Cassidy B, Goyal M, et al. Deep learning in diabetic foot ulcers detection: A comprehensive evaluation. Comput Biol Med. 2021;135:104596. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2021.104596>

83 Schäfer Z, Mathisen A, Svendsen K, Engberg S, Rolighed Thomsen T, Kirketerp-Møller K. Toward machine-learning-based decision support in diabetes care: A risk stratification study on diabetic foot ulcer and amputation. Front Med (Lausanne). 2021;7:601602. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.601602>

84 Xu Y, Han K, Zhou Y, Wu J, Xie X, Xiang W. Classification of diabetic foot ulcers using class knowledge banks. Front Bioeng Biotechnol. 2022;9:811028. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.811028>

85 Zhao N, Zhou Q, Hu J, Huang W, Xu J, Qi M, et al. Construction and verification of an intelligent measurement model for diabetic foot ulcer. J. Central South Univ. (Medical Sci). 2021;46(10):1138-46. DOI: <https://doi.org/10.11817/j.issn.1672-7347.2021.200938>

86 Lian Z, Wang H, Chen M, Li J. An improved plantar regional division algorithm for aided diagnosis of early diabetic foot. IJPRAI. 2020;34(14):20570062. DOI: <https://doi.org/10.1142/S0218001420570062>

87 Kim RB, Gryak J, Mishra A, Cui C, Soroushmehr SMR, Najarian K, et al. Utilization of smartphone and tablet camera photographs to predict healing of

diabetes-related foot ulcers. Comput Biol Med. 2020;126:104042. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2020.104042>

88 Sequeira, MT. Aplicações de redes neurais convolucionais para a classificação de úlceras de pé diabético. [dissertação]. Porto (PT): Instituto Superior de Engenharia do Porto;2024. Disponível em: https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.2/2/26725/1/Tese_5624_v2.pdf

89 Goyal M, Reeves ND, Rajbhandari S, Ahmad N, Wang C, Yap MH. Recognition of ischemia and infection in diabetic foot ulcers: dataset and techniques. Comput. Biol. Med. 2020;117:103616. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2020.103616>

90 Thotad PN, Bharamagoudar GR, Anami BS. Diabetic foot ulcer detection using deep learning approaches. Sens Intern. 2023;4:100210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2022.100210>

91 Chan KS, Lo ZJ. Wound assessment, imaging and monitoring systems in diabetic foot ulcers: A systematic review. Int Wound J. 2020;17(6):1909-23. DOI: <https://doi.org/10.1111/iwj.13481>

92 Cui C, Thurnhofer-Hemsi K, Soroushmehr R, Mishra A, Gryak J, Dominguez E, et al. Diabetic wound segmentation using Convolutional Neural Networks. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc. 2019;2019:1002-05. DOI: <https://doi.org/10.1109/EMBC.2019.8856665>

93 Goyal M, Reeves ND, Rajbhandari S, Yap MH. Robust methods for real-time diabetic foot ulcer detection and localization on mobile devices. IEEE J Biomed Health Inform. 2019;23(4):1730-41. DOI: <https://doi.org/10.1109/JBHI.2018.2868656>

94 Cruz-Vega I, Peregrina-Barreto H, Rangel-Magdaleno JJ, Ramirez-Cortes JM. A comparison of intelligent classifiers of thermal patterns in diabetic foot. IEEE Xplore. 2019;12:1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/I2MTC.2019.8827044>

95 Wang L, Pedersen PC, Agu E, Strong DM, Tulu B. Area determination of diabetic

foot ulcer images using a cascaded two-stage SVM-based classification. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2017;64(9):2098-109. DOI: <https://doi.org/10.1109/TBME.2016.2632522>

96 Das SK, Roy P, Mishra AK. DFU_SPNet: a stacked parallel convolution layers based CNN to improve diabetic foot ulcer classification. *ICT Express.* 2022;8(2):271-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.icte.2021.08.022>

97 Liu C, van Netten JJ, van Baal JG, Bus SA, van der Heijden F. Automatic detection of diabetic foot complications with infrared thermography by asymmetric analysis. *J Biomed Opt.* 2015;20(2):26003. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.JBO.20.2.026003>

98 Vardasca R, Vaz L, Magalhães C, Seixas A, Mendes J. Towards the diabetic foot ulcers classification with infrared thermal images. *QIRT.* 2018;14:293-6. DOI: <https://doi.org/10.21611/qirt.2018.008>

99 Kairys A, Pauliukiene R, Raudonis V, Ceponis J. Towards home-based diabetic foot ulcer monitoring: A systematic review. *Sensors.* 2023;23:3618. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23073618>

100 Basiri R, Manji K, LeLievre PM, Toole J, Kim F, Khan SS, et al. Protocol for metadata and image collection at diabetic foot ulcer clinics: enabling research in wound analytics and deep learning. *Biomed Eng Online.* 2024;23(1):12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12938-024-01210-6>

101 Huda MN, Musdholifah A, Frisky AZK. Optimization of plantar foot thermogram for diabetic foot ulceration early detection: An image enhancement approach. *STC Journal.* 2025;5(2):49-66. DOI: <https://doi.org/10.59190/stc.v5i2.273>

102 Goyal M, Yap MH, Reeves ND, Rajbhandari S, Spragg J. Fully convolutional networks for diabetic foot ulcer segmentation. *IEEE Xplore.* 2017;2017:618-23. DOI: <https://doi.org/10.1109/SMC.2017.8122675>

103 Alzubaidi L, Fadhel MA, Olewi SR, Al-Shamma O, Zhang J. DFU_QUTNet: diabetic foot ulcer classification using novel deep convolutional neural network. *Multimed Tools Appl.* 2020;79:15655-77. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-019-07820-w>

104 Eid MM, Yousef RN, Mohamed MA. A proposed automated system to classify diabetic foot from thermography. *IJSER.* 2018;9(12):371-81. DOI: https://www.researchgate.net/publication/342164315_A_proposed_Automated_System_to_Classify_Diabetic_Foot_from_Thermography

105 Sarmun R, Chowdhury MEH, Murugappan M, Aqel A, Ezzuddin M, Rahman SM, et al. Diabetic foot ulcer detection: combining deep learning models for improved localization. *Cognit Comput.* 2024;16:1413-31. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12559-024-10267-3>

106 Fraiwan L, AlKhodari M, Ninan J, Mustafa B, Saleh A, Ghazal M. Diabetic foot ulcer mobile detection system using smart phone thermal camera: a feasibility study. *Biomed Eng Online.* 2017;16(1):117. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12938-017-0408-x>

107 Filipe V, Teixeira P, Teixeira A. Automatic classification of foot thermograms using machine learning techniques. *Algorithms.* 2022;15(7):236-51. DOI: <https://doi.org/10.3390/a15070236>

108 Cajacuri LAV. Early diagnostic of diabetic foot using thermal images [Thesis]. Orléans (FR): Université d'Orléans;2013. DOI: <https://theses.hal.science/tel-01022921v1>

109 Liu C, van der Heijden F, Klein ME, van Baal JG, Bus SA, van Netten JJ. Infrared dermal thermography on diabetic feet soles to predict ulcerations: a case study. *SPIE BiOS.* 2013;8572. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2001807>

110 Frykberg RG, Gordon IL, Reyzelman AM, Cazzell SM, Fitzgerald RH, Rothenberg GM, et al. Feasibility and efficacy of a smart mat technology to predict development of diabetic plantar ulcers.

Diabetes Care. 2017;40(7):973-80. DOI:
<https://doi.org/10.2337/dc16-2294>

111 Khandakar A, Chowdhury MEH, Ibne Reaz MB, Md Ali SH, Hasan MA, Kiranyaz S, et al. A machine learning model for early detection of diabetic foot using thermogram images. *Comput Biol Med.* 2021;137:104838. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2021.104838>

112 Ahmad M, Tan M, Shalhoub J, Davies A. The use of artificial intelligence in three-dimensional imaging modalities and diabetic foot disease: A systematic review. *JVS Vasc Insights.* 2024;2:100057. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.jvsvi.2024.100057>

113 Oliveira ALC, Carvalho AB, Dantas DO. Faster R-CNN approach for diabetic foot ulcer detection. *VISAPP.* 2021;4:677-84. DOI:
<https://doi.org/105220/0010255506770684>

114 Gamage HVLC, Wijesinghe WOKIS, Perera I. Instance-based segmentation for boundary detection of neuropathic ulcers through Mask-RCNN. *ICANN.* 2019;11731:511-22. DOI:
https://doi.org/10.1007/978-3-030-30493-5_49

115 Ferreira ACBH, Ferreira DD, Oliveira HC, Resende IC, Anjos A, Lopes MHBM. Competitive neural layer-based method to identify people with high risk for diabetic foot. *Comput Biol Med.* 2020;120:103744. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2020.103744>

116 Kaabouch N, Chen Y, Anderson J, Ames F, Paulson R. Asymmetry analysis based on genetic algorithms for the prediction of foot ulcers. *SPIE.* 2009;7243:724304. DOI:
<https://doi.org/10.1117/12.805975>

117 Alkhalifah S, AlTuraiki I, Altwaijry N. Advancing diabetic foot ulcer care: AI and Generative AI approaches for classification, prediction, segmentation, and detection. *Healthcare (Basel).* 2025;13(6):648. DOI:
<https://doi.org/10.3390/healthcare13060648>

118 Persson V, Wickman UL. Artificial intelligence as a tool for self-care in

patients with diabetes. *Healthcare (Basel).* 2025;13(8):950. DOI:
<https://doi.org/10.3390/healthcare13080950>

119 Mayya V, Kandala RNVPS, Gurupur V, King C, Vu GT, Wan THT. Need for an Artificial Intelligence-based Diabetes Care Platform. *Health Serv Res Manag Epidemiol.* 2024;11:23333928241275292. DOI:
<https://doi.org/10.1177/23333928241275292>

120 Foppen RJG, Gioia, V, Gupta S, Johnson CL, Giantsidis J, Papademetris M. Methodology for safe and secure AI in diabetes. *J Diabetes Sci Technol.* 2024;19(3):620-7. DOI:
<https://doi.org/10.1177/19322968241304434>

121 Rathore PS, Kumar A, Nandal A, Daca A, Sharma AK. A feature explainability-based deep learning technique for diabetic foot ulcer diagnosis. *Sci Rep.* 2025. DOI:
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-90780-z>

122 El Arab RA, Al Moosa OA, Abuadas FH, Somerville J. The role of AI in nursing education and practice: umbrella review. *J Med Internet Res.* 2025;27:e69881. DOI:
<https://doi.org/10.2196/69881>

123 von Gerich H, Moen H, Block LJ, Chu HC, DeForest H, Hobensack M, et al. Artificial Intelligence -based technologies in nursing: A scoping literature review of the evidence. *Int J Nurs Stud.* 2022;127:e104156. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2021.104153>

124 Pereira CLA, Coelho VAT, Nascimento ES, Bigatello CS. Integração da Inteligência Artificial na Enfermagem: avanços, desafios e perspectivas para a prática profissional. *Id on Line Rev Psic.* 2025;19(78):324-36. DOI:
<https://doi.org/10.14295/online.v19i78.4283>

125 Kabir MA, Samad S, Ahmed F, Naher S, Featherston J, Laird C, et al. Mobile apps for wound assessment and monitoring. *J Med Syst.* 2024;48(1):80. DOI:
<https://doi.org/10.1007/s10916-024-02091-x>

126 American Nurses Association. The ethical use of artificial intelligence in nursing practice. Silver Spring: ANA. 2022. Available from: https://www.nursingworld.org/globalassets/practiceandpolicy/nursing-excellence/ana-position-statements/the-ethical-use-of-artificial-intelligence-in-nursing-practice_bod-approved-12_20_22.pdf

127 Vitorino LM, Yoshinari Júnior GH, Lopes-Júnior LC. Inteligência Artificial na Enfermagem: avanços no julgamento clínico e na tomada de decisão. Rev. bras. enferm. 2025;78(4):e780401. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-7167.2025780401pt>

Recebido em: 20/11/2025
Aceito em: 14/04/2026
Publicado em: 22/04/2026