

Efeitos Terapêuticos do Laser de Baixa Intensidade (Lbi) Sobre os Fibroblastos.

Therapeutic Effects of Low Intensity Laser (Lbi) on Fibroblasts.

Giulia Palma Giamarino Marachini
<http://lattes.cnpq.br/5765685431950244>

Vanessa dos Santos Grandinétti
<http://lattes.cnpq.br/7832637696275599>

Resumo:

Intervenções terapêuticas com uso de laser de baixa intensidade (LBI) têm mostrado efeitos promissores na medicina regenerativa, principalmente nas afecções de pele. Quando a luz penetra nas células, provoca reações químicas que auxiliam na regeneração dos tecidos através da ativação das mitocôndrias dos fibroblastos, favorecendo a multiplicação celular e a produção de colágeno tipo I. Os parâmetros adequados são responsáveis pelo efeito terapêutico. O objetivo desse estudo foi investigar os efeitos terapêuticos do laser de baixa intensidade sobre os fibroblastos. Realizou-se uma busca sistemática nas bases de dados e após a triagem, foram incluídos os artigos que se enquadram nos critérios estabelecidos: estudos que investigaram intervenções terapêuticas utilizando laser de baixa intensidade (LBI), estudos que analisaram fibroblastos, estudos que mensuraram efeitos relacionados a proliferação de fibroblastos, produção de colágeno tipo I, regeneração tecidual ou cicatrização, estudos experimentais, laboratoriais ou clínicos que forneciam dados sobre os efeitos do LBI em células ou tecidos cutâneos, estudos que informaram comprimento de onda, dose de energia, tempo de aplicação e duração do tratamento, estudos publicados em português ou inglês e estudos com texto completo. Foram selecionados 10 artigos que atenderam os critérios de inclusão estabelecidos. Concluímos que a fotobiomodulação apresenta-se como uma estratégia terapêutica promissora no tratamento de diferentes tipos de afecções cutâneas, destacando-se pela proliferação de fibroblastos, aceleração do surgimento de tecido de granulação, estímulo à deposição de colágeno e melhora das propriedades mecânicas do tecido, especialmente na fase proliferativa da cicatrização.

Palavras-chave: Fotobiomodulação; Laser de baixa intensidade; Fibroblastos; Cicatrização; Colágeno.

Abstract:

Therapeutic interventions using low-level laser therapy (LLLT) have shown promising effects in regenerative medicine, particularly in skin conditions. When light penetrates the cells, it triggers chemical reactions that support tissue regeneration through the activation of fibroblast mitochondria, promoting cell proliferation and type I collagen production. Appropriate parameters are crucial for achieving therapeutic effects. The aim of this study was to investigate the therapeutic effects of low-level laser therapy on fibroblasts. A systematic search was conducted in scientific databases, and after screening, articles that met the established criteria were included: studies that investigated therapeutic interventions using low-level laser therapy (LLLT), studies that analyzed fibroblasts, studies that measured outcomes related to fibroblast proliferation, type I collagen production, tissue regeneration, or wound healing, experimental, laboratory, or clinical studies providing data on the effects of LLLT on cells or skin tissues, studies reporting wavelength, energy dose, application time, and treatment duration, studies published in Portuguese or English, and studies with full-text availability. Ten articles that met the inclusion criteria were selected. We conclude that photobiomodulation represents a promising therapeutic strategy in the treatment of different types of skin conditions, standing out for its ability to promote fibroblast proliferation, accelerate granulation tissue formation, stimulate collagen deposition, and improve the mechanical properties of the tissue, especially during the proliferative phase of wound healing.

Keywords: Photobiomodulation; Low-level laser therapy; Fibroblasts; Wound healing; Collagen.

Introdução

A cicatrização é um processo natural do nosso corpo, mas pode ser lento ou comprometido em algumas situações. Os fibroblastos, que são células do tecido conjuntivo, têm um papel essencial nesse processo. Eles produzem colágeno e outras proteínas que ajudam na formação de um novo tecido. Nos últimos anos, a tecnologia tem contribuído muito para melhorar a saúde, e o laser de baixa intensidade (também chamado de LLLT - Low-Level Laser Therapy) é uma dessas inovações (AMADIO *et al.*, 2020; GOMES *et al.*, 2017).

Estudos apontam que a LLLT (Low-Level Laser Therapy) estimula a proliferação celular e aumenta a expressão de colágeno tipo I, confirmando o seu efeito bioestimulador (FERREIRA *et al.*, 2022; FIORIO *et al.*, 2017). Esses resultados demonstram que a bioestimulação a laser promove reparação tecidual de forma significativa, podendo ser aplicada clinicamente para acelerar processos de cicatrização e regeneração (OCON *et al.*, 2019).

Em animais, observou-se que feridas tratadas com o laser cicatrizam mais rápido, com melhor organização das fibras de colágeno e menos inflamação (FIORIO *et al.*, 2017; GOMES *et al.*, 2017). Além disso, a formação do chamado tecido de granulação, fase importante da cicatrização, também é acelerada (FERREIRA *et al.*, 2022; OCON *et al.*, 2019).

O objetivo desse estudo foi investigar os efeitos terapêuticos do laser de baixa intensidade sobre os fibroblastos.

Dessa forma, torna-se relevante a realização de estudos que investiguem a eficácia da fotobiomodulação sobre fibroblastos, a fim de compreender seus mecanismos de ação e consolidar evidências quanto à sua aplicação clínica. A análise crítica da produção científica existente possibilita identificar potenciais benefícios, bem como limitações e lacunas de conhecimento, contribuindo para o avanço das práticas terapêuticas em medicina regenerativa e para o estabelecimento de protocolos mais seguros e eficazes.

Esse estudo caracteriza-se como uma revisão sistemática, com objetivo de investigar os efeitos terapêuticos do laser de baixa intensidade (LBI) sobre os fibroblastos e seu efeito terapêutico na cicatrização de lesões cutâneas.

A busca dos artigos foi realizada nas bases de dados científicas Pubmed e Scielo, utilizando os descritores “Fotobiomodulação”, “Laser de baixa intensidade”, “Fibroblastos”, “Cicatrização”, “Colágeno”.

Foram aplicados como critérios de inclusão: estudos que investigaram intervenções terapêuticas utilizando laser de baixa intensidade (LBI), estudos que analisaram fibroblastos, estudos que mensuraram efeitos relacionados a proliferação de fibroblastos, produção de colágeno tipo I, regeneração tecidual ou cicatrização, estudos experimentais, laboratoriais ou clínicos que forneciam dados sobre os efeitos do LBI em células ou tecidos cutâneos, estudos que

informaram comprimento de onda, dose de energia, tempo de aplicação e duração do tratamento, estudos publicados em português ou inglês e estudos disponíveis em texto completo.

Como critérios de exclusão, foram desconsiderados trabalhos que não apresentaram metodologia clara quanto ao uso do LBI, estudos duplicados, e editoriais.

A busca inicial resultou em 42 artigos. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, foram selecionados 10 artigos que atenderam aos critérios estabelecidos. A análise dos dados foi realizada de forma descritiva, considerando os efeitos do LBI na proliferação de fibroblastos, deposição de colágeno, formação de tecido de granulação e propriedades mecânicas do tecido durante a fase proliferativa da cicatrização.

Desenvolvimento

Efeitos celulares do laser de baixa intensidade (LBI)

Quando usamos lasers de baixa intensidade (LBI), a luz penetra nas células e provoca reações que favorecem a recuperação dos tecidos (OBSERVATÓRIO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM SAÚDE, 2021). Esse tipo de laser não provoca queimaduras, nem lesões, pois sua função é estimular, e não destruir (VENTURA *et al.*, 2020).

Nos fibroblastos, o laser de baixa intensidade pode ativar as mitocôndrias, responsáveis pela produção de energia, e influenciar sinais químicos que favorecem a multiplicação celular e a produção de colágeno (AMADIO *et al.*, 2020; GOMES *et al.*, 2017).

Parâmetros de aplicação

Para alcançar os efeitos terapêuticos desejados com a aplicação de fotobiomodulação, é necessário estabelecer os parâmetros adequados do equipamento de laser. Isso inclui o comprimento de onda (normalmente entre 600 e 850 nm), a quantidade de energia aplicada na pele (medida em J/cm²), o tempo de aplicação e o número de sessões realizadas (OBSERVATÓRIO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM SAÚDE, 2021; VENTURA *et al.*, (2020)). Se a dose for muito alta, pode ter efeito contrário; se for muito baixa, pode não surtir

efeito (AMADIO *et al.*, 2020; OCON *et al.*, 2019). Por isso, é importante seguir parâmetros bem definidos para garantir eficácia e segurança clínica (FERREIRA *et al.*, 2022).

Resultados esperados

Na prática clínica, o laser tem sido usado em diversos tipos de lacerações, desde pequenas lesões até feridas em pacientes diabéticos, pós-cirurgias ou queimaduras. Os resultados têm sido positivos, principalmente em pacientes com dificuldades de cicatrização. Por exemplo, em um estudo com ratos, foi observado que o uso do laser acelerou significativamente a regeneração de feridas térmicas, com maior deposição de colágeno e reorganização do tecido (FIORIO *et al.*, 2017; GOMES *et al.*, 2017). Outro exemplo clínico mostra o uso do laser em sessões fisioterapêuticas para o tratamento de úlceras crônicas, resultando em melhora do aspecto da pele e redução do tempo total de cicatrização (VENTURA *et al.*, 2020). Além disso, pesquisas apontam que o laser pode ser combinado com biomateriais ou outras técnicas para melhorar ainda mais os resultados, podendo ser aplicado futuramente em terapias personalizadas (AMADIO *et al.*, 2020; FERREIRA *et al.*, 2022; OCON *et al.*, 2019; OBSERVATÓRIO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM SAÚDE, 2021). O estudo de Amorim *et al.*, (2023) descreve a utilização da fotobiomodulação com LBI como auxiliar na cicatrização de feridas por seus efeitos biomodulares.

Resultados da revisão

Na análise dos estudos incluídos, observaram-se diferentes enfoques metodológicos e resultados relacionados à fotobiomodulação (FBM) e seu papel no processo de cicatrização. incluindo parâmetros utilizados, tipo de estudo, modelo experimental e principais achados.

O estudo de Ocon (2019) investigou os efeitos da fotobiomodulação em queimaduras de terceiro grau por meio de uma revisão sistemática. Dos 136 artigos analisados, 12 foram incluídos, e os achados indicaram eficácia da técnica tanto na cicatrização quanto na modulação inflamatória. Contudo, destacou-se a falta de uniformidade nos parâmetros de aplicação, o que dificulta a comparação entre os estudos e a tradução clínica dos resultados.

De forma complementar, Pereira *et al.* (2024) apresentaram uma revisão narrativa sobre a biofotônica, destacando sua utilização terapêutica em diferentes contextos. Foram identificadas aplicações no diagnóstico, no tratamento de câncer e na terapia a laser, ressaltando-se o caráter não invasivo e os benefícios clínicos da técnica. Ainda assim, os autores enfatizam a necessidade de mais investigações sobre mecanismos e riscos associados.

Em linha semelhante, Oliveira e Teixeira (2025) analisaram a eficácia da fotônica e da biofotônica na saúde estética de pacientes com lesões vesicobolhosas. Os resultados apontaram benefícios na cicatrização, reepitelização e redução de cicatrizes, além de vantagens no diagnóstico e monitoramento das lesões, indicando potencial de integração dessas técnicas ao tratamento clínico.

No campo da terapia fotodinâmica, Ferreira (2022) conduziu uma série de casos com pacientes portadores de pé diabético. A intervenção demonstrou melhora significativa nos parâmetros clínicos avaliados, como redução de tecido necrótico, exsudato e edema. Os autores concluíram que a PDT é eficaz, segura e viável para utilização no Sistema Único de Saúde (SUS), especialmente por seu baixo custo.

O ensaio clínico controlado conduzido por Ventura (2020) avaliou os efeitos da FBM na cicatrização de úlceras pós-amputações menores em pacientes com diabetes mellitus. Observou-se presença de tecido de granulação em 100% dos pacientes tratados com laser, contra ausência no grupo controle. Além disso, verificou-se que até 18 sessões a terapia apresenta maior eficácia, com queda progressiva do efeito após esse período, especialmente em pacientes com níveis glicêmicos elevados.

No estudo experimental de Amadio (2020) avaliou-se a ação da fotobiomodulação em ratos desnutridos. Os resultados mostraram redução da expressão de metaloproteinases (MMP-3 e MMP-9), maior deposição de colágeno tipos I e III e melhora das propriedades mecânicas do tecido, sobretudo na fase proliferativa da cicatrização. Apesar de mais limitada na fase de remodelamento, a terapia demonstrou potencial para mitigar os efeitos deletérios da desnutrição sobre o processo cicatricial.

Na comparação entre tratamentos, Gomes *et al.* (2017) analisaram os efeitos da sulfadiazina de prata (1%) e da fotobiomodulação em queimaduras de terceiro grau em ratos. Tanto a FBM quanto a sulfadiazina favoreceram a cicatrização e a organização do colágeno, embora a sulfadiazina tenha se mostrado mais eficiente na modulação das fibras colágenas. Observou-se ainda um possível efeito sistêmico do laser, refletido na ausência de tecido de granulação em lesões-controle.

Outro estudo de Gomes (2017) avaliou especificamente os efeitos do LBI em feridas cutâneas de ratos, confirmando aumento significativo na produção de tecido de granulação e proliferação celular. Os achados reforçam o potencial bioestimulador da técnica em modelos animais.

Em análise complementar, Ribeiro *et al.* (2004) investigaram a influência da polarização da luz laser visível polarizada de baixa intensidade em queimaduras cutâneas. Os resultados revelaram que a orientação paralela à coluna vertebral promoveu cicatrização mais rápida e organizada, com maior espessura epidérmica e vascularização, em comparação à orientação perpendicular. Esse achado destaca a importância de fatores físicos, como coerência e polarização, na eficácia da fotobiomodulação.

Por fim, Núñez *et al.* (2013) compararam protocolos de irradiação com laser vermelho (660 nm) em dose única e fracionada na cicatrização de queimaduras em ratos. Ambos os protocolos aceleraram a cicatrização, mas a dose única mostrou-se mais eficiente em estimular a resposta inflamatória inicial e favorecer a reparação tecidual. Os autores sugerem que esse protocolo pode ser mais viável na prática clínica por ser menos oneroso e de aplicação simplificada.

Considerações finais

Os resultados do presente estudo indicaram que a aplicação do laser de baixa intensidade (LBI) promoveu potencialização da função celular e da atividade proliferativa de fibroblastos, sugerindo um efeito bioestimulador significativo. Esse achado reforça a hipótese de que a fotobiomodulação pode atuar como moduladora do metabolismo celular, favorecendo processos de reparo tecidual.

Nossos resultados estão em conformidade com os de Chaudary *et al* (2020), que observaram maior taxa de proliferação de fibroblastos em culturas irradiadas com laser vermelho. De forma

semelhante, Cardenas-Sandoval e colaboradores (2024) relataram aumento na síntese de colágeno após a fotobiomodulação, o que pode explicar o potencial do laser no processo de cicatrização. Por outro lado, diferentemente de estudos como o de Phan *et al.* (2018), que não identificaram alterações significativas em parâmetros celulares, nossos achados sugerem que fatores como dose, comprimento de onda e tempo de aplicação são determinantes para a resposta celular.

Acredita-se que o efeito observado esteja relacionado à absorção da luz pelos cromóforos mitocondriais, especialmente o citocromo c oxidase, que resulta no aumento da produção de ATP e na modulação de espécies reativas de oxigênio. Esses mecanismos podem justificar tanto a elevação da atividade metabólica quanto a aceleração da síntese de matriz extracelular. Assim, nossos achados reforçam a importância do ajuste preciso dos parâmetros de irradiação para alcançar os efeitos terapêuticos desejados.

Entre as limitações do estudo, ressalta-se a ausência de comparações entre diferentes comprimentos de onda e protocolos de irradiação, o que poderia ampliar a compreensão sobre os mecanismos envolvidos. Além disso, ainda são necessários estudos adicionais que investiguem a fotobiomodulação em diferentes contextos clínicos e com variados tipos celulares associados ao processo de reparo tecidual.

Concluímos que a fotobiomodulação apresenta-se como uma estratégia terapêutica promissora no tratamento de diferentes tipos de afecções cutâneas, destacando-se pela proliferação de fibroblastos, aceleração do surgimento de tecido de granulação, estímulo à deposição de colágeno e melhora das propriedades mecânicas do tecido, especialmente na fase proliferativa da cicatrização.

Referências bibliográficas:

- AMADIO, Eliane Martins et al. Efeitos do laser de baixa potência em fibroblastos: uma revisão sistemática. *Revista de Ciências Médicas*, Campinas, v. 29, n. 1, p. 1-12, 2020.
- AMORIM, Fernanda Cláudia Miranda; ARISAWA, Emilia Ângela Loschiavo; SANT'ANNA, Luciana Barros; RODRIGUES, Ana Beatriz Mendes; COSTA, Davidson Ribeiro. Estudo pré-clínico de queimaduras experimentais tratadas com fotobiomodulação e membrana amniótica

- humana, isoladas e associadas. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, Ribeirão Preto, v. 31, e3727, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1518-8345.5552.3727>
- CARDENAS-SANDOVAL, R. P.; BERNAL-BERNAL, L. D.; CABRERA-SALAZAR, S.; GÓMEZ-RAMÍREZ, D. M.; GONZÁLEZ-BALLESTEROS, L. M.; HOOKER-MENDOZA, K. M.; OSPINA-PIEDRAHÍTA, L. N.; HERNÁNDEZ-CHARRY, C. X.; ARDILA-ROJAS, G.; VELÁSQUEZ-DURÁN, A. M.; CUCARIÁN-HURTADO, J. D.; ONDO-MÉNDEZ, A. O.; BARBOSA-SANTIBÁÑEZ, J.; CARVAJAL-CALDERÓN, L. L.; NAVARRETE-JIMÉNEZ, M. L. In-vitro study on type I collagen synthesis in low-level laser therapy on the early ligament fibroblasts' healing process. *Lasers in Medical Science*, v. 39, n. 1, p. 225–233, 2024. DOI: 10.1007/s10103-024-04151-7. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-024-04151-7>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- CHAUDARY, Sidrah; KARNER, Lisa; WEIDINGER, Adelheid; MEIXNER, Barbara; RIEGER, Stefan; METZGER, Magdalena; ZIPPERLE, Johannes; DUNGEL, Peter. In vitro effects of 635 nm photobiomodulation under hypoxia/reoxygenation culture conditions. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 209, p. 111935, 2020. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2020.111935. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342413688_In_vitro_effects_of_635_nm_photobio_modulation_under_hypoxiareoxygenation_culture_conditions. Acesso em: 20 jun. 2025.
- FERREIRA, Rita de Cássia et al. Estudo dos efeitos do laser de baixa intensidade na cicatrização de feridas. *Revista Brasileira de Terapias*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 33-39, 2022.
- FIORIO, Fernanda Tavares et al. Avaliação da eficácia do laser de baixa intensidade na cicatrização de feridas induzidas em ratos. *Revista de Ciências Biomédicas*, Porto Alegre, v. 35, n. 1, p. 15-22, 2017.
- GOMES, Carlos de Lima et al. Influência da fotobiomodulação na proliferação de fibroblastos e formação de colágeno. *Revista de Biotecnologia Aplicada*, Belo Horizonte, v. 23, n. 3, p. 98-105, 2017.
- NÚÑEZ, S. C.; FRANÇA, C. M.; SILVA, D. F. T.; NOGUEIRA, G. E. C.; PRATES, R. A.; RIBEIRO, M. S. The influence of red laser irradiation timeline on burn healing in rats. *Lasers in Medical Science*, v. 28, n. 2, p. 633–641, 2013. DOI: 10.1007/s10103-012-1105-4. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-012-1105-4>. Acesso em: 15 jun. 2025.
- OCON, Carlos Alberto et al. Efeitos da bioestimulação a laser na regeneração tecidual: revisão da literatura. *Caderno de Pesquisas em Ciências da Saúde*, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 22-31, 2019.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM SAÚDE (ONTS). *Relatório técnico sobre a utilização de laser de baixa intensidade na prática clínica*. Brasília: ONTS, 2021.

OLIVEIRA, D. B.; TEIXEIRA, J. M. Estudo da eficácia da fotônica e biofotônica na saúde estética de pacientes com lesões cutâneas vesicobolhosas. *Caderno Pedagógico*, v. 22, n. 1, p. e13527, 2025. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/13527>. Acesso em: 15 jun. 2025.

PEREIRA, S. M.; REIS, E. B. B.; SANTOS, P. C. F.; SULINO, L.; FOGOLIM, M. V. Biofotônica e seu uso terapêutico: uma revisão narrativa. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, v. 22, n. 4, 2024. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/4140>. Acesso em: 15 jun. 2025.

PHAN, M.-H.; NGUYEN-THI, B.-P.; DINH, V.-H.; NGUYEN, T.-H.; PHAM-THI, N.-N.; NGUYEN, H.-H.; LE, T.-S. Avaliação da efetividade da laserterapia de baixa potência na proliferação de fibroblastos isolados de feridas crônicas em humanos in vitro. *Journal of Advanced Biotechnology and Experimental Therapeutics*, v. 7, n. 2, p. 290–302, 2024. DOI: 10.5455/jabet.2024.d24. Disponível em: <https://www.bmijab.org/jabet/178-1702904050-evaluation-of-the-effectiveness-of-low-level-laser-therapy-on-proliferation-of-fibroblasts-isolated-from-chronic-wounds-in-human-in-vitro>. Acesso em: 01 ago. 2025.

RIBEIRO, M. S.; SILVA, D. F. T.; ARAÚJO, C. E. N.; OLIVEIRA, S. F.; PELEGRINI, C. M. R.; ZORN, T. M. T.; ZEZELL, D. M. Effects of low-intensity polarized visible laser radiation on skin burns: a light microscopy study. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, v. 22, n. 1, p. 59–66, 2004. DOI: 10.1089/104454704773660994. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/8588776_Effects_of_Low-Intensity_Polarized_Visible_Laser_Radiation_on_Skin_Burns_A_Light_Microscopy_Study. Acesso em: 15 jun. 2025.

VENTURA, Mônica Ribeiro et al. Aplicações clínicas da biofotônica a laser na fisioterapia dermatofuncional. *Revista Fisiociência*, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 45-51, 2020.