www.revistaft.com.br

RevistaFT | ISSN 1678-0817 | v.30, n. 164, 2026 | DOI: 10.69849/2e41ev39

O efeito da fotobiomodulação no tratamento de cicatrizes em cirurgia plástica

The effect of photobiomodulation in the treatment of scars in plastic surgery

Maria Eduarda de Souza Bunuccelli
Thaissa Diniz Pereira
Larissa de Fatima Orlando de Matos (Orientadora)

RESUMO

A fotobiomodulação (FBM) é um procedimento utilizado no manejo de feridas e cicatrizes cirúrgicas, contudo, a heterogeneidade dos protocolos dificulta a definição de parâmetros clínicos. O objetivo do presente estudo é investigar as evidências científicas disponíveis sobre o uso da FBM no tratamento de cicatrizes decorrentes de cirurgias plásticas estéticas e reparadoras. A metodologia adotada neste trabalho foi de revisão integrativa, com consulta nas bases PubMed/MEDLINE, SciELO e PEDro, abrangendo estudos publicados entre 2016 e 2026, em português, inglês ou espanhol. A seleção seguiu o fluxo PRISMA, e para analisar a qualidade metodológica dos ensaios foi usada a escala PEDro. Foram identificados 131 registros e, após a remoção de duplicatas, 121 foram triados; cinco estudos foram incluídos, abordando abdominoplastia, blefaroplastia e enxertia de pele em pacientes queimados. A FBM, seja por LED ou por laser nos espectros vermelho e infravermelho próximo, foi aplicada com densidades de energia de 1,53 a 60 J/cm² por sessão, iniciando até 48 horas após a cirurgia. Quatro estudos mostraram melhora da cicatrização da ferida ou da qualidade da cicatriz; dois apresentaram redução da dor; um estudo, todavia, não encontrou efeito sobre a reepitelização. Apenas um estudo empregou a Vancouver Scar Scale e a Patient and Observer Scar Assessment Scale. Apesar de favorável, às conclusões ainda podem ser limitadas pela heterogeneidade de sua aplicação, não sustentando um protocolo padronizado nem a extrapolação para cicatrizes hipertróficas e queloides.

Palavras-chave: Fotobiomodulação (FBM). Cicatriz. Procedimentos de Cirurgia Plástica. Cicatrização de Feridas.

ABSTRACT

Photobiomodulation (PBM) is a procedure used in the management of wounds and surgical scars; however, protocol heterogeneity hinders the definition of clinical parameters. The objective of this study is to investigate the available scientific evidence on the use of PBM in the treatment of scars resulting from aesthetic and reconstructive plastic surgery. The methodology adopted was an integrative review, searching the PubMed/MEDLINE, SciELO, and PEDro databases for studies published between 2016 and 2026 in Portuguese, English, or Spanish. Selection followed the PRISMA guidelines, and the PEDro scale was used to assess the methodological quality of the trials. Of 131 records identified, 121 were screened after duplicate removal and five studies were included, addressing abdominoplasty, blepharoplasty, and skin grafting in burn patients. PBM, using either LED or laser in the red and near-infrared spectra, was applied at energy densities ranging from 1.53 to 60 J/cm² per session, initiated up to 48 hours postoperatively. Four studies showed improvement in wound healing or scar quality; two reported pain reduction; however, one study found no effect on re-epithelialization. Only one study utilized the Vancouver Scar Scale and the Patient and Observer Scar Assessment Scale. Although favorable, conclusions remain limited by the heterogeneity of application, failing to support a standardized protocol or extrapolation to hypertrophic scars and keloids.

Keywords: Photobiomodulation (PBM). Scar. Plastic Surgery Procedures. Wound Healing.

1 INTRODUÇÃO

A cicatrização de feridas cirúrgicas se configura como um processo biológico dinâmico e complexo, visto que envolve cascatas inflamatórias, proliferação celular e remodelação da matriz extracelular. Quando esse processo ocorre de maneira desequilibrada, podem surgir cicatrizes patológicas, em especial queloides e cicatrizes hipertróficas, que comprometem não apenas o resultado estético das intervenções cirúrgicas, mas também aspectos funcionais e psicossociais dos pacientes (MUSTOE *et al*., 2002).

A prevalência de cicatrizes do tipo patológica é significativa, especialmente após procedimentos cirúrgicos, podendo variar conforme o tipo de cirurgia, a localização anatômica da incisão, a técnica cirúrgica empregada e fatores individuais do paciente, tais como predisposição genética, fototipo cutâneo e a presença de comorbidades. Estima-se, de acordo com Bock *et al*. (2006), que a incidência de queloides na população geral é variável, tendo sido pouco documentada, de maneira que há a ocorrência de relatos que vão de menos de 1% em adultos na Inglaterra até 16% em adultos no Zaire, sendo mais frequentes em indivíduos que têm a pele escura.

Mediante esse cenário, a busca por recursos terapêuticos eficazes, seguros e não invasivos para o tratamento adequado de cicatrizes cirúrgicas têm motivado um crescente interesse de pesquisas na área. A fotobiomodulação (FBM), também conhecida como laserterapia de baixa potência (LLLT - *Low-Level Laser Therapy*), ou ainda terapia com luz de baixa intensidade, destaca-se como um recurso fisioterapêutico que tem efeitos bioestimulatórios e anti-inflamatórios que estão descritos na literatura, e é considerada, por conta disso, capaz de fazer a remodelação tecidual sem causar dano térmico aos tecidos (CHAVES *et al*., 2014).

A FBM atua, dessa maneira, por meio da absorção de fótons que ocorre através de fotorreceptores celulares, em especial a citocromo *c* oxidase na cadeia respiratória mitocondrial (KARU, 2008). Ela desencadeia uma série de eventos intracelulares que resultam no aumento da produção de Trifosfato de Adenosina (ATP), na modulação de espécies reativas de oxigênio (ROS), na regulação de fatores de crescimento e nas citocinas pró e anti-inflamatórias, além de servir como estímulo à proliferação fibroblástica e à síntese de colágeno (HAMBLIN; DEMIDOVA, 2006).

No contexto da fisioterapia dermato-funcional, a FBM tem sido amplamente utilizada no tratamento de cicatrizes de diferentes etiologias, incluindo desde queimaduras, cirurgias plásticas até intervenções reconstrutivas. Kemerich *et al*. (2025), por exemplo, apresentam seu potencial na recuperação de necrose tecidual em feridas cirúrgicas. Contudo, a diversidade de protocolos para a sua aplicação, como variações de comprimento de onda, fluência, tempo de exposição e número de sessões, dificulta a comparação entre os estudos e a definição de padrões para alinhar os parâmetros clínicos (CHAVES *et al*., 2014).

Portanto, diante da relevância clínica do tema e da necessidade de consolidar as evidências que vêm sendo disponibilizadas até o momento, o presente trabalho se propõe a elaborar uma revisão integrativa da literatura sobre o uso da fotobiomodulação no tratamento de cicatrizes decorrentes de cirurgias plásticas, analisando, nos estudos publicados e levantados pela pesquisa, os parâmetros técnicos que foram utilizados, bem como os desfechos clínicos apresentados por eles.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O presente estudo se propõe a investigar quais as evidências científicas disponíveis sobre

a eficiência da aplicação de fotobiomodulação para o tratamento de cicatrizes decorrentes de cirurgias plásticas estéticas e reparadoras.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar quais são os tipos de cirurgia plástica e de cicatrizes que foram abordados nos estudos encontrados na revisão de literatura;
- Descrever quais foram os parâmetros técnicos de fotobiomodulação utilizados nos protocolos de tratamento nos casos levantados na revisão;
- Avaliar os desfechos clínicos reportados, tais como a qualidade da cicatriz, intensidade da dor, funcionalidade e qualidade de vida;
- Identificar possíveis lacunas metodológicas e sugerir direções para o desenvolvimento de futuras pesquisas na área.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fisiologia da cicatrização cirúrgica

A cicatrização de feridas acontece por meio de um processo biológico altamente coordenado, comumente dividido em quatro fases que se sobrepõem: hemostasia, inflamação, proliferação e remodelação. Cada uma dessas fases é caracterizada por eventos celulares e moleculares específicos, sendo fundamental que sua progressão ocorra de forma que se obtenha uma cicatriz madura e funcionalmente estável (VELNAR *et al.*, 2009).

A fase de hemostasia tem início imediatamente após a lesão tecidual, com ativação da cascata de coagulação, a formação do tampão plaquetário e a liberação de fatores quimiotáticos que recrutam células inflamatórias para onde se encontra a ferida. A fase inflamatória, que se estende por entre dois a cinco dias, é caracterizada pela migração de neutrófilos e macrófagos, que possuem a função de desbridamento tecidual e secreção de citocinas e fatores de crescimento, como TGF-β, PDGF e FGF, por exemplo, essenciais para a progressão da cicatrização (GURTNER *et al.*, 2008).

Na fase proliferativa, que ocorre entre o terceiro e o vigésimo primeiro dia após a lesão, há uma intensa atividade fibroblástica com síntese de colágeno tipo III, a formação de tecido de granulação e angiogênese. A contração da ferida e a reepitelização completam essa etapa. Já na fase de remodelação, que pode durar de seis meses a dois anos, o colágeno tipo III é progressivamente substituído pelo colágeno tipo I, que é mais resistente, e a matriz extracelular é reorganizada, resultando, portanto, na cicatriz madura (KRAFTS, 2010).

Caso haja desequilíbrios em qualquer uma dessas fases, o resultado cicatricial poderá ser comprometido. De acordo com Ud-Din e Bayat (2014), uma inflamação prolongada, a intensa atividade fibroblástica e/ou a desregulação da síntese e degradação do colágeno são os principais desequilíbrios registrados na formação de cicatrizes patológicas.

2.2 Cicatrizes patológicas: queloides e cicatrizes hipertróficas

As cicatrizes patológicas representam uma resposta de cura exacerbada, em que a produção de colágeno supera sua degradação, o que resulta em um depósito excessivo de matriz extracelular. As duas principais formas são a cicatriz hipertrófica e o queloide, que, embora tenham semelhanças histológicas, diferem em seu comportamento clínico e quanto ao prognóstico (FEARMONTI *et al.*, 2010).

A cicatriz hipertrófica permanece dentro dos limites da ferida original, tendendo a regredir espontaneamente com o tempo e apresentando uma resposta mais favorável ao tratamento conservador. O queloide, por sua vez, ultrapassa os limites da incisão original, raramente regredindo de forma espontânea e apresentando uma alta taxa de recorrência após se fazer a excisão cirúrgica isolada. Histologicamente, queloides são caracterizados por feixes de colágeno espessos e desorganizados, com fibroblastos queloidianos que apresentam resistência à apoptose e hipersensibilidade ao TGF-β1 (OGAWA, 2017).

De um ponto de vista clínico, as cicatrizes patológicas podem causar sintomas como prurido intenso, dor, rigidez, limitação funcional, especialmente quando localizadas sobre articulações, afetando consideravelmente a qualidade de vida e a autoimagem que os pacientes ficam de si. Solucionar essas condições permanece um desafio, com múltiplas opções terapêuticas disponíveis, e incluem corticosteroides intralesionais, silicone em gel, compressão, crioterapia, laserterapia e excisão cirúrgica, frequentemente utilizadas de forma combinada (MUSTOE *et al.*, 2002).

2.3 Fotobiomodulação: princípios e mecanismos de ação

A fotobiomodulação (FBM) é definida como o uso terapêutico de luz não ionizante, sendo proveniente de lasers ou LEDs (Light Emitting Diodes), em comprimentos de onda específicos do espectro visível e infravermelho próximo, e tem como objetivo estimular ou inibir processos celulares sem causar dano térmico aos tecidos. O termo vem substituindo progressivamente denominações anteriores, como laserterapia de baixa potência (LLLT) e bioestimulação laser (CHAVES *et al.*, 2014).

O mecanismo primário de ação da FBM envolve a absorção de fótons por fotorreceptores celulares (cromóforos) localizados principalmente na mitocôndria. A citocromo *c* oxidase (complexo IV da cadeia respiratória), que absorve luz nas faixas do vermelho (630-700 nm) e infravermelho próximo (780-940 nm), é considerada o principal fotorreceptor da FBM. A absorção fotônica promove a dissociação do óxido nítrico inibitório da citocromo *c* oxidase, resultando no aumento do consumo de oxigênio, na maior produção de ATP, e na modulação do potencial de membrana mitocondrial (KARU, 2008).

Esses eventos primários desencadeiam uma cascata de sinalizações intracelulares que incluem: aumento da produção de espécies reativas de oxigênio em níveis subletais (atuando como segundos mensageiros), ativação de fatores de transcrição (como NF-κB e AP-1), modulação da expressão de genes relacionados à proliferação celular, síntese de colágeno, angiogênese e reparo tecidual (HAMBLIN; DEMIDOVA, 2006).

No que diz respeito ao contexto específico da cicatrização e do tratamento de cicatrizes, a FBM exerce efeitos que incluem: estimulação da proliferação e migração de fibroblastos, modulação da síntese de colágeno tipos I e III, redução da expressão de TGF-β1 (principal mediador da fibrose cicatricial), inibição da miofibroblastogênese, e efeitos anti-inflamatórios pela modulação de citocinas como IL-1β, IL-6 e TNF-α (HUANG *et al.*, 2011).

2.4 Parâmetros técnicos da FBM

Para que a fotobiomodulação seja considerada clinicamente eficaz, ela é significativamente dependente dos parâmetros de aplicação que são utilizados, sendo a dosimetria um dos aspectos mais críticos e controversos trazidos pela literatura. Os principais parâmetros a serem considerados incluem o comprimento de onda, a fluência (densidade de energia, em J/cm²), a irradiância (densidade de potência, em mW/cm²), o tempo de exposição, o modo de emissão (contínuo ou pulsado) e a técnica de aplicação (contato ou sem contato, pontual ou varredura) (CHAVES *et al.*, 2014).

Os comprimentos de onda mais utilizados clinicamente situam-se na janela terapêutica óptica (entre 600 e 1000 nm), onde a penetração no tecido é maximizada, ao mesmo tempo em que a absorção por água e hemoglobina é minimizada. Comprimentos de onda na faixa do vermelho (630-670 nm) atuam predominantemente em tecidos superficiais, enquanto comprimentos de onda no infravermelho próximo (780-940 nm) penetram mais profundamente na derme e nos tecidos subjacentes (HAMBLIN; DEMIDOVA, 2006).

A fluência é considerada o parâmetro mais relevante para que os efeitos biológicos da FBM sejam determinados. Enquanto doses excessivamente baixas podem ser ineficazes, doses muito elevadas podem inibir os processos celulares, um fenômeno conhecido como efeito bifásico ou curva de Arndt-Schulz. As fluências que são geralmente empregadas estão entre 1 e 20 J/cm², embora não haja um consenso estabelecido para protocolos específicos em cicatrizes (HUANG *et al.*, 2011).

2.5 FBM na fisioterapia dermato-funcional

A fisioterapia dermato-funcional constitui uma especialidade da fisioterapia voltada ao tratamento de alterações tegumentares, estéticas e funcionais, incluindo cicatrizes, queimaduras, linfedema e disfunções do tecido conjuntivo. Dessa forma, evidencia-se que a FBM é um dos recursos eletrofísicos mais recorrentemente utilizados, com indicações que vão desde o tratamento de feridas abertas até a abordagem de cicatrizes maduras e patológicas (GUIRRO; GUIRRO, 2004).

A aplicação da FBM em cicatrizes cirúrgicas na fisioterapia dermato-funcional pode ter início na fase proliferativa da cicatrização, geralmente a partir da segunda ou terceira semana pós-operatória, e prosseguir durante a fase de remodelação, período em que a modulação da síntese e organização do colágeno apresentam um maior impacto sobre o resultado final do processo de cicatrização (GUIRRO; GUIRRO, 2004).

Apesar de o uso clínico da FBM em cicatrizes de cirurgia plástica ser cada vez mais crescente, a literatura científica ainda apresenta lacunas importantes no que diz respeito à padronização dos protocolos, à definição de parâmetros ótimos para diferentes tipos de cicatriz e de procedimento, e à avaliação de desfechos em longo prazo para seu uso.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudo

O presente estudo se caracteriza como uma revisão integrativa da literatura, metodologia que permite a busca, a avaliação e a síntese das evidências disponíveis sobre um determinado tema de pesquisa, permitindo incluir simultaneamente estudos experimentais e não experimentais para se ter uma compreensão ampla do fenômeno que está sendo investigado (WHITTEMORE; KNAFL, 2005).

Para garantir a clareza da pergunta que conduziu a investigação, foi adotada a estratégia PICO, apresentada por Santos, Pimenta e Nobre (2007), e se estrutura da seguinte forma: P (População/Participantes): pacientes humanos, adultos, que foram submetidos a cirurgias plásticas estéticas ou reparadoras; I (Intervenção): como se deu a aplicação de fotobiomodulação (laserterapia de baixa potência ou LED); C (Comparação): grupo controle, placebo/*sham* ou ausência de comparador, nos relatos de caso; O (Desfechos/*Outcomes*): quais as alterações percebidas na qualidade da cicatriz, como se deu a aceleração do processo de remodelação tecidual, modulação da dor, prurido e funcionalidade.

Além disso, o processo de identificação, triagem e seleção dos artigos seguiu o modelo recomendado pelo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), que foi aplicado neste trabalho como um guia padronizado para selecionar os trabalhos, sem o objetivo de constituir uma revisão sistemática com metanálise (PAGE *et al*., 2021).

3.2 Estratégia de busca

As buscas pela bibliografia pesquisada foram feitas nas bases de dados eletrônicas PubMed/MEDLINE, SciELO e PEDro. O recorte temporal abrangeu trabalhos de 2016 a 2026, com o objetivo de contemplar os avanços tecnológicos mais recentes, assim como observar como vem ocorrendo a consolidação dos parâmetros operacionais da fotobiomodulação.

Não foi aplicado filtro inicial de idioma durante a busca primária, para evitar que registros relevantes fossem perdidos. Além disso, os termos de busca foram estruturados com base em descritores já catalogados no *Medical Subject Headings* (MeSH) e nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), além de termos livres, interconectados pelos operadores booleanos AND e OR.

No PubMed/MEDLINE, foram utilizadas três estratégias combinadas. A primeira foi uma PICO abrangente, com a seguinte combinação de descritores: (“photobiomodulation” OR “low-level laser therapy” OR “LLLT” OR “low-level light therapy” OR “fotobiomodulação” OR “laserterapia de baixa potência”) AND (“surgical scar” OR “cicatriz cirúrgica” OR “hypertrophic scar” OR “cicatriz hipertrófica” OR “keloid” OR “queloide” OR “scar remodeling” OR “remodelação cicatricial”) AND (“plastic surgery” OR “aesthetic surgery” OR “cosmetic surgery” OR “reconstructive surgery” OR “mammoplasty” OR “abdominoplasty” OR “cirurgia plástica” OR “mamoplastia” OR “abdominoplastia”).

Na segunda estratégia, foi feita a busca específica por FBM e cicatriz cirúrgica, por meio

da combinação direta entre os blocos de intervenção e desfecho pós-operatório, combinados aos termos utilizados na primeira estratégia. A terceira estratégia, por fim, buscando resultados sobre as possíveis complicações operatórias, foi direcionada às complicações incisionais em cirurgia plástica, incorporando aos descritores usados nas estratégias anteriores termos como "wound dehiscence", "surgical wound" e "flap".

Na plataforma SciELO, por sua vez, por conta do mecanismo de organização dos descritores para pesquisa na plataforma, adotaram-se as expressões: "fotobiomodulação AND cicatriz", "photobiomodulation AND scar" e "laser de baixa potência AND cicatriz". Na plataforma PEDro, por fim, mediante as restrições de busca booleana da base, foram aplicadas combinações simples, como "photobiomodulation scar", "laser therapy scar" e "low level laser plastic surgery".

3.3 Critérios de elegibilidade

Para garantir que a amostra apresente resultados que estejam alinhados ao interesse da pesquisa, foram fixados critérios de inclusão e exclusão específicos, considerando cirurgia plástica, dessa maneira, como todo procedimento estético ou reparador (incluindo áreas doadoras de enxerto cutâneo com espessura parcial) que tenha sido conduzido por uma equipe especializada.

Foram adotados, como critérios de inclusão: estudos conduzidos com seres humanos adultos submetidos a cirurgias plásticas estéticas ou reparadoras que apresentassem cicatrizes (normais em acompanhamento preventivo, hipertróficas ou queloides); aplicação da fotobiomodulação (laser ou LED) cujos parâmetros técnicos, como comprimento de onda, fluência e/ou densidade de potência, estivessem devidamente descritos; avaliação de desfechos clínicos objetivos ou subjetivos, como remodelação tecidual, dor, prurido, aspecto estético, funcionalidade ou qualidade de vida; ensaios clínicos randomizados, estudos quase-experimentais, estudos de Coorte, caso-controle e relatos/séries de casos clínicos; e publicações nos idiomas português, inglês ou espanhol.

Como critérios de exclusão, foram adotados: pesquisas feitas *in vitro* ou em modelos animais; trabalhos focados primariamente em feridas crônicas não cirúrgicas, úlceras de pressão ou radiodermatite; estudos nos quais a fotobiomodulação esteve associada a múltiplos recursos simultâneos, sem a possibilidade de isolar seu efeito terapêutico individual; laser ablativo ou fracionado; protocolos sem desfechos; investigações restritas a desfechos laboratoriais/histológicos sem mensuração clínica correlacionada; publicações sem especificação dos dosímetros ou parâmetros técnicos de aplicação; resumos de eventos

acadêmicos, editoriais, cartas ao editor, revisões narrativas, teses e dissertações sem publicação em periódicos indexados por pares.

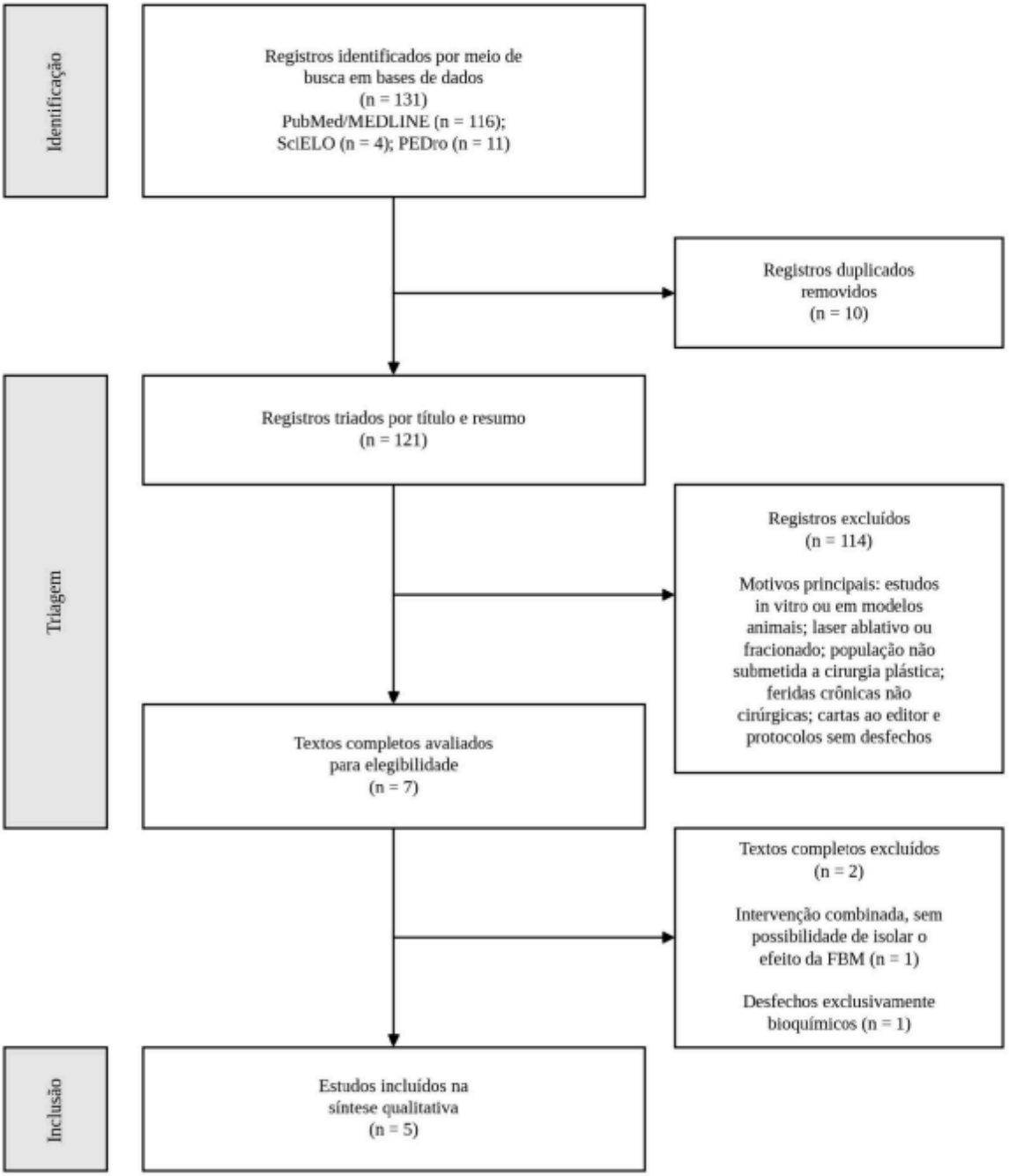
3.4 Extração e análise dos dados

A triagem dos estudos encontrados nas bases de dados pesquisadas seguiu duas etapas independentes realizadas pelas autoras: primeiramente, foi feita uma análise inicial de títulos e resumos, seguida da avaliação dos textos selecionados. As discrepâncias que eventualmente iam sendo encontradas foram resolvidas pelo consenso entre as pesquisadoras e sob a supervisão da orientadora.

A extração dos dados foi registrada por meio de uma planilha padronizada, a qual continha: autoria, ano de publicação, país de origem, desenho do estudo, caracterização da amostra, tipo de intervenção cirúrgica, protocolo e parâmetros da fotobiomodulação (comprimento de onda, emissão contínua/pulsada, densidade de energia, tempo de exposição, número e frequência de sessões), instrumentos de avaliação clínica utilizados (*Vancouver Scar Scale* - VSS, *Patient and Observer Scar Assessment Scale* - POSAS) e principais desfechos observados. A análise dos dados configurou-se de forma descritiva e qualitativa, através de síntese narrativa.

Dessa forma, o fluxo de identificação, triagem, avaliação de elegibilidade e inclusão dos estudos, bem como os motivos de exclusão em cada etapa, está representado na Figura 1, a seguir.

Figura 1: Fluxograma do processo de seleção dos estudos



Fonte: elaborada pelas autoras (2026), com base no modelo PRISMA.

3.5 Avaliação da qualidade metodológica

Para verificar o rigor metodológico e o risco de viés dos ensaios clínicos elegíveis, foi empregada a Escala PEDro (*Physiotherapy Evidence Database*), reconhecida internacionalmente na área da Fisioterapia. Essa escala mensura 11 itens, dos quais 10 contabilizam pontuação, variando de 0 a 10. Trabalhos com pontuação igual ou superior a 6 foram classificados como sendo de moderada a alta, em termos de qualidade metodológica (DE MORTON, 2009).

A avaliação contemplou também a verificação de critérios como alocação aleatória, sigilo de alocação, comparabilidade inicial, cegamento (de sujeitos, terapeutas e avaliadores), análise

por intenção de tratar e clareza nos resultados estatísticos. Para os desenhos de estudo não elegíveis para pontuação na escala PEDro, como os relatos de caso, por exemplo, aplicou-se uma apreciação crítica descritiva fundamentada em guias de transparência clínica.

4 RESULTADOS

4.1 Seleção e caracterização dos estudos

O processo de busca e identificação de pesquisas resultou em 131 registros, sendo 116 do PubMed/MEDLINE, quatro da SciELO e 11 da PEDro. Após a remoção de 10 duplicatas, 121 registros foram selecionados por título e resumo. Desses, 114 foram excluídos, principalmente por serem estudos *in vitro* ou terem sido aplicados em modelos animais, empregarem laser ablativo ou fracionado, ou por envolverem população não submetida a cirurgia plástica ou feridas crônicas não cirúrgicas. Sete textos completos foram avaliados quanto à elegibilidade, dos quais dois foram excluídos: um por apresentar intervenção combinada sem possibilidade de isolar o efeito da FBM, e outro por apresentar desfechos exclusivamente bioquímicos. Assim, cinco estudos foram selecionados para compor a síntese qualitativa, conforme o fluxograma apresentado na Figura 1.

O uso da FBM associada a outros recursos não foi por si só considerado como critério para exclusão. Os estudos em que a única diferença entre os grupos era a aplicação da FBM foram mantidos, como em Carboni *et al.* (2022), no qual todos os participantes utilizaram o curativo Membracel® e apenas um dos grupos recebeu a FBM. Por outro lado, foi excluído o relato de dois casos de queloides pós-otoplastia de Stehlík, Streit e Košková (2025), que combinavam silicone, massagem compressiva, corticoide e FBM, sem grupo controle, o que impede a atribuição da evolução observada à aplicação da FBM.

Os cinco estudos foram publicados entre 2018 e 2025 e realizados no Brasil (RAMOS *et al.*, 2019; CARBONI *et al.*, 2022), no Irã (VAGHARDOOST *et al.*, 2018; KAZEMIKHOO *et al.*, 2018) e na China (YE; XIANG, 2025). Três desses trabalhos são ensaios clínicos randomizados (VAGHARDOOST *et al.*, 2018; KAZEMIKHOO *et al.*, 2018; YE; XIANG, 2025), um era ensaio clínico controlado não randomizado (RAMOS *et al.*, 2019) e um era série de casos com grupo controle (CARBONI *et al.*, 2022). Em conjunto, os cinco trabalhos selecionados somaram 203 participantes, com amostras de 9 a 145 indivíduos sendo estudados; o trabalho de Ye e Xiang (2025) respondeu por 71,4% do total. Três estudos adotaram ainda uma metodologia que comparou aspectos observados em um mesmo paciente (VAGHARDOOST *et al.*, 2018; KAZEMIKHOO *et al.*, 2018; RAMOS *et al.*, 2019).

Desses procedimentos, dois eram estéticos: a abdominoplastia (RAMOS *et al.*, 2019) e a

blefaroplastia incisional (YE; XIANG, 2025). Os demais eram reparadores, todos em pacientes queimados que foram submetidos a enxertia de pele de espessura parcial: dois avaliaram a área doadora (VAGHARDOOST *et al.*, 2018; CARBONI *et al.*, 2022) e um avaliou o leito enxertado (KAZEMIKHOO *et al.*, 2018). Em contrapartida, nenhum dos estudos abordou especificamente cicatrizes hipertróficas ou queloides, e o acompanhamento variou de aproximadamente uma semana a 12 meses. As principais características organizadas por trabalho constam no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1: Caracterização dos estudos incluídos na revisão

Autor (ano), país	Delineamento metodológico	Amostra	Procedimento e local avaliado
Vaghardoost *et al.* (2018), Irã	ECR intraindividual (área doadora dividida em duas partes)	11 pacientes; 18 áreas doadoras	Enxerto de pele de espessura parcial em queimaduras de grau 3 (área doadora)
Kazemikhoo *et al.* (2018), Irã	ECR intraindividual (lados contralaterais)	9 adultos (média de 40,1 anos)	Enxertia em queimaduras de grau 3 bilaterais de mãos ou pés (leito enxertado)
Ramos *et al.* (2019), Brasil	Ensaio controlado não randomizado, duplo-cego, intraindividual (lado direito tratado)	17 mulheres (média de 35,7 anos; 23 recrutadas)	Abdominoplastia (cicatriz abdominal)
Carboni *et al.* (2022), Brasil	Série de casos com grupo controle	21 participantes; 25 áreas doadoras (12 FBM; 13 controle)	Enxerto de pele de espessura parcial em queimaduras (área doadora)
Ye; Xiang (2025), China	ECR paralelo	145 adultos (73 FBM; 72 controle)	Blefaroplastia incisional (incisão palpebral)

Fonte: elaborado pelas autoras (2026), com base nos estudos incluídos. ECR: ensaio clínico randomizado.

4.2 Parâmetros de fotobiomodulação

A aplicação de FBM foi feita por LED em três estudos (RAMOS *et al.*, 2019; CARBONI *et al.*, 2022; YE; XIANG, 2025) e por laser em dois (VAGHARDOOST *et al.*, 2018; KAZEMIKHOO *et al.*, 2018). O comprimento de onda vermelho foi o predominante, empregado entre 645 e 660 nm em quatro estudos; o infravermelho próximo foi usado a 808 nm, associado ao vermelho, por Kazemikhoo *et al.* (2018), e a 830 nm, isoladamente, por Ye e Xiang (2025). Ramos *et al.* (2019) utilizaram um dispositivo LED com três comprimentos de onda do espectro visível (520, 590 e 645 nm).

A densidade de energia utilizada por sessão variou de 1,53 a 60 J/cm². Quatro estudos aplicaram de 1,53 a 10 J/cm² por sessão, e Ye e Xiang (2025) aplicaram 60 J/cm², com irradiância de 65 mW/cm². A aplicação teve início entre o pós-operatório imediato e 48 horas após a cirurgia, e o número de sessões variou de quatro a dez: eram sessões diárias ao longo de sete dias (KAZEMIKHOO *et al.*, 2018), ocorrendo em dias alternados (RAMOS *et al.*, 2019)

ou em esquema de frequência decrescente na primeira semana (VAGHARDOOST *et al.*, 2018; CARBONI *et al.*, 2022; YE; XIANG, 2025). Com exceção do protocolo investigado por Ramos *et al.* (2019), que se estendeu por cerca de 20 dias, as aplicações concentraram-se na primeira semana de pós-operatório. Os parâmetros estão detalhados no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2: Parâmetros de fotobiomodulação nos estudos incluídos

Estudo	Fonte e comprimento de onda	Dose e irradiância	Esquema de aplicação
Vaghardoost *et al.* (2018)	Laser vermelho, 655 nm	2 J/cm²; potência de 150 mW	Dias 0, 3, 5 e 7 de pós-operatório (4 sessões)
Kazemikhoo *et al.* (2018)	Laser vermelho (650/655 nm) no leito e infravermelho de 808 nm nas margens; contato, modo contínuo	Vermelho: 2 J/cm², 150 mW (0,6 W/cm²); infravermelho: 6 J/cm², 200 mW	Diária, por 7 dias
Ramos *et al.* (2019)	LED (LUXePro®), 520, 590 e 645 nm; distância de 5 cm	10 J/cm² por sessão; 15,5, 3 e 12 mW/cm²; 15 min	10 sessões em dias alternados, a partir de 48 h de pós-operatório
Carboni *et al.* (2022)	LED, 660 nm; placa em contato com a área doadora	1,53 J/cm²; 2,55 mW/cm²; 600 s	Pós-operatório imediato e dias 1, 3, 5 e 7 (5 aplicações)
Ye; Xiang (2025)	LED, 830 nm	60 J/cm² por sessão; 65 mW/cm²; cerca de 16 min	Dias 1, 2, 3 e 7 de pós-operatório (4 sessões; 240 J/cm² acumulados)

Fonte: elaborado pelas autoras (2026), com base nos estudos incluídos.
Nota: Kazemikhoo *et al.* (2018) indicam 655 nm no resumo e 650 nm na seção de métodos.

4.3 Desfechos clínicos

Em todos os estudos selecionados na revisão foi registrado ao menos um desfecho favorável à FBM; contudo, o benefício encontrado por Carboni *et al.* (2022) limitou-se à diminuição da dor, sem diferença perceptível na reepitelização, no aspecto da área ou na qualidade da ferida.

A qualidade da cicatriz foi avaliada por escalas que foram validadas apenas por Ramos *et al.* (2019). No lado tratado, as médias da *Vancouver Scar Scale* (VSS) foram de 2,71 e 2,32 aos um e seis meses, contra 4,38 e 3,68 no lado controle ($p = 0,0065$). A *Observer Scar Assessment Scale* (OSAS) foi de 8,53 e 8,56 no lado tratado e de 11,12 e 10,03 no controle ($p = 0,0034$), e a *Patient Scar Assessment Scale* (PSAS), preenchida pelas pacientes, de 11,94 e 10,24 contra 13,24 e 12,18 ($p = 0,0047$); valores menores costumam indicar um melhor aspecto da cicatriz. Na análise de fotografias padronizadas, os avaliadores preferiram o lado tratado em 57,1% dos casos, contra 35,7% pelo lado controle ($p = 0,001$), e a área da cicatriz foi menor no lado tratado ($p = 0,0040$). Não foram registrados efeitos significativos do tempo nem da interação entre tempo e tratamento; aos 12 meses, as 11 pacientes que responderam ao questionário não

perceberam diferença entre os lados quanto à qualidade (p = 0,071) e à sensibilidade da cicatriz (p = 0,109).

Quatro dos estudos selecionados avaliaram a cicatrização da ferida. Vaghardoost *et al.* (2018) observaram que houve redução da área doadora em ambos os grupos após sete dias (p < 0,01), sendo significativamente maior no lado irradiado (p = 0,01). Kazemikhoo *et al.* (2018) relataram menor área de deiscência do enxerto no lado tratado ao final do período (3,18 ± 4,72 cm² contra 18,07 ± 24,31 cm²; p = 0,019), com áreas iniciais semelhantes entre os lados (p = 0,931). Ye e Xiang (2025) encontraram melhor graduação da cicatrização da incisão no grupo FBM, com taxa de cicatrização de 96,6% contra 86,8% no grupo de cuidado tradicional no sétimo dia de pós-operatório (p < 0,05). Em contrapartida, Carboni *et al.* (2022) não observaram diferenças entre os grupos quanto ao tempo de reepitelização, à área e à qualidade da ferida avaliada pela escala de Bates-Jensen (*Bates-Jensen Wound Assessment Tool* – BWAT).

A dor, por sua vez, foi medida pela escala visual analógica (EVA), tendo sido menor no grupo que recebeu FBM no quinto dia de pós-operatório tanto em Carboni *et al.* (2022) e também em Ye e Xiang (2025), que relataram ainda menor edema e menor ansiedade, esta, por sua vez, avaliada pela *Self-Rating Anxiety Scale* (SAS), em comparação ao cuidado tradicional (p < 0,05). Categorias como funcionalidade, qualidade de vida e prurido não foram avaliados como desfechos nos estudos incluídos, com a ressalva de que o prurido integra a PSAS utilizada por Ramos *et al.* (2019).

Quadro 3: Desfechos avaliados e principais resultados dos estudos incluídos

Estudo	Instrumentos e medidas	Principais resultados (FBM × controle)	Eventos adversos
Vaghardoost *et al.* (2018)	Área da ferida (fotografias)	Redução da área doadora em ambos os grupos (p < 0,01), maior no lado FBM (p = 0,01)	NI
Kazemikhoo *et al.* (2018)	Área de deiscência do enxerto (cm², PictZar®)	3,18 ± 4,72 × 18,07 ± 24,31 cm² (p = 0,019)	NI
Ramos *et al.* (2019)	VSS, POSAS (OSAS e PSAS), fotografias padronizadas, questionário aos 12 meses	Melhor VSS, OSAS, PSAS e área da cicatriz aos 1 e 6 meses (p < 0,05); sem diferença percebida aos 12 meses	Nenhum
Carboni *et al.* (2022)	BWAT, área da ferida, EVA	Sem diferença em reepitelização, área e qualidade da ferida; menor dor no 5º dia	NI
Ye; Xiang (2025)	Escore de edema, EVA, graduação da cicatrização, SAS	Menor edema, dor e ansiedade e melhor cicatrização (96,6% × 86,8%; p < 0,05)	Nenhum

Fonte: elaborado pelas autoras (2026), com base nos estudos incluídos. NI: não informado nas informações analisadas; POSAS: Patient and Observer Scar Assessment Scale.

4.4 Apreciação da qualidade metodológica

A análise dos dados considerou os critérios da escala PEDro passíveis de verificação nos textos (Quadro 4). Entre os ensaios randomizados, Vaghardoost *et al.* (2018) relataram o cegamento de pacientes e de quem faz a análise dos dados, enquanto para Kazemikhoo *et al.* (2018) e Ye e Xiang (2025) não foram identificados nem a ocultação da alocação nem o cegamento. Ramos *et al.* (2019) mantiveram pacientes e avaliadores cegos por meio de um segundo dispositivo de iluminação sem efeito terapêutico no lado controle, mas não randomizaram a alocação, pois o lado direito foi sempre o tratado, além de terem perdido seis das 23 participantes recrutadas (26,1%). Carboni *et al.* (2022), por seu estudo se tratar de uma série de casos com grupo controle, a apreciação que os casos receberam foi descritiva, conforme previsto na metodologia. Por fim, o grupo controle de Ye e Xiang (2025) recebeu o cuidado habitual, sem dispositivo simulado, limitando o cegamento dos participantes em desfechos autorrelatados, como dor e ansiedade.

Quadro 4: Apreciação metodológica dos estudos incluídos

Estudo	Alocação aleatória	Ocultação da alocação	Cegamento	Perdas	PEDro (0 a 10)
Vaghardoost *et al.* (2018)	Sim	NI	Pacientes e analista	NI	7
Kazemikhoo *et al.* (2018)	Sim (lado sorteado)	NI	NI	NI	6
Ramos *et al.* (2019)	Não	Não	Pacientes e avaliadores	6 de 23 (26,1%)	Apreciação descritiva
Carboni *et al.* (2022)	Não (série de casos)	NI	NI	NI	Apreciação descritiva
Ye; Xiang (2025)	Sim	NI	NI	NI	8

Fonte: elaborado pelas autoras (2026). NI: não informado nas informações analisadas.

5 DISCUSSÃO

5.1 Principais achados

A presente revisão integrou cinco estudos que avaliaram a aplicação de FBM, tanto por laser quanto por LED, no pós-operatório de cirurgias plásticas estéticas e reparadoras. Em todos eles, ao menos um teve desfecho favorável após a aplicação da FBM, principalmente quanto à cicatrização precoce da ferida e à diminuição da dor. Além disso, um único estudo avaliou a qualidade da cicatriz por escalas. Esses resultados são compatíveis com os efeitos bioestimulatórios e anti-inflamatórios descritos no referencial teórico, como o aumento da produção de ATP, a proliferação fibroblástica e a modulação de citocinas (HAMBLIN; DEMIDOVA, 2006; KARU, 2008; HUANG *et al.*, 2011).

Vaghardoost *et al.* (2018), Kazemikhoo *et al.* (2018) e Ye e Xiang (2025) concordam quanto ao benefício da aplicação de FBM para a cicatrização, e Ramos *et al.* (2019) apontam que esse benefício se estende à qualidade da cicatriz por até seis meses. Por outro lado, Carboni *et al.* (2022) não encontraram efeito sobre a reepitelização e sobre a qualidade da ferida, embora tenham observado uma diminuição da dor. Como o comprimento de onda e a densidade de energia desse protocolo (660 nm; 1,53 J/cm²) se aproximam aos de Vaghardoost *et al.* (2018) (655 nm; 2 J/cm²), a diferença provavelmente não se explica apenas pela dosimetria.

Entre as possibilidades estão a fonte de luz (LED e laser), a ausência de randomização, o desfecho e o instrumento de mensuração (escala de Bates-Jensen e tempo de reepitelização, em vez de área) e o fato de o curativo Membracel®, usado nos dois grupos, já constituir uma cobertura primária voltada à recuperação da área doadora, o que pode ter reduzido a margem para que se possa ter percebido um efeito adicional da FBM.

5.2 Parâmetros dosimétricos e momento de início

A principal característica dos protocolos foi a heterogeneidade. A densidade de energia por sessão variou cerca de 40 vezes, de 1,53 a 60 J/cm², e a irradiância, de 2,55 mW/cm² (LED) a 600 mW/cm² (laser), nos estudos em que foi informada (Quadro 2). Huang *et al.* (2011) descrevem fluências geralmente entre 1 e 20 J/cm² e irradiâncias de 5 a 50 mW/cm² para provocar estimulação e cicatrização; quatro protocolos situam-se na faixa de fluência descrita, enquanto Ye e Xiang (2025) utilizaram 60 J/cm² por sessão e obtiveram um resultado favorável, sem registrar eventos adversos.

Esses resultados não invalidam o conceito de resposta bifásica, de acordo com curva de Arndt-Schulz, mas indicam que a fluência isolada não define a dose efetiva, já que irradiância, tempo de exposição e comprimento de onda também são aspectos que influenciam o efeito biológico (CHAVES *et al.*, 2014; HUANG *et al.*, 2011). Além disso, nenhum estudo comparou diretamente doses ou comprimentos de onda, o que impede apontar o protocolo superior.

Todos os protocolos observados nos estudos selecionados iniciaram a aplicação de FBM entre o pós-operatório imediato e 48 horas, isto é, na fase inflamatória, e foram concluídos em até cerca de três semanas. Isso é diferente da prática descrita no referencial teórico que é recomendada para a fisioterapia dermato-funcional, em que a FBM costuma ser iniciada na fase proliferativa, a partir da segunda ou terceira semana, sendo mantida na fase de remodelação (GUIRRO; GUIRRO, 2004). Portanto, os estudos incluídos na presente pesquisa testam a FBM como medida de cicatrização precoce e de prevenção, e não como tratamento de cicatrizes já

estabelecidas, limitando a transposição direta dos resultados para o fisioterapeuta que atende pacientes em fase tardia.

5.3 Desfechos e instrumentos de avaliação

Dos cinco estudos selecionados, apenas um empregou a VSS e a POSAS (RAMOS *et al.*, 2019), instrumentos apontados como os mais utilizados na avaliação de cicatrizes (BAE; BAE, 2014). Os demais avaliaram a ferida em cicatrização por área, tempo de reepitelização, graduação da cicatrização ou escala de Bates-Jensen, que não mensuram a qualidade da cicatriz madura. Como desfechos precoces não garantem um melhor resultado final, a extrapolação para a prevenção de cicatrizes patológicas é limitada. Ramos *et al.* (2019) observaram benefícios no primeiro e no sexto meses, mas não na percepção das pacientes aos 12 meses, de modo que os próprios autores reconhecem que os dados não permitem concluir que a FBM tenha acelerado a cicatrização entre o primeiro e o sexto mês. O delineamento intraindividual desse estudo é coerente com a recomendação de que as escalas de cicatrizes são mais adequadas para detectar mudanças dentro do mesmo indivíduo do que entre indivíduos (FEARMONTI *et al.*, 2010).

A redução da dor que foi relatada por Carboni *et al.* (2022) e por Ye e Xiang (2025) é compatível com o efeito anti-inflamatório que foi atribuído à FBM (HUANG *et al.*, 2011). A redução da ansiedade que foi observada por Ye e Xiang (2025) pode ser secundária ao edema e à dor menores, embora a ausência de um dispositivo simulado possa ter contribuído, por expectativa, para os desfechos autorrelatados. Funcionalidade e qualidade de vida, que integram o terceiro objetivo específico desta revisão, não foram avaliadas por nenhum estudo, apesar de o impacto das cicatrizes patológicas sobre a qualidade de vida estar documentado (BOCK *et al.*, 2006).

5.4 Limitações da pesquisa

Os resultados da pesquisa, ainda que tragam desfechos favoráveis e importantes, estão limitados pelo risco de viés e imprecisão. Quatro dos cinco estudos tiveram 21 participantes ou menos; dois não randomizaram a alocação; o cegamento e a ocultação da alocação foram pouco descritos; e o seguimento foi curto na maioria, com apenas um estudo acompanhando as participantes por 12 meses, e com resposta de somente 11 das 17 pacientes ao questionário final.

Além disso, três estudos envolveram queimaduras e enxertia, nas quais áreas doadoras e leitos enxertados são feridas em cicatrização, e não cicatrizes cirúrgicas lineares, o que aumenta

a heterogeneidade clínica. A diversidade de delineamentos, instrumentos e dosimetria impediu a metanálise, é a síntese foi narrativa, conforme planejado.

Quanto à revisão de literatura, a busca se concentrou em bases como PubMed/MEDLINE, SciELO e PEDro, entre 2016 e 2026, e a inclusão dos estudos se limitou a publicações em português, inglês ou espanhol, de modo que estudos indexados em outras bases, como Embase, Cochrane Library ou LILACS, ou publicados em outros idiomas, por exemplo, podem não ter sido captados. Por fim, a inclusão de diferentes desenhos e procedimentos, característicos da revisão integrativa, limita a possibilidade de comparar os estudos.

5.5 Lacunas e sugestões para pesquisas futuras

Os resultados encontrados apontam para algumas lacunas importantes. Primeiro, faltam estudos sobre a FBM em cicatrizes hipertróficas e queloides pós-cirúrgicos, bem como em cicatrizes já estabelecidas, que constituem a principal demanda clínica descrita na introdução. Segundo, são necessários ensaios clínicos randomizados com cálculo amostral, ocultação da alocação, grupo com dispositivo simulado e seguimento de ao menos 12 meses.

Terceiro, a padronização de instrumentos como VSS e POSAS e a inclusão de funcionalidade, prurido e qualidade de vida permitiriam comparar estudos e captar o impacto percebido pelo paciente. Quarto, estudos que comparam doses, comprimentos de onda, fontes de luz e momento de início são necessários para definir protocolos. Por fim, recomenda-se o relato completo dos parâmetros dosimétricos (comprimento de onda, irradiância, fluência, tempo, área irradiada, modo de emissão, número e frequência das sessões), cuja ausência em parte dos estudos selecionados dificulta sua replicação.

Para a prática fisioterapêutica, os dados sustentam, com cautela, o uso da FBM como adjuvante no pós-operatório imediato, com doses baixas a moderadas, mas não permitem recomendar um protocolo padronizado.

6 CONCLUSÃO

A presente revisão integrativa procurou investigar as evidências sobre o uso da FBM no tratamento de cicatrizes decorrentes de cirurgias plásticas. Foram incluídos cinco estudos, publicados entre 2018 e 2025, os quais abordaram abdominoplastia, blefaroplastia e enxertia de pele em pacientes que sofreram queimaduras. A FBM foi aplicada por LED ou laser,

predominantemente no vermelho e no infravermelho próximo, com densidades de energia de 1,53 a 60 J/cm² por sessão e início até 48 horas após a cirurgia.

Os desfechos apontaram para o benefício da aplicação da FBM na cicatrização precoce da ferida, na redução da dor, do edema e da ansiedade e, em um único estudo, na qualidade da cicatriz até seis meses, sem eventos adversos nos estudos que os relataram. Um dos estudos não identificou efeito sobre a reepitelização e sobre a qualidade da ferida. A qualidade da cicatriz, por sua vez, foi avaliada com escalas validadas por apenas um estudo, sendo que nenhum deles abordou cicatrizes hipertróficas ou queloides. Aspectos como funcionalidade e qualidade de vida não foram avaliados.

Mediante isso, a evidência encontrada na revisão pode ser considerada favorável, apesar de ser limitada e heterogênea. Ela sugere que a FBM é uma intervenção potencialmente benéfica e bem tolerada, nos estudos que avaliaram eventos adversos, como adjuvante no pós-operatório imediato, apesar de não sustentar a recomendação de um protocolo padronizado nem a extrapolação para o tratamento de cicatrizes patológicas ou tardias. Recomendam-se mais ensaios clínicos randomizados, com amostras maiores, dosimetria padronizada, instrumentos validados de avaliação de cicatriz e seguimento prolongado com acompanhamento mais rigoroso.

REFERÊNCIAS

BAE, S. H.; BAE, Y. C. Analysis of frequency of use of different scar assessment scales based on the scar condition and treatment method. **Archives of Plastic Surgery**, v. 41, n. 2, p. 111-115, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.5999/aps.2014.41.2.111. Acesso em: 30 out. 2026.

BOCK, O. *et al*. Quality of life of patients with keloid and hypertrophic scarring. **Archives of Dermatological Research**, v. 297, p. 433-438, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00403-006-0651-7. Acesso em: 14 out. 2026.

CARBONI, R. M. *et al*. The effects of photobiomodulation using LED on the repair process of skin graft donor sites. **Lasers in Medical Science**, v. 37, n. 3, p. 1881-1890, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10103-021-03447-2. Acesso em: 30 out. 2026.

CHAVES, M. E. A. *et al*. Effects of low-power light therapy on wound healing: LASER x LED. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 89, n. 4, p. 616-623, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1590/abd1806-4841.20142519. Acesso em: 14 out. 2026.

DE MORTON, N. A. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials. **Australian Journal of Physiotherapy**, v. 55, n. 2, p. 129-133, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/s0004-9514(09)70043-1. Acesso em: 14 out. 2026.

FEARMONTI, R. *et al*. A review of scar scales and scar measuring devices. **Eplasty**, v. 10, p. e43, 2010. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2890387/. Acesso

em: 30 out. 2026.

GUIRRO, E.; GUIRRO, R. **Fisioterapia dermato-funcional**: fundamentos, recursos, patologias. 3. ed. São Paulo: Manole, 2004.

GURTNER, G. C. *et al*. Wound repair and regeneration. **Nature**, v. 453, n. 7193, p. 314-321, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1038/nature07039. Acesso em: 14 out. 2026.

HAMBLIN, M. R.; DEMIDOVA, T. N. Mechanisms of low level light therapy. **Proceedings of SPIE**, v. 6140, p. 614001, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1117/12.646294. Acesso em: 14 out. 2026.

HUANG, Y. Y. *et al*. Biphasic dose response in low level light therapy: an update. **Dose-Response**, v. 9, n. 4, p. 602-618, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.2203/dose-response.11-009.Hamblin. Acesso em: 30 out. 2026.

KARU, T. I. Mitochondrial signaling in mammalian cells activated by red and near-IR radiation. **Photochemistry and Photobiology**, v. 84, n. 5, p. 1091-1099, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2008.00394.x. Acesso em: 14 out. 2026.

KAZEMIKHOO, N. *et al*. Evaluation of the effects of low level laser therapy on the healing process after skin graft surgery in burned patients (a randomized clinical trial). **Journal of Lasers in Medical Sciences**, v. 9, n. 2, p. 139-143, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.15171/jlms.2018.26. Acesso em: 30 out. 2026.

KEMERICH, J. A. P. *et al*. Photobiomodulation associated with functional elastic bandaging promotes recovery from tissue necrosis in surgical wounds. **Lasers in Medical Science**, v. 40, n. 1, art. 185, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10103-025-04439-2. Acesso em: 30 out. 2026.

KRAFTS, K. P. Tissue repair: the hidden drama. **Organogenesis**, v. 6, n. 4, p. 225-233, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.4161/org.6.4.12555. Acesso em: 14 out. 2026.

MUSTOE, T. A. *et al*. International clinical recommendations on scar management. **Plastic and Reconstructive Surgery**, v. 110, n. 2, p. 560-571, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1097/00006534-200208000-00031. Acesso em: 14 out. 2026.

OGAWA, R. Keloid and hypertrophic scars are the result of chronic inflammation in the reticular dermis. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 3, art. 606, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijms18030606. Acesso em: 14 out. 2026.

PAGE, M. J. *et al*. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, art. n71, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1136/bmj.n71. Acesso em: 14 out. 2026.

RAMOS, R. M. *et al*. Photobiomodulation improved the first stages of wound healing process after abdominoplasty: an experimental, double-blinded, non-randomized clinical trial. **Aesthetic Plastic Surgery**, v. 43, n. 1, p. 147-154, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00266-018-1271-2. Acesso em: 30 out. 2026.

SANTOS, C. M. C.; PIMENTA, C. A. M.; NOBRE, M. R. C. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 15, n. 3, p. 508-511, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300023. Acesso em: 14 out. 2026.

STEHLÍK, J.; STREIT, L.; KOŠKOVÁ, O. Post-otoplasty keloid scars: treatment strategies

and case reports. **Acta Chirurgiae Plasticae**, v. 67, n. 4, p. 268-272, 2025. Disponível em: https://www.prolekare.cz/en/journals/acta-chirurgiae-plasticae/2025-4-24/post-otoplasty-keloid-scars-treatment-strategies-and-case-reports-143057. Acesso em: 30 out. 2026.

UD-DIN, S.; BAYAT, A. New insights on keloids, hypertrophic scars, and striae. **Dermatologic Clinics**, v. 32, n. 2, p. 193-209, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.det.2013.11.002. Acesso em: 30 out. 2026.

VAGHARDOOST, R. *et al*. Effect of low-level laser therapy on the healing process of donor site in patients with grade 3 burn ulcer after skin graft surgery (a randomized clinical trial). **Lasers in Medical Science**, v. 33, n. 3, p. 603-607, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10103-017-2430-4. Acesso em: 30 out. 2026.

VELNAR, T.; BAILEY, T.; SMRKOLJ, V. The wound healing process: an overview of the cellular and molecular mechanisms. **Journal of International Medical Research**, v. 37, n. 5, p. 1528-1542, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1177/147323000903700531. Acesso em: 30 out. 2026.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. **Journal of Advanced Nursing**, v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x. Acesso em: 14 out. 2026.

YE, H.; XIANG, Y. Clinical efficacy of 830 nm LED photobiomodulation therapy on postoperative blepharoplasty complications. **Aesthetic Plastic Surgery**, v. 49, n. 3, p. 655-663, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00266-024-04374-7. Acesso em: 30 out. 2026.