

Tecnologias digitais no cuidado de feridas: revisão de escopo

Digital technologies in wound care: a scoping review

Como citar este artigo:

Monteiro TA, Silva AL, Farias IL, Marcelino JS, Gubert FA, Cavalcante VMV, et al. Digital technologies in wound care: a scoping review. Rev Rene. 2026;27:e96790. DOI: <https://doi.org/10.36517/2175-6783.20262796790>

 Tiago Araújo Monteiro¹
 Aurilene Lima da Silva²
 Isaque Lima de Farias¹
 Jaira Sousa Marcelino¹
 Fabiane do Amaral Gubert¹
 Viviane Mamede Vasconcelos Cavalcante¹
 Manuela de Mendonça Figueirêdo Coelho¹

¹Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, Brasil.

²Hospital de Messejana Dr. Carlos Alberto Studart Gomes. Fortaleza, CE, Brasil.

Autor correspondente:

Manuela de Mendonça Figueirêdo Coelho
Rua Alexandre Baraúna, 1115 - Rodolfo Teófilo.
CEP: 60430-160. Fortaleza, CE, Brasil.
E-mail: manumfc2003@yahoo.com.br

Conflito de interesse: os autores declararam que não há conflito de interesse.

EDITOR CHEFE: Ana Fatima Carvalho Fernandes 

EDITOR ASSOCIADO: Adriana Cristina Nicolussi 

RESUMO

Objetivo: mapear os tipos de tecnologias digitais utilizadas no cuidado de pessoas com feridas bem como suas funcionalidades e aplicações clínicas. **Métodos:** trata-se de uma revisão de escopo, conduzida por meio de buscas em bases de dados nacionais, internacionais e na literatura cinzenta. Foram incluídas publicações no período entre 2015 e 2025. A seleção e extração dos dados seguiram as recomendações metodológicas do JBI. **Resultados:** foram incluídos 30 estudos, com predominância de aplicativos móveis, algoritmos de inteligência artificial e curativos inteligentes. Os estudos relataram redução no tempo de mensuração das lesões, acurácia superior a 85% na classificação tecidual por inteligência artificial e erro metrológico aproximado de 2% em aplicativos de mensuração digital. Predominaram estudos de desenvolvimento e validação tecnológica, especialmente em contextos ambulatoriais e hospitalares. **Conclusão:** aplicativos móveis, algoritmos de inteligência artificial, plataformas digitais e curativos inteligentes constituíram as principais tecnologias digitais identificadas no cuidado de feridas, com aplicações voltadas principalmente à mensuração, monitoramento, documentação clínica e suporte à decisão. **Contribuição para a prática:** a integração tecnológica no Sistema Único de Saúde e setor privado exige planejamento estrutural, capacitação profissional, indicadores econômico-clínicos e articulação intersetorial para garantir um cuidado eficiente, sustentável e equitativo. **Descritores:** Saúde Digital; Sistemas de Saúde; Atenção Primária à Saúde; Cuidados de Enfermagem.

ABSTRACT

Objective: to map the types of digital technologies used in the care of people with wounds, as well as their functionalities and clinical applications. **Methods:** a scoping review conducted by means of searches in national and international databases, in addition to the grey literature. The materials included were those published between 2015 and 2025. The selection and extraction processes followed the JBI methodological recommendations. **Results:** a total of 30 studies were included, with predominance of mobile apps, Artificial Intelligence algorithms and intelligent dressings. The studies reported a reduction in wound healing times, over 85% accuracy in tissue classification by means of artificial intelligence and an approximate 2% metrological error in digital measuring apps. Studies for technology development and validation prevailed, especially in outpatient and hospital contexts. **Conclusion:** mobile apps, artificial intelligence algorithms, digital platforms and intelligent dressings were the main digital technologies identified in wound care, with apps mainly targeted at measurement, monitoring, clinical documentation and decision-making support. **Contribution to practice:** technological integration in the Unified Health System and the private sector requires structural planning, professional training, economic-clinical indicators and intersectoral articulation to ensure efficient, sustainable and egalitarian care.

Descriptors: Digital Health; Health Systems; Primary Health Care; Nursing Care.

Introdução

O cuidado com feridas representa um desafio significativo para os sistemas de saúde, especialmente diante do envelhecimento populacional e do aumento de doenças crônicas como diabetes mellitus e insuficiência venosa. Essas condições contribuem para a elevação da incidência de feridas de difícil cicatrização, exigindo abordagens eficazes e inovadoras para o seu manejo⁽¹⁾.

Nesse contexto, as tecnologias digitais emergem como ferramentas promissoras para aprimorar o cuidado com feridas. Aplicativos móveis, algoritmos de inteligência artificial (IA) e curativos inteligentes têm sido desenvolvidos com o objetivo de otimizar a avaliação, o monitoramento e a tomada de decisão clínica, promovendo uma assistência mais precisa e eficiente⁽²⁻³⁾. Apesar dos avanços tecnológicos no cuidado de feridas, persistem lacunas significativas na literatura científica quanto ao mapeamento sistemático das funcionalidades, classificações e evidências disponíveis sobre a efetividade clínica de tecnologias aplicadas ao cuidado de feridas.

Embora existam diversas ferramentas tecnológicas desenvolvidas para a avaliação e tratamento de feridas, muitas carecem de validação científica robusta e de padronização em sua aplicação clínica. Uma revisão integrativa identificou que a maioria dos algoritmos existentes para o tratamento de feridas não passou por processos rigorosos de validação, limitando sua confiabilidade e aplicabilidade prática⁽⁴⁾. Além disso, a análise de aplicativos móveis voltados para o cuidado de lesões cutâneas revelou que poucos apresentam conteúdo científico validado, o que compromete sua eficácia e segurança no uso clínico⁽⁵⁾.

Essas lacunas evidenciam a necessidade de estudos mais aprofundados e sistemáticos que avaliem as tecnologias, visando à sua integração segura e eficaz na prática assistencial. Além disso, observa-se heterogeneidade conceitual e metodológica entre os estudos disponíveis, envolvendo diferentes tipos de tecnologias, funcionalidades, contextos clínicos e níveis de maturidade tecnológica⁽⁴⁻⁵⁾. Nesse cená-

rio, uma revisão de escopo mostra-se adequada por permitir o mapeamento amplo das evidências disponíveis, a identificação de tendências emergentes e a caracterização das principais aplicações e lacunas relacionadas às tecnologias digitais utilizadas no cuidado de pessoas com feridas.

Diante da relevância do tema, formula-se a seguinte questão norteadora: Quais os tipos, funcionalidades e aplicação clínica de tecnologias digitais aplicadas ao cuidado de pessoas com feridas? Tal investigação busca oferecer uma visão abrangente das contribuições dessas ferramentas para o aprimoramento do cuidado, identificando áreas consolidadas e oportunidades para novas pesquisas e desenvolvimento tecnológico. Além disso, a compreensão do potencial dessas tecnologias no contexto da Saúde Coletiva, especialmente no Sistema Único de Saúde (SUS) e na Atenção Primária à Saúde (APS), é fundamental para orientar políticas públicas que promovam acesso equitativo, integração com sistemas de informação e fortalecimento das redes de atenção.

Assim, essa revisão objetivou mapear os tipos de tecnologias digitais utilizadas no cuidado de pessoas com feridas bem como suas funcionalidades e aplicações clínicas.

Métodos

Tipo de estudo

Revisão de escopo conduzida conforme as recomendações metodológicas do JBI⁽⁶⁾. O relatório final seguiu as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews* (PRISMA-ScR)⁽⁷⁾. O protocolo desta revisão de escopo foi previamente registrado na plataforma *Open Science Framework* (OSF) sob doi: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/BNHAX>.

Questão de pesquisa

A questão de pesquisa seguiu o modelo PCC (População, Conceito, Contexto), como proposta pela

JBIC⁽⁶⁾. Nesse estudo, Pessoas com feridas foi identificado como população, Tecnologias digitais foi identificado como conceito. O contexto compreendeu serviços e cenários de cuidado em saúde nos quais tecnologias digitais foram aplicadas ao manejo de feridas, incluindo atenção primária, atenção hospitalar, ambulatórios especializados, cuidado domiciliar e telemonitoramento. Com base nisso, a seguinte questão de pesquisa foi formulada: Quais os tipos, funcionalidades e aplicação clínica de tecnologias digitais aplicadas ao cuidado de pessoas com feridas?

Critérios de elegibilidade

Os critérios de elegibilidade abrangeram publicações entre os anos de 2015 e 2025, que abordassem tecnologias digitais aplicadas ao cuidado de feridas e que atendessem as variáveis descritas na sigla PCC. Foram consideradas tecnologias digitais recursos computacionais, eletrônicos ou conectados utilizados no cuidado de feridas, incluindo aplicativos móveis, plataformas web, sistemas de telemedicina, inteligência artificial, algoritmos de apoio à decisão clínica, *softwares* de monitoramento, prontuários digitais especializados, sensores digitais, tecnologias de imagem e ferramentas de comunicação digital aplicadas ao manejo clínico. Foram excluídos artigos duplicados, textos sem acesso ao conteúdo completo, editoriais, cartas ao editor e estudos fora do escopo temático.

Estratégia de busca

As estratégias de busca foram elaboradas conforme as recomendações do JBI⁽⁶⁾, a partir da combinação de descritores controlados - *Medical Subject Headings* (MeSH), Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Emtree - e termos livres, estruturados por meio de operadores booleanos AND/OR. Os principais eixos temáticos incluíram cuidado de feridas (*Wound Healing*), saúde digital (*Digital Health*) e aplicativos móveis (*Mobile Applications*). As buscas foram realizadas nas seguintes bases de dados: *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE)

via PubMed, *Web of Science*, SCOPUS, *Excerpta Medica Database* (EMBASE) e bases indexadas na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), incluindo Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Base de Dados de Enfermagem (BDENF).

A busca na literatura cinzenta foi conduzida por meio do *Google Scholar*, *European Society for Medical Oncology* (ESMO) e ProQuest. No Google Scholar, os resultados foram rastreados conforme os critérios temporais e temáticos previamente estabelecidos, sendo posteriormente refinados durante as etapas de triagem e elegibilidade. Na plataforma ProQuest, foram realizadas buscas direcionadas para identificação de literatura acadêmica e documentos técnicos relacionados ao tema. As estratégias completas de busca utilizadas em cada base de dados encontram-se disponíveis como Material Suplementar e no repositório OSF, acessível por meio do *link* <https://osf.io/u2pdz/overview>.

A estratégia de busca foi realizada em 15 de maio de 2025 e aplicada em diversas bases de dados científicas com o intuito de identificar estudos primários e revisões relevantes sobre o uso de tecnologias digitais no cuidado de feridas. Além das bases de dados científicas tradicionais, realizou-se uma busca complementar em fontes de literatura cinzenta, com o objetivo de ampliar a abrangência da revisão e identificar documentos relevantes que, por vezes, não estão indexados nas bases formais. Foram consultadas plataformas reconhecidas internacionalmente, incluindo mecanismos de busca acadêmica, repositórios institucionais e bases de diretrizes clínicas.

Seleção das fontes de evidência

O gerenciamento das referências foi realizado no *software Rayyan Systems Inc*. Inicialmente, foram identificados 21.442 registros provenientes das bases de dados e da literatura cinzenta. Após as etapas de triagem e elegibilidade, 30 estudos compuseram a amostra final desta revisão de escopo. Todas as etapas de seleção foram realizadas de forma independente e às cegas por dois revisores, sem necessidade de um terceiro avaliador.

Extração de dados

A etapa de extração e organização dos dados foi realizada de forma independente e às cegas pelos mesmos revisores⁽⁶⁾. Além disso, foi utilizada uma planilha padronizada, que coletou informações dos estudos como autor, ano de publicação, tipo de tecnologia, funcionalidades descritas, cenário de aplicação clínica, objetivo do estudo, usuários/profissionais envolvidos, integração com o sistema de saúde, grau de maturidade da tecnologia, impacto clínico/principais resultados e lacunas da pesquisa.

Análise e apresentação dos dados

A análise e apresentação dos resultados ocorreu por meio de abordagem descritiva e categorial, em consonância com as recomendações metodológicas JBI, que orientam a apresentação dos achados por meio de temas, categorias ou tipos de evidência⁽⁶⁾. Para tanto, os dados extraídos dos estudos incluídos foram organizados em uma matriz padronizada, contemplando variáveis como tipo de tecnologia digital, funcionalidades, público-alvo, ambiente clínico de aplicação, estágio de desenvolvimento, impacto clínico, integração com serviços de saúde, entre outros.

A partir dessa matriz, procedeu-se à categorização temática dos achados e à construção de quadro, gráficos e diagramas hierárquicos, de modo a facilitar o mapeamento de tendências, lacunas e padrões emergentes entre os estudos analisados. Essa sistematização permitiu não apenas identificar a diversidade de tecnologias aplicadas ao cuidado de feridas, como também destacar seus diferentes graus de maturidade e evidências de efetividade clínica.

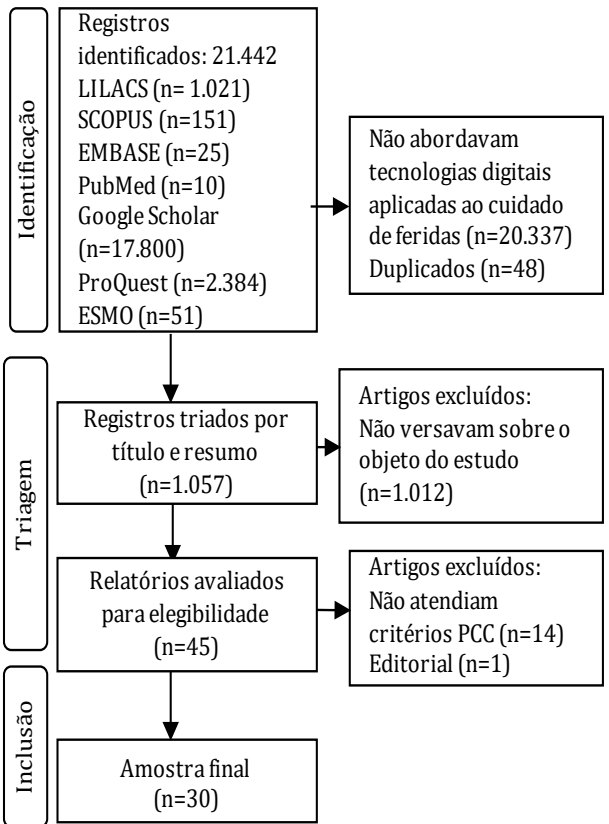
Conforme recomendado pelo JBI, não foi realizada avaliação crítica da qualidade metodológica dos estudos incluídos, uma vez que o objetivo desse tipo de revisão consiste em mapear a extensão e a natureza das evidências disponíveis, e não avaliar a robustez metodológica dos estudos⁽⁶⁾.

Aspectos éticos

Ferramenta de inteligência artificial (GPT - Open AI) foram utilizadas exclusivamente para revisão linguística e produção de imagens. Todas as etapas do estudo, incluindo a concepção, análise dos dados, interpretação dos resultados e redação do manuscrito, foram realizadas integralmente pelos autores.

Resultados

O processo de seleção dos estudos está apresentado na Figura 1. Ao final das etapas de identificação, triagem e elegibilidade, 30 estudos foram incluídos nesta revisão de escopo. A busca na literatura cinzenta contribuiu substancialmente para a composição do corpus inicial, especialmente por meio do *Google Scholar* e da plataforma ProQuest.



PCC: População, Conceito, Contexto; ESMO: *European Society for Medical Oncology*

Figura 1 – Fluxograma PRISMA de seleção dos estudos. Fortaleza, CE, Brasil, 2025

A presente revisão de escopo incluiu 30 estudos que utilizaram diferentes tipos de tecnologias digitais aplicadas ao cuidado de feridas. A análise das tecnologias digitais aplicadas ao cuidado de feridas exige uma compreensão ampla de variáveis que influenciam seu desenvolvimento, aplicabilidade e impacto clínico. A

Figura 2 reúne informações essenciais, organizadas segundo autor, usuários ou profissionais envolvidos, nível de integração com os sistemas de saúde, grau de maturidade das tecnologias, impactos clínicos e as lacunas apontadas na literatura.

Autor	Usuários/ Profissionais envolvidos	Integração com Sistemas de Saúde	Grau de maturidade da tecnologia	Impacto clínico/ Principais resultados	Lacunas
Liu et al ⁽²⁾	Pesquisadores e profissionais de saúde	Em discussão, ainda, não padronizada	Variável: desde tecnologias iniciais até mais avançadas, conforme os estudos analisados	Suporte ao diagnóstico, personalização do tratamento e avanços na predição da cicatrização	Necessidade de padronização metodológica e estudos multicêntricos
Dege et al ⁽⁵⁾	Pacientes	Não informada	Variável	Diversidade de funcionalidades e qualidade variável	Falta validação clínica de muitos <i>apps</i>
Jiménez et al ⁽⁸⁾	Pacientes indiretos; foco técnico	Não aplicável	Variável, depende do estudo incluso	Potencial de suporte à decisão clínica	Pouca padronização entre métodos de inteligência artificial
Bai et al ⁽⁹⁾	Pacientes com feridas de difícil cicatrização	Não especificado	Diversos estágios	Melhoras parciais em desfechos clínicos	Alta heterogeneidade metodológica
Anisuzzaman et al ⁽¹⁰⁾	Desenvolvedores, profissionais de saúde	Limitada	Prototipagem e validações iniciais	Potencial de automação e redução de tempo	Baixa padronização entre algoritmos
Morafifar et al ⁽¹¹⁾	Engenheiros biomédicos e pesquisadores	Não aplicada	Em fase de desenvolvimento experimental e protótipos	Potencial terapêutico com liberação controlada de fármacos	Escassez de estudos clínicos e aceitação entre profissionais de saúde
Tambella et al ⁽¹²⁾	Profissionais de saúde	Não	Validação técnica experimental	Redução de erro de mensuração	Aplicação em pacientes reais
Howell et al ⁽¹³⁾	Especialistas em feridas e avaliadores técnicos	Não mencionado	Protótipo avaliado experimentalmente	Avaliação da viabilidade e acurácia clínica	Validação em cenários clínicos reais
Gagnon et al ⁽¹⁴⁾	Enfermeiros recém-formados	Não mencionado	Protótipo funcional testado	Melhora na autoconfiança e organização dos cuidados	Testar com outros perfis e contextos
Comino-Sanz et al ⁽¹⁵⁾	Enfermeiros e pacientes	Parcial	Aplicação funcional testada em campo	Acompanhamento mais preciso da cicatrização	Ampliar número de casos e locais de uso
Wynn et al ⁽¹⁶⁾	Especialistas britânicos em feridas (enfermeiros, podólogos)	Não especificado	Aplicações existentes e em uso limitado	Baixa adesão e múltiplas barreiras institucionais	Integração institucional e aceitação profissional
Wang et al ⁽¹⁷⁾	Pacientes diabéticos	Não relatado	Prototipagem funcional testada	Registro sistemático e avaliação da cicatrização	Validação em cenários clínicos reais
Matilla et al ⁽¹⁸⁾	Equipe multiprofissional e paciente	Sim	Aplicação funcional validada	Prevenção de amputação com rastreamento digital	Reprodução em outras populações e contextos
Kivity et al ⁽¹⁹⁾	Equipe clínica e pacientes com feridas	Sim	Em uso clínico	Aderência, rastreamento eficaz e cicatrização melhorada	Faltam estudos prospectivos
Nair ⁽²⁰⁾	Enfermeiros	Não citado	Tecnologia comercial disponível	Melhora na precisão e produtividade	Validação formal em estudos comparativos
Aragón-Sánchez et al ⁽²¹⁾	Profissionais de enfermagem	Não citado	Ferramenta gratuita aplicada	Medições confiáveis e reproduzíveis	Aplicações em diferentes tipos de feridas

(A Figura 2 continua na próxima página)

Autor	Usuários/ Profissionais envolvidos	Integração com Sistemas de Saúde	Grau de maturidade da tecnologia	Impacto clínico/ Principais resultados	Lacunas
Mirani et al ⁽²²⁾	Pesquisadores biomédicos	Não aplicado ainda	Laboratório/testes pré-clínicos	Monitoramento contínuo em tempo real	Validação clínica em pacientes
Ehtesabi et al ⁽²³⁾	Engenheiros, pesquisadores e clínicos	Não aplicável no estágio atual	Prototipagem e desenvolvimento inicial	Possibilidade de integração com smartphones para monitoramento remoto de feridas	Necessidade de validação clínica e testes de escalabilidade
Cuddigan et al ⁽²⁴⁾	Enfermeiros e cuidadores	Previsto para uso à beira-leito	Aplicativo funcional validado	Melhor registro e suporte à decisão	Estudos sobre impacto em larga escala
Dong et al ⁽²⁵⁾	Médicos e enfermeiros	Parcial	Em uso clínico em ambiente hospitalar	Documentação padronizada e rastreamento	Avaliação em outros contextos
Au et al ⁽²⁶⁾	Enfermeiros	Não mencionado	Aplicativo disponível comercialmente	<i>App</i> reduz tempo de medição	Aplicabilidade em outros contextos
Marengo et al ⁽²⁷⁾	Profissionais de saúde, pacientes e gestores	Sim, com foco na incorporação às rotinas de atenção primária	Aplicações já em uso ou em implementação prática	Contribuições para a organização do cuidado, ampliação do acesso e eficiência no uso de tecnologias móveis	Falta de evidências específicas sobre impactos diretos no cuidado com feridas
Shamloul et al ⁽²⁸⁾	Profissionais da saúde e pacientes	Parcial	Aplicações disponíveis no mercado e em uso prático	Melhoria na documentação e monitoramento remoto de feridas	Ausência de estudos clínicos randomizados
Zoppo et al ⁽²⁹⁾	Profissionais da saúde	Não especificada	Validação clínica preliminar	Resultados promissores em confiabilidade de medições	Estudos longitudinais em larga escala
Gagnon et al ⁽³⁰⁾	Enfermeiros	Não aplicável	Revisão de estágio inicial	Síntese esperada sobre funcionalidades	Falta de dados consolidados na literatura
Wu et al ⁽³¹⁾	Não informado	Não integrada	Estágio pré-clínico	Potencial de detecção e liberação de fármacos	Testes clínicos humanos ausentes
Baseman et al ⁽³²⁾	Pesquisadores e clínicos	Parcialmente descrita	Fase exploratória	Potencial diagnóstico e de monitoramento	Necessidade de validação clínica robusta
Asiabar ⁽³³⁾	Profissionais da atenção primária	Potencial sim, mas limitado nos estudos	Variante (de uso em campo a protótipos)	Eficiência, educação, melhoria na comunicação	Escassez de estudos em países em desenvolvimento
Klotz; Kurmis ⁽³⁴⁾	Adultos com cicatrizes	Não	Aplicativo funcional em teste	Alta confiabilidade interobservador	Testes com amostras maiores
Lazarou et al ⁽³⁵⁾	Pacientes com pé diabético	Parcial	Protótipos e dispositivos em testes clínicos	Deteção precoce e melhoria nos desfechos	Estudos clínicos controlados e custo-efetividade

Figura 2 – Caracterização dos estudos quanto profissionais ou usuários envolvidos, grau de maturidade das tecnologias, seu nível de integração aos sistemas de saúde, impactos clínicos descritos e lacunas apontadas na literatura. Fortaleza, CE, Brasil, 2025

Quanto às abordagens metodológicas, observou-se predominância de estudos de síntese de evidência, incluindo revisões sistemáticas, escopo e narrativas, voltadas à consolidação do conhecimento sobre a aplicabilidade de tecnologias digitais no cuidado de feridas^(2,5,8-11,23,28,30,32-33,35). Uma parcela significativa da produção científica concentrou-se no desenvolvimento e validação de tecnologias, incluindo

aplicativos, algoritmos de inteligência artificial e dispositivos digitais, com ênfase na avaliação de acurácia, confiabilidade e desempenho técnico^(12-13,21,24-26,29,31). Pesquisas voltadas à aplicação clínica dessas tecnologias foram menos frequentes e incluíram avaliações em contextos reais de uso, com foco no impacto sobre o fluxo assistencial e desempenho clínico^(19-20,34). Além disso, identificou-se uma pesquisa centrada no usuá-

rio e na implementação, abordando percepções, barreiras e aceitabilidade entre profissionais de saúde⁽¹⁶⁾. Por fim, parte dos achados correspondeu a produções emergentes, incluindo relatos de caso, protocolos metodológicos e análises conceituais, refletindo o caráter ainda em desenvolvimento desse campo^(18,27,30).

Conforme demonstrado na Figura 3, os artigos foram agrupados por tipo de tecnologia, revelando uma predominância do uso de aplicativos móveis (*App*), representando a maior proporção dos estudos analisados. Esses aplicativos foram empregados para fins diversos, como medição de área de feridas, documentação fotográfica, acompanhamento da evolução clínica e suporte à decisão profissional.

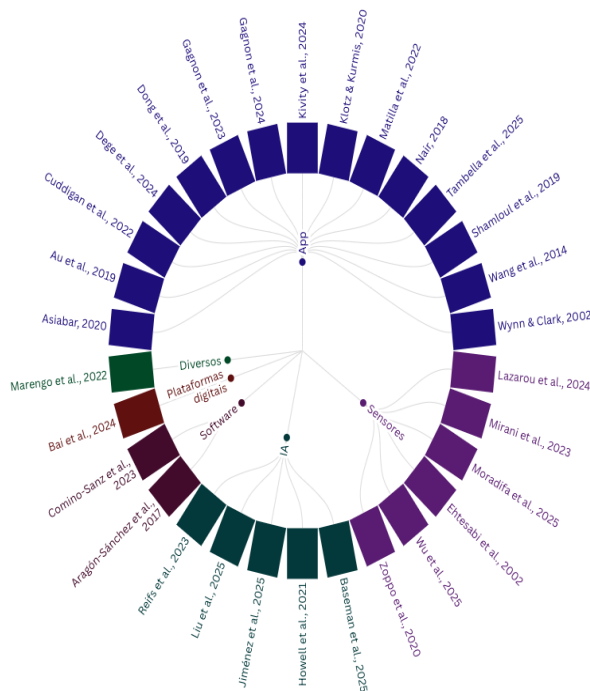


Figura 3 – Visualização radial dos estudos incluídos segundo tipo de tecnologia e autores/ano. Fortaleza, CE, Brasil, 2025

Além dos aplicativos, também se destacaram as tecnologias baseadas em inteligência artificial, aplicadas principalmente na avaliação automatizada de feridas de difícil cicatrização e na classificação tecidual por meio de imagens clínicas. Em menor proporção,

foram identificados estudos com uso de sensores inteligentes, integrados a curativos ou dispositivos portáteis para monitoramento fisiológico, além de *softwares* específicos, plataformas digitais e tecnologias categorizadas como “diversas”

Os estudos incluídos na revisão foram organizados graficamente segundo a principal funcionalidade das tecnologias digitais aplicadas ao cuidado de feridas, os contextos clínicos de uso e os respectivos autores. A análise demonstrou que a funcionalidade mais frequente foi a avaliação de feridas, englobando tecnologias voltadas à classificação tecidual, mensuração digital, análise de imagem e suporte à decisão clínica. Essas soluções foram aplicadas predominantemente em contextos ambulatoriais, clínicas especializadas e, em menor escala, em ambientes hospitalares e de atenção primária^(2,13,19) conforme evidenciado na Figura 4.



Figura 4 – Representação hierárquica dos 30 estudos incluídos organizado em três níveis: Centro – Função principal da tecnologia; Meio – Contexto clínico de aplicação; Externo – estudos autor/ano. Fortaleza, CE, Brasil, 2025

Outra funcionalidade amplamente mapeada foi a medição de feridas, especialmente o cálculo automatizado da área lesionada por meio de aplicativos móveis e softwares. Esse grupo incluiu tecnologias aplicadas em ambulatorios, consultórios e clínicas de feridas^(12,20,21). As tecnologias voltadas ao monitoramento contínuo da cicatrização - muitas vezes integradas a sensores inteligentes ou curativos tecnológicos - também tiveram destaque e foram aplicadas sobretudo em contextos domiciliares, hospitalares e laboratoriais⁽²²⁻²³⁾.

Funcionalidades relacionadas à prevenção e ao registro clínico estruturado também foram identificadas, incluindo tecnologias que oferecem protocolos de cuidado, triagem de risco e sistematização de dados. Aplicações em atenção primária e ambientes hospitalares foram comuns⁽²⁴⁻²⁵⁾. Além disso, estudos descreveram o uso de aplicativos com foco em tratamento e autocuidado, ampliando a atuação das tecnologias também para o paciente e o ambiente domiciliar^(9,14).

Entre os estudos revisados, alguns apresentaram achados particularmente distintos. Em um dos estudos⁽¹⁸⁾ relatou-se um caso clínico em que a utilização de aplicativo digital contribuiu diretamente para evitar a amputação de um paciente com diabetes, ilustrando um impacto clínico concreto. Já os estudos^(8,12) destacaram-se por validarem algoritmos e aplicativos com precisão comparável à de especialistas humanos, evidenciando o potencial de substituição ou apoio qualificado à decisão clínica. Quanto ao grau de maturidade da tecnologia, os resultados variaram de protótipos iniciais^(11,23), até aplicações clínicas consolidadas e em uso real^(17,24).

Discussão

Os aplicativos desenvolvidos para o cuidado de feridas apresentam funcionalidades diversas e complementares, com destaque para documentação clínica das lesões, classificação tecidual, suporte à escolha de curativos e monitoramento da evolução cicatricial. Ferramentas como *Swift Skin and Wound App*⁽²⁶⁾ e

Wound Care Log⁽²⁵⁾ têm se mostrado relevantes para o registro longitudinal das lesões, favorecendo maior precisão na documentação clínica e comunicação entre diferentes níveis de atenção. Além disso, essas tecnologias incorporam algoritmos capazes de realizar mensurações automáticas de área, perímetro e volume, reduzindo limitações associadas aos métodos manuais e à variabilidade interobservador.

No campo da classificação e análise tecidual, destacam-se os avanços proporcionados pelos algoritmos de inteligência artificial e visão computacional⁽⁸⁾. Esses modelos alcançaram elevados índices de acurácia na identificação de diferentes tecidos, incluindo granulação, necrose e esfacelo, além de permitirem segmentação automatizada dos contornos das lesões. Ferramentas como *Wound Viewer*⁽²⁹⁾ e plataformas baseadas em IA⁽¹⁰⁾ demonstraram potencial para automatizar etapas da avaliação clínica e fornecer parâmetros objetivos para apoio à tomada de decisão terapêutica. Diferentemente de revisões anteriores mais centradas apenas na descrição das ferramentas, os achados desta revisão evidenciam uma transição progressiva entre tecnologias exclusivamente experimentais e soluções já inseridas em contextos clínicos reais, sobretudo em aplicações voltadas à mensuração e monitoramento remoto de feridas.

Outro aspecto identificado refere-se ao suporte à escolha de curativos e à padronização das condutas clínicas^(13,30). Alguns aplicativos incorporam algoritmos baseados em *guidelines* internacionais que relacionam características clínicas das feridas, como exsudato, profundidade e sinais de infecção, às coberturas mais adequadas^(2,15,17-18). Além disso, determinadas plataformas apresentam recursos educativos e glossários ilustrados^(5,18), contribuindo para qualificação profissional e apoio à prática clínica baseada em evidências.

No que se refere ao monitoramento remoto, destacam-se os avanços relacionados aos curativos inteligentes equipados com sensores colorimétricos, eletroquímicos e de temperatura, capazes de captar parâmetros fisiológicos em tempo real, como pH, oxigenação e glicose no exsudato^(22,31). Esses dispositivos

apresentam potencial para detecção precoce de complicações, acompanhamento contínuo da cicatrização e ampliação do cuidado domiciliar e da Atenção Primária à Saúde.

As evidências analisadas apontam benefícios clínicos e operacionais relevantes. Aplicativos de mensuração digital e algoritmos de inteligência artificial apresentaram maior precisão diagnóstica quando comparados a métodos tradicionais^(8,12). O aplicativo *imitoMeasure* alcançou erro metrológico médio de aproximadamente 2%⁽¹²⁾, enquanto o *Swift Skin and Wound App* reduziu em 57% o tempo de mensuração das lesões⁽²⁶⁾. Além disso, algoritmos de visão computacional atingiram acurácia superior a 85% na classificação tecidual⁽⁸⁾, aproximando-se do desempenho de especialistas. Estudos também relataram redução do número de visitas presenciais, otimização do acompanhamento clínico e potencial melhora nos desfechos cicatriciais^(9,19). Esses achados reforçam que as tecnologias digitais não se restringem apenas à informatização do cuidado, mas podem contribuir diretamente para maior rastreabilidade clínica, padronização assistencial e apoio à tomada de decisão baseada em dados objetivos.

Apesar dos avanços observados, persistem desafios importantes relacionados à validação em larga escala, interoperabilidade com sistemas de informação em saúde e questões éticas associadas à privacidade e segurança dos dados^(8,32). A baixa integração com prontuários eletrônicos e sistemas institucionais ainda representa uma das principais barreiras para incorporação sustentável dessas ferramentas na prática clínica cotidiana, especialmente em sistemas públicos de saúde.

No contexto da Atenção Primária à Saúde, os estudos identificaram quatro grandes grupos de soluções digitais: aplicativos móveis de registro e análise de imagens, algoritmos de suporte à decisão baseados em inteligência artificial, curativos inteligentes e plataformas de telemonitoramento. Funcionalidades relacionadas à documentação padronizada, classificação automatizada de tecidos, recomendação de curativos

e acompanhamento remoto mostraram-se particularmente relevantes para esse cenário^(15,30). Os achados desta revisão reforçam o potencial dessas tecnologias para ampliar o acesso ao cuidado especializado, especialmente em regiões com escassez de profissionais especializados em estomaterapia e cuidado avançado de feridas.

Os resultados também demonstram que algumas tecnologias já apresentam maior grau de maturidade para implementação clínica imediata, especialmente aquelas voltadas à mensuração digital de feridas, como *Swift Skin and Wound App* e *ImageJ*⁽²¹⁾. Em contrapartida, tecnologias emergentes, incluindo curativos inteligentes com sensores^(22,29) e algoritmos integrados a prontuários eletrônicos, ainda demandam regulamentação, estudos multicêntricos, padronização metodológica e avaliações de custo-efetividade. Essa heterogeneidade de maturidade tecnológica evidencia que o campo ainda se encontra em processo de consolidação, coexistindo soluções amplamente aplicáveis e tecnologias predominantemente experimentais.

Com base nos agrupamentos funcionais identificados, algumas lacunas críticas tornam-se evidentes. Sensores inteligentes para monitoramento contínuo, por exemplo, ainda carecem de validação em contextos de baixo recurso, como a Atenção Primária, onde limitações estruturais e de conectividade permanecem relevantes⁽²⁾. Além disso, observou-se escassez de estudos voltados ao autocuidado de pacientes com feridas e limitada exploração da usabilidade dessas ferramentas em populações idosas, pessoas com baixa alfabetização digital e indivíduos residentes em áreas rurais⁽¹⁹⁾. Outro aspecto pouco explorado refere-se à avaliação da aceitabilidade das tecnologias pelos profissionais de saúde e ao impacto dessas ferramentas sobre a carga de trabalho e organização dos serviços.

Para a Saúde Coletiva, os achados indicam a necessidade de estratégias de implementação que contemplem infraestrutura tecnológica adequada, integração aos sistemas nacionais de informação e capacitação das equipes de saúde. A incorporação dessas ferramentas no Sistema Único de Saúde requer não

apenas disponibilidade tecnológica, mas também políticas públicas voltadas à interoperabilidade, governança digital, inclusão tecnológica e sustentabilidade operacional.

Embora exista avanços importantes no desenvolvimento de tecnologias digitais aplicadas ao cuidado de feridas, persistem lacunas relacionadas à representatividade dos tipos de feridas e perfis populacionais contemplados. A maioria dos estudos concentra-se em úlceras por pressão e feridas de etiologia vascular ou diabética, havendo escassez de investigações envolvendo feridas oncológicas, traumáticas e pós-operatórias. Além disso, populações vulneráveis, como idosos com comprometimento cognitivo, pessoas em situação de rua e comunidades rurais, permanecem subrepresentadas^(5,9,33). Essa concentração temática limita a extrapolação dos resultados e demonstra que parte significativa das tecnologias ainda é validada em cenários clínicos relativamente controlados e pouco diversos.

Apesar dos avanços descritos, ainda são escassos estudos clínicos robustos que avaliem a efetividade dessas tecnologias em contextos reais de cuidado, especialmente na Atenção Primária. Persistem lacunas relacionadas à padronização dos métodos de validação, interoperabilidade com sistemas de informação em saúde e avaliação de impacto longitudinal sobre desfechos clínicos e custos assistenciais. A ausência de estudos multicêntricos e de avaliações econômicas robustas dificulta a consolidação de evidências capazes de sustentar políticas amplas de incorporação tecnológica em saúde.

Outro ponto crítico refere-se à limitada integração das tecnologias com sistemas públicos de saúde, particularmente na Atenção Primária à Saúde. Aspectos relacionados à conectividade em áreas remotas, integração com prontuários eletrônicos e adaptação das ferramentas à realidade operacional do SUS ainda permanecem pouco explorados⁽²⁸⁾. Além disso, observou-se que muitos estudos permanecem centrados no desempenho técnico das ferramentas, com menor aprofundamento sobre sustentabilidade, implemen-

tação em larga escala e impactos organizacionais nos serviços de saúde.

De forma geral, os achados evidenciam ampla diversidade funcional e contextual das tecnologias digitais aplicadas ao cuidado de feridas. A predominância de estudos voltados à avaliação e mensuração demonstra uma tendência de integração crescente entre ferramentas diagnósticas, algoritmos automatizados e monitoramento remoto. Como contribuição adicional desta revisão, destaca-se a sistematização das tecnologias segundo funcionalidades, maturidade tecnológica, integração aos sistemas de saúde e aplicabilidade clínica, permitindo uma visão mais abrangente do estágio atual da saúde digital aplicada ao cuidado de feridas.

Limitações do estudo

Esta revisão apresenta limitações inerentes ao próprio método, como a ausência de avaliação crítica da qualidade metodológica dos estudos incluídos. A predominância de desenhos observacionais e revisões narrativas pode limitar a força das evidências sintetizadas. Além disso, a busca foi restrita a três idiomas, o que pode ter excluído produções relevantes em outras línguas. A heterogeneidade dos contextos clínicos, dos tipos de tecnologia e dos métodos de validação também representa uma limitação à comparabilidade dos achados e à generalização dos resultados.

Contribuições para a prática

Os achados oferecem subsídios relevantes para a incorporação qualificada de tecnologias digitais no cuidado com feridas, especialmente no fortalecimento da prática de enfermagem na Atenção Primária à Saúde. A compreensão das funcionalidades, níveis de maturidade e impactos clínicos dessas ferramentas pode orientar gestores e profissionais na seleção de soluções mais adequadas às realidades locais. Além disso, os dados sintetizados podem embasar processos de capacitação, apoiar o desenvolvimento de protocolos clínicos digitais e fomentar políticas públicas voltadas à inovação em saúde.

Conclusão

As principais tecnologias digitais aplicadas ao cuidado de feridas foram aplicativos móveis, algoritmos de inteligência artificial, plataformas digitais e curativos inteligentes, utilizados principalmente para mensuração e documentação clínica das lesões, classificação tecidual, monitoramento da cicatrização e suporte à decisão clínica.

Contribuição dos autores

Concepção e projeto ou análise e interpretação dos dados; Redação do manuscrito ou revisão crítica relevante do conteúdo intelectual; Aprovação final da versão a ser publicada; Concordância em ser responsável por todos os aspectos do manuscrito relacionados à precisão ou integridade de qualquer parte sejam investigadas e resolvidas adequadamente: **Monteiro TA, Silva AL, Farias IL, Marcelino JS, Gubert FA, Cavalcante VMV, Coelho MMF.**

Disponibilidade de dados

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo está disponível no corpo do próprio artigo. As estratégias completas de busca utilizadas nas bases de dados podem ser acessadas por meio do link <https://osf.io/u2pdz/overview>.

Referências

- 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://dx.doi.org/10.12968/jowc.2024.33.4.229>
- Liu H, Sun W, Cai W, Luo K, Lu C, Jin A, et al. Current status, challenges, and prospects of artificial intelligence applications in wound repair theranostics. *Theranostics*. 2025;15(5):1662-88. doi: <https://doi.org/10.7150/thno.105109>
- Dabas M, Kapp S, Gefen A. Utilizing image processing techniques for wound management and evaluation in clinical practice: establishing the feasibility of implementing artificial intelligence in routine wound care. *Adv Skin Wound Care*. 2025;38(1):31-9. doi: <https://doi.org/10.1097/ASW.0000000000000246>
- Barbosa SLSE, Abud ACF, Souza CAS, Torres RC, Lima LS, Santos APA. Algoritmos utilizados para o tratamento de feridas. *Rev Enferm Atual In Derme [Internet]*. 2019 [cited Apr 17, 2026];90(28). Available from: <https://revistaenfermagematual.com.br/revista/article/view/523>
- Dege T, Glatzel B, Borst V, Grän F, Goller S, Glatzel C, et al. Patient-centered chronic wound care mobile apps: systematic identification, analysis, and assessment. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2024;12:e51592. doi: <https://doi.org/10.2196/51592>
- Peters MDJ, Marnie C, Tricco AC, Pollock D, Munn Z, Alexander L, et al. Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. In: Aromataris E, Lockwood C, Porritt K, Pilla B, Jordan Z, editors. *JBIM Manual for Evidence Synthesis*. 2024. doi: <https://doi.org/10.46658/JBIMES-24-01>
- 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>
- Jiménez DR, Casanova-Lozano L, Grau-Carrión S, Reig-Bolaño R. Artificial intelligence methods for diagnostic and decision-making assistance in chronic wounds: a systematic review. *J Med Syst*. 2025;49(1):29. doi: <https://dx.doi.org/10.1007/s10916-025-02153-8>
- Bai X, Zhang H, Jiao Y, Yuan C, Ma Y, Han L. Digital health interventions for chronic wound management: a systematic review and meta-analysis. *J Med Internet Res*. 2024;26:e47904. doi: <https://doi.org/10.2196/47904>
- Anisuzzaman DM, Wang C, Rostami B, Gopalakrishnan S, Niezgoda J, Yu Z. Image-based artificial intelligence in wound assessment: a systematic review. *Adv Wound Care*. 2022;11(12):687-709. doi: <https://doi.org/10.1089/wound.2021.0091>
- Moradifar F, Sepahdoost N, Tavakoli P, Mirzapoor A. Multi-functional dressings for recovery and

- screenable treatment of wounds: a review. *Heliyon*. 2024;11(1):e41465. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41465>
12. Tambella AM, Galosi M, Angorini A, Dini F, Piccionello AP, Di Bella C, et al. Advances in noncontact measurement of wound area using an application for smart mobile devices. *Adv Skin Wound Care*. 2025;38(7):360-6. doi: <https://doi.org/10.1097/ASW.0000000000000296>
13. Howell RS, Liu HH, Khan AA, Woods JS, Lin LJ, Saxena M, et al. Development of a method for clinical evaluation of artificial intelligence-based digital wound assessment tools. *JAMA Netw Open*. 2021;4(5):e217234. doi: <http://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.7234>
14. Gagnon J, Chartrand J, Probst S, Maillet É, Reynolds E, Lalonde M. Co-creation and evaluation of an algorithm for the development of a mobile application for wound care among new graduate nurses: a mixed methods study. *Int Wound J*. 2024; 21(10):e70064. doi: <https://dx.doi.org/10.1111/iwj.70064>
15. Comino-Sanz IM, Jaime RC, Bellón JA, Jiménez-García JF, Muñoz-Conde M, Requena MJD, et al. A digital tool for measuring healing of chronic wounds treated with an antioxidant dressing: a case series. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(5):4147. doi: <https://dx.doi.org/10.3390/ijerph20054147>
16. Wynn M, Clark M. Attitudes of UK-based wound specialists towards the use of mobile applications in wound care delivery: a cross-sectional survey. Part 2 qualitative findings. *Wounds UK* [Internet]. 2022 [cited Apr 13, 2026];18(3):10-6. Available from: https://www.researchgate.net/publication/364122294_Attitudes_of_UK-based_wound_specialists_towards_the_use_of_mobile_applications_in_wound_care_delivery_a_cross-sectional_survey_Part_2_qualitative_findings
17. Wang M, Huang K, Li X, Zhao X, Downey L, Hassounah S, et al. Health workers' adoption of digital health technology in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. *Bull World Health Organ*. 2025;103(2):126-35. doi: <https://doi.org/10.2471/BLT.24.292157>
18. Matilla AC, Cobo MA, Arpa GA, Fernández MJ. Role of the Healico© wound care smartphone application in preventing a foot amputation in a 65-year-old patient with diabetes. *Am J Case Rep*. 2022;23:e936359. doi: <http://doi.org/10.12659/AJCR.936359>
19. Kivity S, Rajuan E, Arbeli S, Alcalay T, Shiri L, Orvieto N, et al. Optimising wound monitoring: can digital tools improve healing outcomes and clinic efficiency. *J Clin Nurs*. 2024;33(10):4014-23. doi: <https://doi.org/10.1111/jocn.17084>
20. Nair HKR. Increasing productivity with smartphone digital imagery wound measurements and analysis. *J Wound Care*. 2018;27(suppl 9):12-9. doi: <https://doi.org/10.12968/jowc.2018.27.Sup9a.S12>
21. Aragón-Sánchez J, Quintana-Marrero Y, Aragón-Hernández C, Hernández-Herero MJ. ImageJ: a free, easy, and reliable method to measure leg ulcers using digital pictures. *Int J Low Extrem Wounds*. 2017;16(4):269-73. doi: <https://dx.doi.org/10.1177/1534734617744951>
22. Mirani B, Hadisi Z, Pagan E, Dabiri SMH, van Rijt A, Almutairi L, et al. Smart dual-sensor wound dressing for monitoring cutaneous wounds. *Adv Healthc Mater*. 2023;12(18):e2203233. doi: <https://doi.org/10.1002/adhm.202203233>
23. Ehtesabi H, Kalji SO, Movsesian L. Smartphone-based wound dressings: a mini-review. *Heliyon*. 2022;8(7):e09876. doi: <http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09876>
24. Cuddigan J, Haesler E, Moore Z, Carville K, Kottner J. Development, dissemination and evaluation of a smartphone-based app for pressure ulcer/injury prevention and treatment for use at the bedside. *J Wound Care*. 2022;31(suppl 12):29-39. doi: <https://doi.org/10.12968/jowc.2022.31.Sup12.S29>
25. Dong W, Nie LJ, Wu MJ, Xie T, Liu YK, Tang JJ, et al. WoundCareLog APP - a new application to record wound diagnosis and healing. *Chin J Traumatol*. 2019;22(5):296-9. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cjtee.2019.07.003>
26. Au Y, Beland B, Anderson JAE, Sasseville D, Wang SC. Time-saving comparison of wound measurement between the ruler method and the Swift Skin and Wound App. *J Cutan Med Surg*. 2019;23(2):226-8. doi: <http://doi.org/10.1177/1203475418800942>
27. Marengo LL, Kozyreff AM, Moraes FS, Maricato LIG, Barberato-Filho S. Mobile technologies in health-care: reflections on development, application,

- legal aspects, and ethics. *Rev Panam Salud Publica*. 2022;46:e37. doi: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2022.37>
28. Shamloul N, Ghias MH, Khachemoune A. The utility of smartphone applications and technology in wound healing. *Int J Low Extrem Wounds*. 2019;18(3):228-35. doi: <https://dx.doi.org/10.1177/1534734619853916>
 29. Zoppo G, Marrone F, Pittarello M, Farina M, Uberti A, Demarchi D, et al. AI technology for remote clinical assessment and monitoring. *J Wound Care*. 2020;29(12):692-706. doi: <https://dx.doi.org/10.12968/jowc.2020.29.12.692>
 30. Gagnon J, Probst S, Chartrand J, Reynolds E, Lalonde M. Self-supporting wound care mobile applications for nurses: a scoping review. *J Adv Nurs*. 2024;80(9):3464-80. doi: <http://doi.org/10.1111/jan.16052>
 31. Wu P, Jin L, Jiang W, Zhou Y, Lin L, Lin H, et al. Smart bandages for wound monitoring and treatment. *Biosens Bioelectron*. 2025;283:117522. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bios.2025.117522>
 32. Baseman C, Fayfman M, Schechter MC, Ostad-abbas S, Santamarina G, Ploetz T, et al. Intelligent care management for diabetic foot ulcers: a scoping review of computer vision and machine learning techniques and applications. *J Diabetes Sci Technol*. 2025;19(3):820-9. doi: <https://doi.org/10.1177/19322968231213378>
 33. Asiabar A. The use of online applications to improve chronic wound care in primary care: a literature review. *Health Informatics J* [Internet]. 2020 [cited Apr 13, 2026];26(3):1648-60. Available from: https://repository.usfca.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1041&context=dnnp_qualifying
 34. Klotz T, Kurmis R. Reliability testing of the matching assessment using photographs of scars app. *Wound Repair Regen*. 2020;28(5):676-83. doi: <https://doi.org/10.1111/wrrr.12822>
 35. Lazarou I, Fiska V, Mpaltadoros L, Tsaopoulos D, Stavropoulos TG, Nikolopoulos S, et al. Stepping forward: a scoping systematic literature review on the health outcomes of smart sensor technologies for diabetic foot ulcers. *Sensors (Basel)*. 2024;24(6):2009. doi: <https://doi.org/10.3390/s24062009>



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