



Sistemas de apoio à decisão clínica em úlceras de pé diabético: revisão de escopo

Clinical decision support systems for diabetic foot ulcers: a scoping review

Sistemas de apoyo a decisiones clínicas para las úlceras del pie diabético: una revisión de alcance

Como citar este artigo:

Garces TS, Araújo AL, Sousa GJB, Cestari VRF, Florêncio RS, Mattos SM, Damasceno LLV, Santiago JCS, Pessoa VLMP, Pereira MLD, Moreira TMM. Clinical decision support systems for diabetic foot ulcers: a scoping review. Rev Esc Enferm USP. 2023;57:e20230218. <https://doi.org/10.1590/1980-220X-REEUSP-2023-0218en>

-  Thiago Santos Garces¹
-  Açucena Leal de Araújo²
-  George Jó Bezerra Sousa³
-  Virna Ribeiro Feitosa Cestari²
-  Raquel Sampaio Florêncio²
-  Samuel Miranda Mattos¹
-  Lara Lídia Ventura Damasceno²
-  Jênifa Cavalcante dos Santos Santiago⁴
-  Vera Lucia Mendes de Paula Pessoa²
-  Maria Lúcia Duarte Pereira²
-  Thereza Maria Magalhães Moreira^{1,2}

ABSTRACT

Objective: Map the scientific evidence on the use of clinical decision support systems in diabetic foot care. **Method:** A scoping review based on the JBI Manual for Evidence Synthesis and registered on the Open Science Framework platform. Searches were carried out in primary and secondary sources on prototypes and computerized tools aimed at assisting patients with diabetic foot or at risk of having it, published in any language or period, in eleven databases and grey literature. **Results:** A total of 710 studies were identified and, following the eligibility criteria, 23 were selected, which portrayed the use of decision support systems in diabetic foot screening, predicting the risk of ulcers and amputations, classifying the stage of severity, deciding on the treatment plan, and evaluating the effectiveness of interventions, by processing data relating to clinical and sociodemographic information. **Conclusion:** Expert systems stand out for their satisfactory results, with high precision and sensitivity when it comes to guiding and qualifying the decision-making process in diabetic foot prevention and care.

DESCRIPTORS

Diabetes Mellitus; Diabetic Foot; Decision Support Systems, Clinical; Review.

¹ Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, Fortaleza, CE, Brasil.

² Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Cuidados Clínicos em Enfermagem e Saúde, Fortaleza, CE, Brasil.

³ Secretaria da Saúde do Estado do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.

⁴ Universidade Federal do Ceará, Departamento de Enfermagem, Fortaleza, CE, Brasil.

Autor correspondente:

Thiago Santos Garces
Av. Dr. Silas Munguba, 1700, Itaperi
60714-903 – Fortaleza, CE, Brasil
thiagogarces0812@hotmail.com

Recebido: 31/07/2023
Aprovado: 06/12/2023

INTRODUÇÃO

As úlceras de pé diabético constituem uma complicação tardia do diabetes *mellitus* (DM) e estão associadas, de forma significativa, à morbidade, hospitalização e mortalidade⁽¹⁾. Estima-se que a incidência de desenvolvimento dessa complicação ao longo da vida esteja entre 19% e 34% e que as taxas de recorrência variam cerca de 40% em um ano após a cicatrização e 65% em cinco anos⁽²⁾.

O evento em questão é oneroso aos sistemas de saúde em todo o mundo, dada sua associação com desfechos, como amputação, óbito e perda dos anos de produtividade, além da complexidade do tratamento⁽³⁾. No Brasil, estima-se que os custos médicos anuais com o pé diabético sejam de R\$ 586,1 milhões, de modo que 87% são destinados ao atendimento ambulatorial e 13% à internação. Desse valor, R\$ 498,4 milhões são voltados ao tratamento de pacientes com o acometimento de pé neuroisquêmico ulcerado⁽⁴⁾.

Diante da problemática, as diretrizes clínicas e manuais de DM recomendam a triagem para o risco de ulceração do pé diabético, além de disponibilizarem fluxos e protocolos para o manejo da complicação. Contudo, variam substancialmente quanto às evidências e variáveis utilizadas para apoiar as recomendações, culminando na grande variação dos sinais clínicos, dos testes e na implementação de intervenções de forma intuitiva e sem padronização⁽⁵⁾.

Dessa maneira, os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD), também chamados de sistemas especialistas, constituem uma ferramenta de grande valia à qualificação da base evidencial na tomada de decisões clínicas, ao passo que possibilitam a integração de diferentes técnicas e abordagens para gestão da informação, proporcionando a avaliação de risco simplificada e recomendação de intervenções específicas, com alto valor prognóstico, baseadas em características individuais e evidências científicas^(6,7).

Com base nas evidências apresentadas, os SAD são úteis à predição de risco do pé diabético, assim como no direcionamento, qualificação e padronização da tomada de decisão, visando à prevenção de desfechos, como amputações e óbito^(8,9). Em busca preliminar, uma revisão sistemática identificou modelos de apoio à decisão clínica direcionados a diferentes tipos de feridas crônicas, ao passo que o único estudo que abordou um modelo de apoio ao manejo de lesões de pé diabético utilizou recursos propostos por especialistas e baseados em estudos clínicos⁽¹⁰⁾.

Contudo, não foram encontradas revisões de mapeamento que abordem especificamente o uso dos SAD no tratamento de úlceras de pé diabético ou pessoas com risco iminente de ulceração. A lacuna motiva a investigação e atualização do conhecimento acerca da temática, visando à construção de subsídios aos profissionais de saúde, pesquisadores e tomadores de decisão. A partir disso, o estudo objetiva mapear as evidências sobre o uso de Sistemas de Apoio à Decisão Clínica no pé diabético.

MÉTODO

TIPO DE ESTUDO

Trata-se de uma revisão de escopo conduzida a partir do *JBI Manual for Evidence Synthesis*⁽¹¹⁾ e recomendações de relato

do *checklist Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews* (PRISMA-ScR)⁽¹²⁾. O protocolo final foi registrado na plataforma *Open Science Framework* (OSF), em 17 de maio de 2022, com identificação DOI 10.17605/OSF.IO/UWTH6.

O estudo foi conduzido em cinco etapas: 1) identificação da questão da pesquisa; 2) levantamento de estudos relevantes; 3) seleção dos estudos, conforme critérios pré-estabelecidos; 4) categorização dos dados; 5) apresentação dos resultados.

QUESTÕES DE PESQUISA

A estratégia População, Conceito e Contexto (PCC) foi utilizada para a construção da pergunta de pesquisa. Esta revisão teve como participantes (P) pessoas com diagnóstico de diabetes *mellitus*, o conceito (C) abordado foi Sistema de Apoio à Decisão Clínica e o contexto (C) pessoas com pé diabético ou risco iminente. Dessa forma, formulou-se a seguinte questão norteadora principal:

– Quais as evidências científicas sobre a utilização de SAD na assistência em saúde de pessoas com pé diabético ou em risco de tê-lo?

Foram elencadas como questões secundárias:

- O que os SAD para pé diabético geralmente abordam?
- Como categorizar os SAD para pé diabético?
- Quais os principais avanços e lacunas de pesquisa sobre SAD para o pé diabético?

CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Foram incluídos estudos que apresentaram algum tipo de protótipo ou ferramenta informatizada funcional, aplicável ou aplicada à assistência ao paciente em risco ou com pé diabético, publicados em qualquer idioma ou período. Quanto ao tipo de estudo, elegeram-se estudos observacionais e experimentais, quantitativos e/ou qualitativos, com dados primários ou secundários. Foram excluídas cartas ao editor, resumos e estudos em fase de projeto, ao passo que não dispõem de resultados concisos acerca dos SAD na prática clínica.

ESTRATÉGIA DE BUSCA

A estratégia de busca foi construída com bases dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Headings* (MeSH), em conjunto com os operadores booleanos AND e OR, conforme visualizado no Quadro 1⁽¹³⁾.

A busca ocorreu no dia 23 de outubro de 2022, nas seguintes bases de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE), PubMed, Scopus, *Web of Science*, *ScienceDirect*, *Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature* (CINAHL), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *Cochrane Library* e Embase. A literatura cinza, por sua vez, foi resgatada na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Catálogo de Teses e Dissertações (CTD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e no *Open Access Theses and Dissertations* (OATD).

Quadro 1 – Estratégia de busca – Fortaleza, CE, Brasil, 2022.

	P	C	C
Extração	Pessoas com Diabetes Mellitus	Sistemas de Apoio à Decisão	Pé Diabético
Conversão	<i>Diabetes Mellitus</i>	<i>Decision Support Systems</i>	<i>Diabetic Foot</i>
Combinação	<i>Diabetes Mellitus; Diabetes; Diabetic; Diabetic Patient</i>	<i>Decision Support Systems; Clinical Decision Support Systems; Clinical decision support; Specialist Systems</i>	<i>Diabetic Foot; Diabetic Feet; Diabetic Foot Ulcer</i>
Construção	<i>“Diabetes Mellitus” OR Diabetes OR Diabetic OR “Diabetic Patient”</i>	<i>“Decision Support Systems” OR “Clinical Decision Support Systems” OR “Clinical decision support” OR “Specialist Systems”</i>	<i>“Diabetic Foot” OR “Diabetic Feet” OR “Diabetic Foot Ulcer”</i>
Uso	<i>(“Diabetes Mellitus” OR Diabetes OR Diabetic OR “Diabetic Patient”) AND (“Decision Support Systems” OR “Clinical Decision Support Systems” OR “Clinical decision support” OR “Specialist Systems”) AND (“Diabetic Foot” OR “Diabetic Feet” OR “Diabetic Foot Ulcer”)</i>		

SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Os resultados obtidos nas bases foram importados para o gerenciador de referências *Rayyan*⁽¹⁴⁾, desenvolvido pelo QCRI (*Qatar Computing Research Institute*). Nesse momento, foi realizada a retirada de duplicidades, seleção e triagem dos estudos por dois pesquisadores de forma independente, sendo as divergências resolvidas com participação de terceiro examinador com experiência na área.

Após remoção das duplicadas, procedeu-se à seleção dos artigos por meio da leitura dos títulos e resumos, com base nos critérios pré-estabelecidos no estudo. Logo, os estudos incluídos na primeira etapa foram lidos na íntegra para verificação da permanência. Os artigos excluídos apresentaram as respectivas justificativas. Todas as referências dos artigos incluídos foram verificadas para averiguar outros estudos potencialmente relevantes. Por fim, as etapas de identificação e seleção foram

documentadas por meio do fluxograma *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*⁽¹²⁾.

MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Uma estratégia de extração de dados foi definida e adaptada de acordo o manual do JBI, a fim de selecionarem-se as seguintes informações relevantes: 1) caracterização: autor, país, periódico, temática, ano, título, objetivos e tipo de estudo; 2) aplicabilidade clínica; 3) tipo de tecnologia utilizada; 4) principais resultados e limitações, informações essas que foram organizadas no formato de tabelas com conteúdo narrativo no *Microsoft Excel*[®].

RESULTADOS

A busca nas fontes de informações identificou 710 estudos, dos quais 43 foram excluídos por se tratarem de duplicatas,

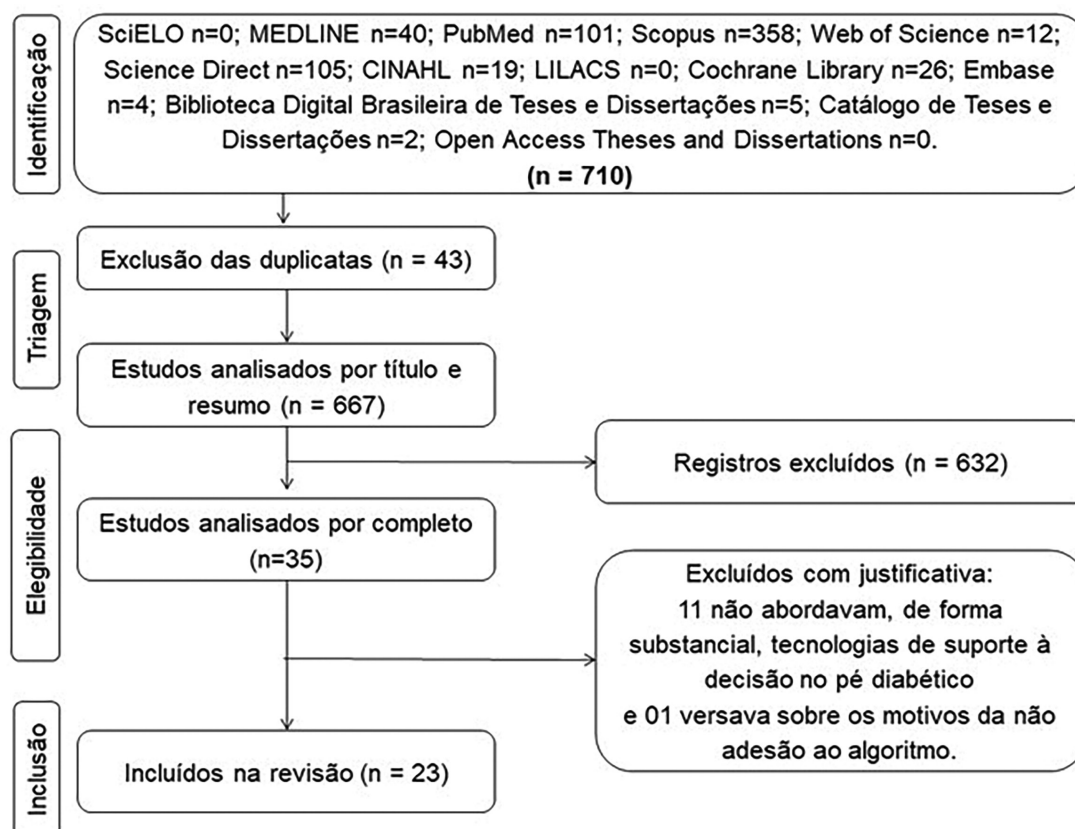


Figura 1 – Fluxograma de buscas, conforme recomendações do PRISMA-ScR – Fortaleza, CE, Brasil, 2022.

restando 667 publicações. Destes foram analisados títulos e resumos com exclusão de 632, mediante aplicação dos critérios de elegibilidade. Em vista disso, 35 estudos foram analisados integralmente e, destes, 23 atenderam aos questionamentos primários e secundários do estudo, conforme disposto na Figura 1.

O Quadro 2 traz a caracterização e síntese dos artigos mapeados e incluídos nesta revisão. Quanto ao local de origem, os estudos foram desenvolvidos majoritariamente no continente europeu (n = 10; 43,4%), seguido pelo continente asiático (n = 8; 34,7%), restando três estudos (n = 3; 13,0%) pertencentes ao continente americano e dois (n = 2; 8,6%) à Oceania.

No que concerne aos periódicos e suas temáticas de interesse, verifica-se abrangência de revistas relacionadas ao desenvolvimento de tecnologias e inovações em saúde (n = 7; 30,4%), à medicina (n = 5; 21,7%), ao diabetes e desenvolvimento de tecnologias voltadas à doença (n = 4; 17,3%), às ciências da computação e engenharia (n = 2; 8,6%), ao repositório de eventos científicos em tecnologia (n = 4; 17,3%). Restou um estudo, correspondente à literatura cinzenta.

Dezoito estudos (78,2%) eram estudos observacionais, sendo nove descritivos (39,1%), três coortes (13,0%), dois casos-controle (8,6%), dois transversais (8,6%), um estudo de caso

Quadro 2 – Caracterização e síntese dos artigos mapeados – Fortaleza, CE, Brasil, 2022.

Nº	Autor/Ano/País/Revista	Objetivos	Tecnologia utilizada	Aplicabilidade clínica	Principais resultados
1.	Bender C, Cichosz SL, Malovini A, Bellazzi R, Pape-Haugaard L, Hejlesen O (2021)/Dinamarca/Journal of Diabetes Science and Technology ⁽⁹⁾	Construir um protótipo de uma ferramenta pedagógica interativa, utilizando o raciocínio baseado em casos, para o cuidado da úlcera do pé diabético baseado em evidências.	Aprendizado de máquina/Raciocínio Baseado em Casos ⁽⁹⁾	Ferramenta pedagógica direcionada ao enfermeiro para o cuidado e rastreio do pé diabético.	O protótipo é capaz de calcular uma pontuação de dissimilaridade que fornece uma medida quantitativa entre um novo caso e casos armazenados.
2.	Casal-Guisande M, Cerqueiro-Pequeño J, Comesaña-Campos A, Bouza-Rodríguez JB (2020)/Espanha/Diabetic Medicine ⁽⁷⁾	Adaptar a metodologia baseada em sistemas especialistas ao acompanhamento de pacientes propensos a desenvolver feridas no pé diabético.	Aprendizado de máquina/Gerenciador de decisão suportado por inferência fuzzy ⁽⁷⁾	Determinar o risco do desenvolvimento de pé diabético e avaliar a efetividade dos cuidados recebidos.	O sistema conta com a etapa inicial de coleta de dados, por meio da foto da lesão e preenchimento de um questionário sobre fatores de risco, seguidos pelo processamento das imagens (escala de Wagner), cálculo e pela modelagem dos resultados para interpretação destes e geração de alertas para tomada de decisão e aplicação do tratamento.
3.	Chappell FM, Crawford F, Horne M, Leese GP, Martin A, Weller D, et al. (2021)/Reino Unido/BMJ open Diabetes Research & Care ⁽¹⁵⁾	Desenvolver e validar uma regra de predição clínica para ulceração do pé em pessoas com diabetes.	Regra de Predição Clínica ⁽¹⁵⁾	Predizer o risco de ulceração do pé diabético através da análise térmica plantar por meio de imagens.	Os escores da regra de predição clínica (0, 1, 2, 3 e 4) retratam o risco de úlcera em dois anos de 2,4%, 6,0%, 14,0%, 29,2% e 51,1%, respectivamente. Constitui uma ferramenta simples que usa dados obtidos rotineiramente e ajuda na prevenção de úlceras a partir do direcionando do atendimento a pacientes com pontuação igual ou superior a 1.
4.	Crawford F, Bekker HL, Jovem M, Sheikh A (2010)/Reino Unido/Journal of Innovation in Health Informatics ⁽¹⁶⁾	Compreender a visão dos profissionais da atenção primária em relação ao rastreamento da doença do pé diabético e sua experiência com o sistema SCI-DC.	Aprendizado de máquina ⁽¹⁶⁾	Rastreio pé diabético.	O SCI-DC constitui um sistema de informação projetado para criar um registro eletrônico compartilhado para uso no cuidado de pacientes com diabetes <i>mellitus</i> . Foram visualizadas perspectivas favoráveis sobre o sistema, principalmente quanto a telas de triagem podal, transferência de informações da atenção primária para a secundária, redução da variabilidade na informação dos podólogos e fonte de informação para fins de auditoria.
5.	Crawford F, Cezard G, Chappell FM (2018)/Reino Unido/Diabetic Medicine ⁽¹⁷⁾	Desenvolver e validar um modelo prognóstico de fatores de risco independentes para ulceração do pé em diabetes.	Regra de Predição Clínica ⁽¹⁷⁾	Predizer o risco de ulceração do pé diabético através da análise térmica plantar por meio de imagens.	Foi elaborado um modelo prognóstico simples de três fatores de risco preditivos e independentes que se mostraram estatisticamente associados a úlcera de pé diabético: história de ulceração/incapacidade em sentir monofilamento de 10g/pelo menos um pulso ausente.
6.	Cruz-Vega I, Peregrina-Barreto H, Rangel-Magdaleno JJ, Ramirez-Cortes MJ (2019)/Nova Zelândia/IEEE Xplore ⁽¹⁸⁾	Comparar classificadores inteligentes de padrões térmicos do pé diabético de pacientes com diabetes <i>mellitus</i> e grupo-controle.	Aprendizado de máquina ⁽¹⁸⁾	Predizer o risco de ulceração do pé diabético através da análise térmica plantar por meio de imagens.	Os resultados do uso do <i>Support Vector Machine</i> e <i>multi-layer perception neural network</i> na classificação de padrões de imagens médicas são de alta precisão e satisfatórios. No entanto, o uso do <i>deep learning</i> está ganhando força, dado aumento da precisão e dispensação da extração de características e segmentação de padrões.

continuar...

...continuação

Nº	Autor/Ano/País/Revista	Objetivos	Tecnologia utilizada	Aplicabilidade clínica	Principais resultados
7.	Gamage C, Wijesinghe I, Perera I (2019)/Sri Lanka/ IEEE Xplore ⁽¹⁹⁾	Usar uma rede neural convolucional para prever estágios de gravidade do pé diabético.	Aprendizado de máquina/Redes Neurais Convolucionais ⁽¹⁹⁾	Classificação do estágio de gravidade do pé diabético de acordo com os critérios de Wagner, por meio de imagens.	O conjunto de dados de imagens de feridas foi subdividido para experimento com redes neurais convolucionais pré-treinadas. Dentre os algoritmos de decisão, as Redes Neurais Artificiais apresentaram o melhor desempenho.
8.	Goulionis JE, Vozikis A, Benos VC, Nikolakis D (2010)/Grécia/ ClinicoEconomics and Outcomes Research ⁽²⁰⁾	Avaliar a relação custo-benefício de dois tratamentos (tratamento médico e amputação) em pacientes com síndrome do pé diabético, mediante um algoritmo de decisão.	Algoritmo de decisão heurística, com base no processo de decisão de Markov, Parcialmente Observável ⁽²⁰⁾	Avaliação do custo-efetividade entre tratamento médico e amputação do pé diabético.	Foi criado um modelo simples para tomada de decisão econômica para o tratamento do pé diabético, explicitando duas vias entre os dados clínicos primários e a tomada de decisão médica precoce e eficiente. A utilização do modelo proporcionou melhoria da qualidade dos cuidados de saúde, tomada de decisão clínica com boa relação custo-benefício e adaptabilidade e transferibilidade através de diferentes ambientes de saúde.
9.	Das SK, Roy P, Mishra AK (2022)/Índia/Concurrency and Computation Practice and Experience ⁽²¹⁾	Realizar a fusão de recursos de alto nível, baseados em aprendizado de máquina, com base em redes neurais de baixo nível e convolucionais para melhorar o diagnóstico automático de pé diabético.	Aprendizado de máquina/Redes Neurais Convolucionais ⁽²¹⁾	Predizer o risco e diagnosticar a ulceração do pé diabético por meio de imagens.	A fusão de recursos de diferentes classificadores de aprendizagem de máquina, regressão logística, <i>support vector machine</i> e rede neural artificial mostraram melhores resultados de identificação do pé diabético. A regressão logística superou os resultados de todas as métricas de avaliação, alcançando 95,23% de sensibilidade e 95,37% de especificidade.
10.	Deschamps K, Matricali GA, Desmet D, Roosen P, Keijsers N, Nobel F, et al. (2016)/Bélgica/Gait & Posture ⁽²²⁾	Determinar medidas de eficácia de um sistema de predição do pé diabético, baseado em pressão plantar, analisando a taxa de reconhecimento, sensibilidade, especificidade, bem como a utilidade deste na implementação de estratégias de distribuição de pressão.	Mapeamento total semiautomático de identificação de métricas regionais ⁽²²⁾	Predizer o risco e diagnosticar a ulceração do pé diabético por meio de medidas de pressão plantar.	A comparação dos quatro grupos associados ao sistema de classificação destacou diferenças regionais distintas. A taxa geral de reconhecimento excedeu 90% para todos os subconjuntos de validação cruzada. A sensibilidade e especificidade dos quatro grupos associados ao sistema de classificação ultrapassaram, respectivamente, o nível 0,7 e 0,8.
11.	Farzi S, Kianian S, Rastkhadive I (2018)/Irã/IEEE Xplore ⁽²³⁾	Identificar o melhor algoritmo de classificação para detectar as complicações do diabetes.	Aprendizado de máquina/Árvore de decisão, <i>Random Forest</i> , <i>Multi-Layer Perception neural network</i> , <i>Naive Bayes</i> , <i>Radial Base Function</i> ⁽²³⁾ .	Predizer o risco e diagnosticar a ulceração do pé diabético por meio de variáveis sociodemográficas e clínicas.	O algoritmo <i>Random Forest</i> mostrou melhor acurácia no diagnóstico do pé diabético, ficando à frente das redes neurais e do <i>Naive Bayes</i> com pior desempenho.
12.	Ferreira ACBH, Ferreira DD, Oliveira HC, Resende ICD, Anjos A, Lopes MHBDM (2020)/Brasil/Computers in Biology and Medicine ⁽²⁴⁾	Identificar pacientes com diabetes <i>mellitus</i> que apresentam alto risco de desenvolver pé diabético, por meio de uma técnica de aprendizado de máquina não supervisionada.	Aprendizado de máquina/ <i>Competitive neural layer-based method</i> ⁽²⁴⁾	Predizer o risco e diagnosticar a ulceração do pé diabético por meio de variáveis sociodemográficas e clínicas.	O método apresentou acurácia de 90%, sensibilidade de 70% e especificidade de 100%. A utilização do método pode otimizar o trabalho da enfermagem por meio da triagem facilitada.
13.	Husers J, Hafer G, Heggemann J, Stefan W, Pryscha M, Dissemmond J, Mooelleken M, Erfurt-Berge C, Hubner U (2022)/Alemanha/Studies in health technology and informatics ⁽²⁵⁾	Treinar um sistema de inteligência artificial e avaliar seu desempenho na detecção do pé diabético.	Aprendizado de máquina/Redes Neurais Convolucionais ⁽²⁵⁾	Identificar precocemente pacientes em risco de úlcera do pé diabético e, consequentemente, de amputação.	O treinamento do modelo mostrou convergência, com ausência de <i>overfitting</i> . O modelo final rendeu um <i>score</i> de 0,71 nas 108 imagens de validação, com sensibilidade 0,69 e precisão de 0,67, demonstrando validade satisfatória para classificar imagens de macerações para uso clínico na documentação de feridas.
14.	Husers J, Hafer G, Heggemann J, Wiemeyer S, John SM, Hubner U (2022)/Alemanha/Studies in health technology and informatics ⁽²⁶⁾	Desenvolver um esquema de estratificação que permita a classificação de pacientes com e sem risco de amputação maior.	Aprendizado de máquina/Método Bayesiano ⁽²⁶⁾	Predizer o risco de amputações em pacientes com pé diabético, com base em características sociodemográficas e clínicas.	O sistema revelou um adequado ponto de corte para o risco de amputação de 0,28. A sensibilidade e especificidade foram 0,83 e 0,66. Embora a especificidade seja baixa, o método de decisão incluí a maioria dos pacientes reais em risco.
15.	Jayashree J, Vijayashree J (2017)/Índia/International Journal of Civil Engineering and Technology ⁽²⁷⁾	Propor um sistema de predição da gravidade do pé diabético, utilizando sistemas especialistas <i>fuzzy</i> .	Aprendizado de máquina/Gerenciador de decisão suportado por inferência <i>fuzzy</i> ⁽²⁷⁾	Descrever gravidade do pé diabético.	Propõe-se um modelo para descrever a gravidade do pé diabético com base em sistemas especialistas <i>fuzzy</i> e na classificação de Wagner.

continuar...

...continuação

Nº	Autor/Ano/País/Revista	Objetivos	Tecnologia utilizada	Aplicabilidade clínica	Principais resultados
16.	Medeiros RA (2015)/Brasil ⁽²⁸⁾	Desenvolver um Sistema Inteligente de Monitoramento da Prevenção do Pé Diabético.	Aprendizado de máquina ⁽²⁸⁾	Acompanhamento e autocuidado do pé diabético.	O SIM2PeD consiste em uma plataforma integrada com dispositivo móvel de captura de dados dos indivíduos para acompanhamento da equipe médica e alertas referentes aos cuidados. Após a captura, as informações são repassadas ao sistema especialista que gera recomendações a partir dos cuidados respondidos. Os experimentos realizados em ambiente real revelaram desempenho satisfatório e adequado para o monitoramento remoto de atividades de autocuidado com os pés.
17.	Nair HKR, Kaur G (2021)/Malásia/Wounds International ⁽²⁹⁾	Descrever a experiência do uso da ferramenta TIME em pacientes com pé diabético.	Fluxograma norteador ⁽²⁹⁾	Decidir o plano de tratamento (preparação do leito da ferida, seleção do curativo e gerenciamento).	Ferramenta de suporte à decisão clínica baseada na preparação do leito da ferida, com vistas à decisão do plano de tratamento, de acordo com a etiologia. A ferramenta facilitou a tomada de decisão, orientação e unificação sobre o tratamento adequado, permitindo uma abordagem sistemática e comunicação entre os profissionais.
18.	Nguyen G, Agu E, Tulu B, Strong D, Mombini H, Pedersen P, et al. (2020)/EUA/Smart Health ⁽³⁰⁾	Explorar classificadores de aprendizado de máquina para gerar decisões acionáveis no tratamento de feridas.	Aprendizagem de máquina/ <i>Gradient Boosted Machine/Support Vector Machine</i> ⁽³⁰⁾	Decidir plano de tratamento do pé diabético por meio de imagens.	O <i>Gradient Boosted Machine</i> superou outros algoritmos de decisão, alcançando 81% de precisão, mediante recursos visuais e textuais. As decisões foram (1) continuar tratamento, (2) solicitar mudança no tratamento e (3) encaminhar para tratamento especializado.
19.	Peleg M, Shachak A, Wang D, Karnieli E (2009)/Israel/International Journal of Medical Informatics ⁽³¹⁾	Desenvolver um protótipo de sistema de apoio à decisão baseado em diretrizes para auxiliar no manejo do pé diabético.	Fluxograma norteador ⁽³¹⁾	Predizer o risco, diagnosticar e tratar a ulceração do pé diabético, com base em diretrizes.	Os usuários tiveram uma resposta positiva ao protótipo, em termos de clareza de <i>design</i> , interação e facilidade de uso. A amostra expressou clara intenção quanto ao uso do sistema no futuro, para auxiliar no tratamento, nos encaminhamentos, na estratificação do risco e no acompanhamento.
20.	Peng B, Min R, Liao Y, Yu A (2021)/China/Journal of Diabetes Research ⁽³²⁾	Determinar a precisão do novo modelo na previsão do risco de amputações de membros inferiores no pé diabético.	Fluxograma norteador ⁽³²⁾	Predizer o risco de amputação do pé diabético por meio de variáveis clínicas.	Após identificar os principais fatores preditivos de pé diabético, foi realizada uma regressão logística para rastrear os fatores independentes de amputação que foram aplicados na construção de um modelo de predição. A área sob a curva foi de 0,876, e a curva de calibração corrigida do normograma apresentou boa capacidade de ajuste para predição do risco de amputação. A curva de análise de decisão indicou que o modelo foi mais prático e preciso quando o limiar de risco estava entre 6 e 91%.
21.	Schafer Z, Mathisen A, Svendsen K, Engberg S, Thomsen RT, Kirketerp-Moler K (2021)/Dinamarca/Frontiers in Medicine ⁽³³⁾	Compreender os fatores de risco de pé diabético e amputação entre pacientes com diabetes, por meio de dados dos registros nacionais em saúde e aprendizagem de máquina.	Aprendizado de máquina ⁽³³⁾	Predizer o risco de ulceração e amputação do pé diabético por meio de variáveis sociodemográficas e clínicas.	O risco de ulceração e amputação é aumentado em pacientes com diabetes e complicações cardiovasculares, doença arterial periférica, neuropatia e complicações renais crônicas. O aprendizado de máquina mostrou-se útil para avaliação dos fatores de risco para ulceração e amputação, com base em dados secundários.
22.	Schoen DE, Glance DG, Thompson SC (2015)/Austrália/Journal of Foot and Ankle Research ⁽³⁾	Compreender opiniões e experiências durante o desenvolvimento e avaliações de uma ferramenta eletrônica de estratificação de risco de pé diabético, com base em diretrizes.	Aprendizado de máquina/ <i>Software</i> ⁽³⁾	Predizer o risco de ulceração com base em variáveis clínicas.	A ferramenta de risco integra uma avaliação simples prontamente disponível em um ambiente clínico e reflete as diretrizes australianas atuais, o direcionamento do exame dos pés e a investigação de fatores preditores, tais como amputação/ulceração anterior, deformidade, presença de pulsos e neuropatia periférica.
23.	Wijesinghe I, Gamage C, Perera I, Chitranjan C (2019)/Sri Lanka/IEEE Xplore ⁽³⁴⁾	Propor um protótipo de um sistema autônomo para orientar o diagnóstico e tratamento do pé diabético.	Aprendizado de máquina ⁽³⁴⁾	Predizer o risco e diagnosticar a ulceração do pé diabético.	O sistema consiste em módulos baseados em conhecimento para classificação baseada em nível de gravidade, suporte à decisão clínica e detecção de úlceras de pé quase em tempo real e triagem. A pontuação média de usabilidade foi de 88,5, revelando-se boa, mas não excepcional.

único (4,3%) e um estudo de caso múltiplo (4,3%). O restante ($n = 5$; 21,7%) tratava-se de pesquisas metodológicas que versavam sobre construção dos SAD e sua aplicação.

No âmbito do pé diabético, os sistemas especialistas empenham-se ao rastreamento⁽⁹⁾, à predição do risco de úlceras e amputações^(3,5,7,15,16,18,21-24,30-34), ao diagnóstico^(21,23,24,31,34), à classificação do estágio de gravidade^(19,25,34), decisão do plano de tratamento e avaliação da efetividade das intervenções implementadas^(27,28,33). Um estudo realizou comparação de custo-efetividade destas⁽²⁰⁾.

Para treino dos algoritmos, foram utilizados diversos recursos. Dentre eles, o processamento de dados referentes à imagem da lesão^(7,21,25,30), à análise térmica^(15,18), às medidas de prensão plantar⁽²²⁾, o questionário com dados clínicos e sociodemográficos^(7,16,23-25,32-34), a escala de Wagner^(7,19) e outras regras de predição clínica^(15,35), alertas referentes ao autocuidado, monitoramento remoto⁽²⁸⁾ e análise financeira entre diferentes tratamentos e amputação⁽²⁰⁾.

Nesse contexto, sobressaíram-se como principais fatores relacionados à ulceração, inclusive amputação, doença arterial periférica, neuropatia, mau controle do diabetes, dislipidemia, doenças cardiovasculares e complicações renais crônicas, além da história de ulceração progressiva, deformidades, incapacidade em sentir monofilamento de 10g, pelo menos um pulso pedial ausente, áreas de prensão plantar, histórico familiar desfavorável, tabagismo e etilismo, hábitos de caminhar descalço e ausência de orientação/cuidados de profissionais da saúde direcionados a complicação^(5,22,33,35).

Os sistemas especialistas, em sua maioria, executam as predições a partir de técnicas de aprendizado de máquina supervisionado ou não supervisionado^(9,18,21,28,33,34). Dentre os algoritmos utilizados, elencam-se as redes neurais convolucionais^(19,21) para tratamento a partir de imagens e outros algoritmos de decisão^(7,20,24,27,30), a exemplo dos mecanismos de inferência *fuzzy*, *Gradient Boosted Machine*, *random forest*, *support vector machine*, *multi-layer perception neural network*, *Naïve Bayes*, redes neurais artificiais, *Competitive neural layer-based method* e *Radial Base Function*.

A introdução dos SAD na assistência do pé diabético esteve associada, de forma estatisticamente significativa, ao uso de práticas baseadas em diretrizes, ao aprimoramento do dispêndio de tratamentos e intervenções, à gerência de fatores de risco, triagem e às estratégias preventivas. Além disso, contam com recursos de lembretes, alertas e sugestão que, além de promover o autocuidado e autonomia do sujeito, fomentam a discussão de opções terapêuticas, qualificando o diálogo profissional-paciente de maneira individualizada e singular⁽³⁵⁻³⁷⁾.

No entanto, as principais limitações apontadas devem-se à quantidade insuficiente de estudos com a população alvo, ou seja, pacientes propensos à ulceração e amputação, e/ou restrição limitada a ambientes comunitários com amostra restrita^(9,15,24,25,31,33), isso aliado à resistência dos profissionais da saúde quanto à incorporação da ferramenta na rotina de cuidados^(15,16,18-28,31-34) e incompletude das informações disponíveis nos bancos de dados^(5,15,18,19,32,33).

DISCUSSÃO

O mapeamento das evidências disponíveis na literatura revela que os SAD têm se tornando cada vez mais relevantes

no manejo e seguimento clínico do DM, incluindo a prevenção e cuidado ao pé diabético. Estes sistemas envolvem suporte de profissionais de saúde e pacientes para resolução de problemas clínicos, pela incorporação de dados provenientes de fontes qualitativas e quantitativas, inseridos manualmente ou automaticamente em sistema de registro eletrônico, aliadas à experiência de especialistas e às diretrizes. Dentre suas principais finalidades, estão orientar, qualificar e unificar o processo de tomada de decisão^(3,7,30,33).

De maneira geral, os estudos sobre a temática exibem promissoras perspectivas quanto à incorporação dos SAD à rotina dos profissionais de saúde, ao passo que favorecem e direcionam rastreamento, diagnóstico, predição, tratamento, estratificação de risco, encaminhamentos e avaliação da implementação do plano de cuidados, com abordagem individual e direcionada, com base nos dados do paciente.

Em consonância, os SAD têm atuado na redução de barreiras imbricadas nos cuidados em saúde, como uso racional de recursos, integração e transferência de informações entre atenção primária, especializada e terciária, “inércia clínica” (falha em iniciar ou intensificar a terapia quando indicado), falta de familiaridade com diretrizes e protocolos e registro eletrônico qualificado, ao passo que oferecem relatórios resumidos de atendimento ao paciente, *feedback* sobre indicadores de qualidade e *benchmarking*^(36,38).

De maneira semelhante, a literatura dispõe sobre as funcionalidades dos SAD, que contam, majoritariamente, com lembretes personalizados, direcionamento para triagem de fatores de risco, cuidados preventivos e testes clínicos, avaliações para populações em risco com base no histórico, recomendações de tratamentos baseados em evidências, incluindo intensificação dos regimes de tratamento existentes, recomendações de mudanças de comportamentos e alertas para sinais de risco de gravidade⁽³⁶⁾.

Há evidências de que os SAD com funcionalidades de alertas, lembretes ou *feedback* apresentaram maior probabilidade de impactar nos cuidados em saúde. Em ensaio clínico randomizado, a razão de chances do grupo-intervenção *versus* grupo-controle para probabilidade de não piora e melhora foi de 1,09 (IC 95% 0,73; 1,63)⁽³⁹⁾. Ademais, revisão sistemática com meta-análise confirma que 82% dos SAD disponíveis na literatura inferiram impactos significativos no processo de cuidado e, destes, 31% verificaram resultados palpáveis no tocante ao manejo das variáveis associadas ao DM⁽⁴⁰⁾.

No tocante à qualidade das práticas e resultados clínicos relacionados à morbidade e mortalidade por outras condições (por exemplo, rastreamento de câncer, imunização, prevenção de DCV), a análise de ensaios clínicos randomizados aponta, de maneira similar, melhoria significativa nas variáveis relacionadas à triagem, solicitação de exames clínicos e prescrição de tratamentos⁽³⁶⁾. No entanto, refere evidências escassas sobre sua eficácia nos resultados clínicos⁽⁴¹⁾.

No campo hospitalar, configuram bons resultados no aumento da adesão às diretrizes e protocolos de segurança cirúrgicos, especialmente no que tange à prescrição de antibióticos perioperatórios, com redução do índice de infecções (<1%), qualificação do processo de hemotransfusão e profilaxia

de trombose venosa profunda, inferindo a economia de mais de US\$ 1,6 milhão anualmente em um único hospital⁽⁴¹⁾.

Acumulam-se evidências de que SAD bem projetados e cuidadosamente implementados no seguimento do DM melhoraram não apenas a solicitação de exames e cuidados preventivos, mas também possibilitam que um plano de cuidados dinâmico, padronizado e personalizado seja traçado e facilmente acessado por qualquer membro da equipe de saúde, a qualquer momento⁽⁴²⁾.

Estudos de implementação de SAD no DM, no âmbito da atenção primária e especializada, exibem impactos positivos no controle de índice glicêmico, hemoglobina glicada, pressão arterial e níveis sanguíneos de colesterol. Os sistemas são geralmente compatíveis com a rotina prática das instituições e podem ser integrados com outras estratégias, como visita domiciliar, intervenções educacionais, gerenciamento de casos e uso de mídia social^(39,42).

A exemplo, estudo de construção de SAD com gerenciador de decisão suportado por inferência *fuzzy* para retinopatia diabética apresentou acurácia de 80,76%, sensibilidade de 80,67% e especificidade de 85,96%, possibilitando triagem para a complicação a cada três anos⁽⁴³⁾. No âmbito do suporte à decisão clínica no pé diabético, os pesquisadores encorajam o fomento de pesquisas, pautadas nos achados de promoção da cicatrização, diminuição do risco de morte e amputação⁽⁴⁴⁾, além de refletirem as diretrizes e os protocolos para manejo da complicação⁽³⁾ e a possibilidade da redução de erros no diagnóstico, a estratificação de risco e as limitações funcionais⁽⁴⁵⁾.

As variáveis mais comumente incluídas nos SAD são neuropatia diabética, doença arterial periférica, deformidade podal e complicação podal prévia. Estas, por sua vez, demonstraram estar consistentemente associadas com a ocorrência da ulceração. A sensibilidade das classificações variou de 38 a 100%, a especificidade de 30 a 88%, enquanto valores preditivos negativos foram sempre superiores a 80% e preditivos positivos, sempre inferiores a 60%⁽⁴⁴⁾. Por conseguinte, a literatura releva que os profissionais de saúde consideraram os SAD em pé diabético fáceis de usar (99%), bem como acreditavam que estes forneceram informações úteis para o atendimento ao paciente (100%)⁽⁴³⁾.

Dessa feita, os métodos de inteligência artificial de aprendizado de máquina (*machine learning*) são cada vez mais aproveitados na modelagem preditiva clínica, ao passo que as abordagens modernas de ML, como redes neurais artificiais e *deep learning* geralmente têm desempenho melhor, quando comparados com métodos mais tradicionais, como regressão logística e linear⁽⁴⁵⁾.

Os mecanismos de ML *support vector machine*, *gradient boosted machine*, redes neurais artificiais, *random forest* e *multi-layer perception neural network* destacam-se por seus resultados satisfatórios, com alta precisão e sensibilidade, no que concerne à apreensão de padrões de imagens médicas para predição, diagnóstico e estratificação do pé diabético, no entanto, requerem uma etapa prévia de extração de recursos e disponibilidade de dados^(18,21,23,34). Por outro lado, as técnicas de *deep learning* e *Naïve Bayes* evidenciam resultados de acurácia e sensibilidade limitados. Contudo, observa-se que esses métodos conseguem incluir a grande maioria dos pacientes em risco real de ulceração e amputação^(18,24).

No tocante à avaliação da gravidade de úlceras já instaladas e dispêndio de cuidados, o gerenciador de decisão suportado por inferência *fuzzy* exibiu resultados favoráveis a partir da coleta de imagens e fatores de risco, seguida da implementação da escala de Wagner e cálculos de modelagem, para interpretação dos dados, apoio da tomada de decisão quanto ao tratamento e geração de alertas⁽⁷⁾. Para além do contexto do pé diabético, o método *fuzzy* apresentou elevada sensibilidade em outras condições clínicas^(46,47), em torno de 98%, dado que a previsão de risco considera um conjunto de regras criteriosamente escolhidas baseadas nas características do paciente. Nessa feita, o método *fuzzy* se consolida com potencial algoritmo para identificação de diagnóstico precoce, como também para estratificar risco e acompanhar a evolução do pé diabético.

A síntese de informações mostrou o uso do método *Support Vector Machine* combinado com outras tecnologias. Outrossim, esta ferramenta demonstra resultados preferíveis na literatura, em detrimento do *Deep Learning* e redes neurais convolucionais, inferindo diagnósticos precisos (acima de 99%) em menor tempo de fluxo de trabalho, especialmente a partir de resultados de exames de imagens^(48,49). Todavia, o desempenho do método escolhido pode variar conforme os recursos empregados e cenários de implantação, enfatizando-se que tecnologias usadas em conjunto têm o potencial de melhorar a performance do sistema⁽⁴⁸⁾.

Aliado a isso, o uso de algoritmos de *Case-Based Reasoning* mostrou-se capaz de calcular pontuação de dissimilaridade, para fornecimento de uma medida quantitativa entre um novo caso e casos armazenados na base de casos⁽⁹⁾. A exemplo, a experiência com o SM2PeD, plataforma integrada com dispositivo móvel, retrata, a partir de testes com amostra real, resultados satisfatórios acerca do monitoramento remoto das atividades de autocuidado pela equipe médica, juntamente com emissão de alertas e recomendações pelo sistema especialista⁽²⁸⁾. Para além disso, desperta-se o *insight* para desenvolvimento de sistemas inteligentes de apoio à decisão com dados gerados a partir de monitoramento remoto baseado em *internet of things*.

Destarte, as regras de predição clínica, os fluxogramas norteadores e modelos prognósticos, em conjunto com os sistemas especialistas e intervenções preventivas, revelaram-se ferramentas úteis, simples e eficazes, de capacidade preditiva satisfatória e baixo custo de implementação, com vistas ao direcionamento, unificação e qualidade do diagnóstico, escolha do plano de tratamento e estratégias preventivas no pé diabético^(5,15,29,32). Ademais, um algoritmo de decisão heurística para avaliação do custo entre tratamentos médicos e amputação do pé diabético proporcionou um processo de tomada de decisão precoce e eficiente, com escolha de tratamentos de boa relação custo-benefício e adaptabilidade entre os diferentes ambientes de saúde⁽²⁸⁾.

No entanto, alguns SAD são limitados ao registro de informações e fornecimento de aconselhamento genérico, revelando-se pouco atrativos, o que promove o distanciamento dos profissionais de saúde e usuários, dificultando o processo de implementação de tecnologias inteligentes e fomento de estratégias de autocuidado⁽⁵⁰⁾. Dessa feita, o panorama evidencia a interação, ainda incipiente, entre prática clínica e sistemas especialistas, no que tange à usabilidade, aceitação e ao reconhecimento dos benefícios substancialmente evidenciados em estudos experimentais⁽³⁶⁾.

Para isso, a compreensão dos modelos aplicados é essencial, visando à usabilidade dos sistemas, eficácia do suporte à decisão clínica e instrução dos sujeitos envolvidos no processo. A literatura aponta que, para a integração bem-sucedida da tecnologia, devem-se considerar cinco “direitos”: a informação certa deve ser apresentada ao público certo, no formato certo, pelos canais certos, nos pontos certos do paciente⁽⁴²⁾.

Outrossim, é fomentado que o uso dos SAD deve se dar com parcimônia, sendo restrito ao fornecimento de recomendações, sem prejuízo no julgamento dos profissionais de saúde, atentando-se, ainda, à confiabilidade dos dados, do algoritmo e do próprio sistema. De modo que, a disponibilidade de fontes confiáveis deve ser considerada antes e durante o projeto, reduzindo impactos negativos na saúde dos pacientes, limitações metodológicas e presença de vieses, ainda visualizados nos SAD em saúde⁽⁵¹⁾, e impacto negativo destes nos resultados em saúde⁽⁵²⁾.

Aliado a isso, são destacadas problemáticas, como a falta de padronização dos processos de medição e apresentação dos resultados, baixa qualidade na execução dos métodos levando a conclusões inconsistentes em alguns estudos⁽⁴¹⁾. Visando a esse fim, preconiza-se o desenvolvimento de estudos consistentes para desenvolvimento e testagem de SAD, incluindo validação com especialistas e população alvo, implementados nos diversos cenários da prática assistencial no pé diabético, para estabelecer resultados sobre efetividade do seu uso e impacto em desfechos, como cura, hospitalização, amputação e óbito, bem como

promover acesso facilitado e flexível a essas tecnologias, visando ao treinamento e à sensibilização dos profissionais de saúde^(29,38).

O estudo contribui para ampliação do conhecimento na área da enfermagem e saúde acerca dos SAD para pé diabético, trazendo novas e relevantes informações sobre o uso desse recurso para o diagnóstico precoce, tratamento adequado e monitoramento contínuo. Esses sistemas podem auxiliar os profissionais de enfermagem na triagem de pacientes de risco, permitindo intervenções precoces e diagnóstico precoce de lesões. Além disso, contribuem como suporte à tomada de decisão clínica e orientações baseadas em evidências para o tratamento, promovendo cuidados padronizados e personalizados.

Apresenta-se como limitações dessa revisão de escopo a dificuldade em compreender o contexto de aplicação dos SAD e sua contribuição para a prática clínica. Além disso, a presença de estudos heterogêneos dificulta a comparação direta dos estudos e a síntese dos resultados.

CONCLUSÃO

Os SAD corroboram a orientação e qualificação da prática clínica, no que concerne a rastreio, diagnóstico, predição, tratamento, estratificação de risco e avaliação do plano de cuidados para o pé diabético, mediante recursos de inteligência artificial e aprendizado de máquina, os quais se destacam por resultados satisfatórios, com alta precisão e sensibilidade, inferindo excelentes perspectivas à sua incorporação na prática clínica.

RESUMO

Objetivo: Mapear as evidências científicas sobre uso de Sistemas de Apoio à Decisão Clínica no pé diabético. **Método:** Revisão de escopo fundamentada no JBI *Manual for Evidence Synthesis* e registrada na plataforma *Open Science Framework*. Realizaram-se buscas, em fontes primárias e secundárias, sobre protótipos e ferramentas informatizadas direcionadas à assistência ao paciente com pé diabético ou em risco de tê-lo, publicados em qualquer idioma ou período, em onze bases de dados e literatura cinza. **Resultados:** Foram identificados 710 estudos e, após critérios de elegibilidade, foram selecionados 23 que retratam o uso de sistemas de apoio à decisão no rastreio do pé diabético, predição do risco de úlceras e amputações, classificação do estágio de gravidade, decisão quanto ao plano de tratamento e avaliação da efetividade das intervenções, por meio do processamento de dados referentes a informações clínicas e sociodemográficas. **Conclusão:** Os sistemas especialistas destacam-se por resultados satisfatórios, com alta precisão e sensibilidade no que tange à orientação e qualificação do processo de tomada de decisão na prevenção e no cuidado ao pé diabético.

DESCRITORES

Diabetes *Mellitus*; Pé Diabético; Sistemas de Apoio a Decisões Clínicas; Revisão.

RESUMEN

Objetivo: Mapeo de la evidencia científica sobre el uso de sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas en el cuidado del pie diabético. **Método:** Revisión de alcance basada en el Manual de Síntesis de la Evidencia del JBI y registrada en la plataforma *Open Science Framework*. Se realizaron búsquedas en fuentes primarias y secundarias sobre prototipos y herramientas informatizadas dirigidas a la asistencia de pacientes con pie diabético o en riesgo de padecerlo, publicadas en cualquier idioma o periodo, en once bases de datos y literatura gris. **Resultados:** Se identificaron 710 estudios y, tras cumplir los criterios de elegibilidad, se seleccionaron 23, que retrataban el uso de sistemas de apoyo a la toma de decisiones en el diagnóstico del pie diabético, la predicción del riesgo de úlceras y amputaciones, la clasificación del estadio de gravedad, la decisión sobre el plan de tratamiento y la evaluación de la eficacia de las intervenciones, mediante el procesamiento de datos relativos a la información clínica y sociodemográfica. **Conclusión:** Los sistemas expertos destacan por sus resultados satisfactorios, con gran precisión y sensibilidad a la hora de orientar y cualificar el proceso de toma de decisiones en la prevención y el cuidado del pie diabético.

DESCRIPTORES

Diabetes Mellitus; Pie Diabético; Sistemas de Apoyo a Decisiones Clínicas; Revisión.

REFERÊNCIAS

- Reardon R, Simring D, Kim B, Mortensen J, Williams D, Leslie A. The diabetic foot ulcer. *Aust J Gen Pract*. 2020;49(5):250–5. doi: <http://dx.doi.org/10.31128/AJGP-11-19-5161>. PubMed PMID: 32416652.
- Armstrong DG, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic foot ulcers and their recurrence. *N Engl J Med*. 2017;376(24):2367–75. doi: <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMr1615439>. PubMed PMID: 28614678.
- Schoen DE, Glance DG, Thompson SC. Clinical decision support software for diabetic foot risk stratification: development and formative evaluation. *J Foot Ankle Res*. 2015;8(1):73. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s13047-015-0128-z>. PubMed PMID: 26692903.
- Toscano CM, Sugita TH, Rosa MQM, Pedrosa HC, Rosa R, Bahia LR. Annual direct medical costs of diabetic foot disease in Brazil: a cost of illness study. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(1):89. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph15010089>. PubMed PMID: 29316689.

5. Crawford F, Bekker HL, Jovem M, Sheikh A. General practitioners' and nurses' experiences of using computerised decision support in screening for diabetic foot disease: implementing Scottish Clinical Information - Diabetes Care in routine clinical practice. *J Innovation Health Inf.* 2010;18(4):259–68. doi: <http://dx.doi.org/10.14236/jhi.v18i4.781>.
6. Schaarup C, Pape-Haugaard L, Jensen MH, Laursen AC, Bermark S, Hejlesen OK. Probing community nurses' professional basis: a situational case study in diabetic foot ulcer treatment. *Br J Community Nurs.* 2017;22(Suppl 3):S46–52. doi: <http://dx.doi.org/10.12968/bjcn.2017.22.Sup3.S46>.
7. Casal-Guisande M, Cerqueiro-Pequeno J, Comesaña-Campos A, Bouza-Rodríguez JB. Proposal of a methodology based on expert systems for the treatment of diabetic foot condition. *TEEM'20.* 2020;(21):491–6. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/3434780.3436625>.
8. Lee JH, Staley J, Robinson R. Models used in clinical decision support systems supporting healthcare professionals treating chronic wounds: systematic literature review. *JMIR Diabetes.* 2018;3(2):e11. doi: <http://dx.doi.org/10.2196/diabetes.8316>. PubMed PMID: 30291078.
9. Bender C, Cichosz SL, Malovini A, Bellazzi R, Pape-Haugaard L, Hejlesen O. Using case-based reasoning in a learning system: a prototype of a pedagogical nurse tool for evidence-based diabetic foot ulcer care. *J Diabetes Sci Technol.* 2021;16(2):454–9. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/1932296821991127>. PubMed PMID: 33583205.
10. Schaarup C, Pape-Haugaard LB, Hejlesen OK. Models used in clinical decision support systems supporting healthcare professionals treating chronic wounds: systematic literature review. *JMIR Diabetes.* 2018;3(2):e11. doi: <http://dx.doi.org/10.2196/diabetes.8316>. PubMed PMID: 30291078.
11. Peters MDJ, Godfrey C, Mclnerney P, Munn Z, Tricco AC, Khalil H. Chapter 11: Scoping reviews (2020 version). In: Aromataris E, Munn Z, editors. *JBIM Manual for Evidence Synthesis.* Australia: JBI; 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.46658/JBIMES-20-12>.
12. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n71. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.n71>. PubMed PMID: 33782057.
13. Araújo WCO. Recuperação da informação em saúde: construção, modelos e estratégias. *Convergências em Ciência da Informação.* 2020;3(2):100–34. doi: <http://dx.doi.org/10.33467/conci.v3i2.13447>.
14. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan: a web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev.* 2016;5(1):210. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>. PubMed PMID: 27919275.
15. Chappell FM, Crawford F, Horne M, Leese GP, Martin A, Weller D, et al. Development and validation of a clinical prediction rule for development of diabetic foot ulceration: an analysis of data from five cohort studies. *BMJ Open Diabetes Res Care.* 2021;9(1):e002150. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjdc-2021-002150>. PubMed PMID: 34035053.
16. Crawford F, Bekker HL, Jovem M, Sheikh A. General practitioners' and nurses' experiences of using computerised decision support in screening for diabetic foot disease: implementing Scottish Clinical Information - Diabetes Care in routine clinical practice. *J Innovation Health Inf.* 2010;18(4):259–68. doi: <http://dx.doi.org/10.14236/jhi.v18i4.781>.
17. Crawford F, Cezard G, Chappell FM, PODUS Group. The development and validation of a multivariable prognostic model to predict foot ulceration in diabetes using a systematic review and individual patient data meta-analyses. *Diabet Med.* 2018;35(11):1480–93. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/dme.13797>. PubMed PMID: 30102422.
18. Cruz-Vega I, Peregrina-Barreto H, Rangel-Magdaleno JJ, Ramires-Cortes MJ. A comparison of intelligent classifiers of thermal patterns in diabetic foot. In: 2019 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC); 2019; Auckland, New Zealand. USA: IEEE; 2019. p. 1–6. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/I2MTC.2019.8827044>
19. Gamage C, Wijesinghe I, Perera I. Automatic scoring of diabetic foot ulcers through Deep CNN based feature extraction with low rank matrix factorization. In: 2019 IEEE 19th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE); 2019; Athens, Greece. USA: IEEE; 2019. pp. 352–6. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/BIBE.2019.00069>.
20. Goulionis JE, Vozikis A, Benos VC, Nikolakis D. On the decision rules of cost-effective treatment for patients with diabetic foot syndrome. *Clinicoecon Outcomes Res.* 2010;2:121–6. doi: <http://dx.doi.org/10.2147/CEOR.S11981>. PubMed PMID: 21935321.
21. Das SK, Roy P, Mishra AK. Fusion of handcrafted and deep convolutional neural network features for effective identification of diabetic foot ulcer. *Concurr Comput.* 2022;34(5):e6690. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/cpe.6690>.
22. Deschamps K, Matricali GA, Desmet D, Roosen P, Keijsers N, Nobel F, et al. Efficacy measures associated to a plantar pressure-based classification system in diabetic foot medicine. *Gait Posture.* 2016;49:168–75. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.07.009>. PubMed PMID: 27427834.
23. Farzi S, Kianian S, Rastkhadive I. Predicting serious diabetic complications using hidden pattern detection. In: 2017 IEEE 4th International Conference on Knowledge-Based Engineering and Innovation (KBEI); 2017; Tehran, Iran. USA: IEEE; 2018. p. 0063–8. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/KBEI.2017.8324885>.
24. Ferreira ACBH, Ferreira DD, Oliveira HC, Resende ICD, Anjos A, Lopes MHBDM. Competitive neural layer-based method to identify people with high risk for diabetic foot. *Comput Biol Med.* 2020;120:103744. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.combiomed.2020.103744>. PubMed PMID: 32421649.
25. Husers J, Hafer G, Heggemann J, Wiemeyer S, John SM, Hubner U. Development and evaluation of a bayesian risk stratification method for major amputations in patients with diabetic foot ulcers. *Stud Health Technol Inform.* 2022;289:212–5. doi: <http://dx.doi.org/10.3233/SHTI210897>. PubMed PMID: 35062130.
26. Husers J, Hafer G, Heggemann J, Stefan W, Prysucha M, Dissemond J, et al. Automatic classification of diabetic foot ulcer images - a transfer-learning approach to detect wound maceration. *Stud Health Technol Inform.* 2022;289:301–4. doi: <http://dx.doi.org/10.3233/SHTI210919>. PubMed PMID: 35062152.
27. Jayashree J, Vijayashree J. Anticipating diabetic foot ulcer using generative fuzzy expert system framework. *Int J Civil Engineering Tech.* 2017 [citado em 2022 Dez 24];8(12):642–50. Disponível em: <https://research.vit.ac.in/publication/anticipating-diabetic-foot-ulcer-using-generative-fuzzy-expert>
28. Medeiros RA. Sistema inteligente de monitoramento da prevenção do pé diabético. [Dissertação]. Mossoró: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte; 2015 [citado em 2022 Dez 24]. Disponível em: <https://ppgcc.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/42/2014/09/rodrigo-azevedo-de-medeiros.pdf>.
29. Nair HKR, Kaur G. Using the diabetic foot ulcer aetiology-specific T.I.M.E. clinical decision support tool to promote consistent holistic wound management and eliminate variation in practice. *Wounds International.* [citado em 2022 Dez 23] 2021;12(3):38–45. Disponível em: <https://www.woundsinternational.com/resources/details/using-diabetic-foot-ulcer-aetiologyspecific-time-clinical-decision-support-tool-promote-consistent-holistic-wound-management-and-eliminate-variation-practice>

30. Nguyen G, Agu E, Tulu B, Strong D, Mombini H, Pedersen P, et al. Machine learning models for synthesizing actionable care decisions on lower extremity wounds. *Smart Health*. 2020;18:100139. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smhl.2020.100139>.
31. Peleg M, Shachak A, Wang D, Karnieli E. Using multi-perspective methodologies to study users' interactions with the prototype front end of a guideline-based decision support system for diabetic foot care. *Int J Med Inform*. 2009;78(7):482–93. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2009.02.008>. PubMed PMID: 19328739.
32. Peng B, Min R, Liao Y, Yu A. Development of predictive nomograms for clinical use to quantify the risk of amputation in patients with diabetic foot ulcer. *J Diabetes Res*. 2021;2021:6621035. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2021/6621035>. PubMed PMID: 33511218.
33. Schafer Z, Mathisen A, Svendsen K, Engberg S, Thomsen RT, Kirketerp-Moler 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: <http://dx.doi.org/10.3389/fmed.2020.601602>. PubMed PMID: 33681236.
34. Wijesinghe I, Gamage C, Perera I, Chitrnanjan C. A smart telemedicine system with deep learning to manage diabetic retinopathy and foot ulcers. In 2019 Moratuwa Engineering Research Conference (MERCOn); 2019; Moratuwa, Sri Lanka. USA: IEEE; 2019. p. 686–91. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/MERCOn.2019.8818682>.
35. Lira JAC, Nogueira T, Oliveira BMA, Soares DR, Santos AMR, Araújo TME. Factors associated with the risk of diabetic foot in patients with diabetes mellitus in Primary Care. *Rev Esc Enferm USP*. 2021;55:e03757. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1980-220X2020019503757>.
36. Njie GJ, Proia KK, Thota AB, Finnie RKC, Hopkins DP, Banks SM, et al. Clinical decision support systems and prevention: a community guide cardiovascular disease systematic review. *Am J Prev Med*. 2015;49(5):784–95. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amepre.2015.04.006>. PubMed PMID: 26477805.
37. Santos MAFRN, Tygesen H, Eriksson H, Herlitz J. Clinical decision support system (CDSS)--effects on care quality. *Int J Health Care Qual Assur*. 2014;27(8):707–18. doi: <http://dx.doi.org/10.1108/IJHCQA-01-2014-0010>. PubMed PMID: 25417376.
38. Sim LLW, Ban KHK, Tan TW, Sethi SK, Loh TZ. Development of a clinical decision support system for diabetes care: a pilot study. *PLoS One*. 2017;12(2):e0173021. doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0173021>. PubMed PMID: 28235017.
39. Heselmans A, Delvaux N, Laenen A, Velde SB, Ramaekers D, Hunnamo I, et al. Computerized clinical decision support system for diabetes in primary care does not improve quality of care: a cluster-randomized controlled trial. *Implement Sci*. 2020;15(1):5. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s13012-019-0955-6>. PubMed PMID: 31910877.
40. Pengli H, Zhao P, Chen J, Zhang M. Evaluation of clinical decision support systems for diabetes care: an overview of current evidence. *J Eval Clin Pract*. 2019;25(1):66–77. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/jep.12968>. PubMed PMID: 29947136.
41. Bright TJ, Wong A, Dhurjati R, Bristow E, Bastian L, Coeytaux RR, et al. Effect of clinical decision-support systems: a systematic review. *Ann Intern Med*. 2012;157(1):29–43. doi: <http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-157-1-201207030-00450>. PubMed PMID: 22751758.
42. O'Connor PJ, Sperl-Hillen JM, Fazio CJ, Averbeck BM, Rank BH, Margolis KL. Outpatient diabetes clinical decision support: current status and future directions. *Diabet Med*. 2016;33(6):734–41. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/dme.13090>. PubMed PMID: 27194173.
43. Romero-Aroca P, Valls A, Moreno A, Sagarra-Alamo R, Basora-Galissa J, Saleh E, et al. A clinical decision support system for diabetic retinopathy screening: creating a clinical support application. *Telemed J E Health*. 2019;25(1):31–40. doi: <http://dx.doi.org/10.1089/tmj.2017.0282>. PubMed PMID: 29466097.
44. Soares MFM. Clinical decision rules applied to diabetic foot ulceration: prediction, prognosis and prevention [tese]. Porto: Universidade do Porto; 2016 [citado em 2022 Dez 23]. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/87681>.
45. Zihni E, Madai VI, Livne M, Galinovic I, Khalil AA, Fiebach JB, et al. Opening the black box of artificial intelligence for clinical decision support: a study predicting stroke outcome. *PLoS One*. 2020;15(4):e0231166. doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0231166>. PubMed PMID: 32251471.
46. Sizilio GR, Leite CR, Guerreiro AM, Dória No AD. Fuzzy method for pre-diagnosis of breast cancer from the Fine Needle Aspirate analysis. *BioMed Eng OnLine*. 2012;11:83. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/1475-925X-11-83>.
47. Li Z, Teng Z, Miao H. Modeling and control for HIV/AIDS transmission in China based on data from 2004 to 2016. *Comp Math Methods Med*. 2017;8935314. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2017/8935314>.
48. Kanwal S, Khan F, Alamri S, Dashtipur K, Gogate M. COVID-opt-aiNet: a clinical decision support system for COVID-19 detection. *Int J Imaging Syst Technol*. 2022;32(2):444–61. doi: <https://doi.org/10.1002/ima.22695>.
49. Barstugan M, Ozkaya U, Ozturk S. Coronavirus (COVID-19) classification using ct images by machine learning methods. *arXiv*. 2020; [citado em 2022 Dez 23];2003:09424. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2003.09424>
50. Daley BJ, Ni'Man M, Neves MR, Huda MSB, Marsh W, Fenton NE, et al. mHealth apps for gestational diabetes mellitus that provide clinical decision support or artificial intelligence: a scoping review. *Diabet Med*. 2022;39(1):e14735. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/dme.14735>. PubMed PMID: 34726798.
51. Jeffery R, Iserman E, Haynes RB, CDSS Systematic Review Team. Can computerized clinical decision support systems improve diabetes management? A systematic review and meta-analysis. *Diabet Med*. 2013;30(6):739–45. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/dme.12087>. PubMed PMID: 23199102.
52. Gurupur V, Wan TTH. Inherent bias in artificial intelligence-based decision support systems for healthcare. *Medicina (Kaunas)*. 2020;56(3):141. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/medicina56030141>. PubMed PMID: 32244930.

EDITOR ASSOCIADO

Cristiane Helena Gallasch

Apoio financeiro

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, Brasil.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons.