
Fotobiomodulação e dor crônica em lesões diabéticas - uma nova perspectiva para o cuidado integrado

Isabella Cristina Severina *, Nathália Lorena Rocha Freire * e Marina Morato Stival Lima **

A dor crônica associada às feridas em pacientes com diabetes mellitus representa um desafio clínico relevante, com impacto negativo significativo na qualidade de vida, limitando a mobilidade e aumentando o risco de complicações como infecções e amputações. A hiperglicemia persistente favorece a ocorrência de microangiopatia, neuropatia e inflamação tecidual - fatores que retardam a cicatrização e perpetuam a dor neuropática e inflamatória. No entanto, os tratamentos analgésicos tradicionais, cuidados de higiene, desbridamento e curativos nem sempre alcançam alívio suficiente ou promovem reparo adequado¹.

Diante desse cenário, a terapia a laser de baixa intensidade (LLLT), também conhecida como fotobiomodulação (PBM), surge como uma alternativa promissora. Isso por atuar simultaneamente na dor, regeneração tecidual e inflamação, integrando aspectos metabólicos e neurológicos. Ela consiste em uma modalidade terapêutica baseada na aplicação de luz não ionizante, utilizando fontes como lasers de diferentes potências, diodos emissores de luz (LEDs) e luzes de espectro amplo e até luzes policromáticas. Essa técnica opera nas faixas visível e infravermelha, desde que emitam comprimentos de onda específicos capazes de produzir efeitos terapêuticos sem provocar danos térmicos^{1,2}.

A PBM é aplicada diretamente sobre a pele – seja íntegra, ou áreas lesionadas ou ainda por via intravascular (ILIB) – e atua por meio da interação da luz com fotorreceptores celulares, especialmente a citocromo c oxidase (CcO) mitocondrial. Isso acaba promovendo aumento da síntese de ATP, modulação do óxido nítrico (NO) e das espécies reativas de oxigênio (ROS) em níveis fisiológicos^{2,3}. Esses eventos estimulam a angiogênese, a proliferação celular e a síntese de colágeno, além de aumentar a atividade antioxidante^{4,5}.

Adicionalmente, a PBM reduz mediadores inflamatórios importantes (como TNF- α , IL-1 β e COX-2) e aumenta a expressão de citocinas anti-inflamatórias (como IL-10) e analgésicas^{6,7}. Esses mecanismos convergem para a restauração do metabolismo celular, controle da inflamação e alívio da dor, explicando os efeitos terapêuticos já observados e relatados. As diferentes aplicações da fotobiomodulação já foram discutidas em edições anteriores do Boletim Dor Online, incluindo temas como 'Tratamento com laser acupuntura para dor em pacientes com osteoartrite' (2021)⁸ e 'Laser intravascular (ILIB) – uma terapia auxiliar no controle da dor' (2022)⁹, o que reforça a relevância crescente dessa abordagem tecnológica. Entretanto, a abordagem voltada para o uso específico em lesões diabéticas e o controle da dor ainda não foi contemplada, uma área que merece atenção pela complexidade clínica e pelo impacto na qualidade de vida dos pacientes.

Em feridas diabéticas crônicas, o processo regenerativo costuma estar bloqueado na fase inflamatória, com produção elevada de citocinas pró-

inflamatórias, estresse oxidativo e proliferação ineficiente de fibroblastos e queratinócitos. Estudos recentes demonstram que a PBM, com comprimentos de onda vermelhos e infravermelhos, modula essas vias, reduz o estresse oxidativo, regula mediadores inflamatórios, aumenta fatores de crescimento e restabelece o equilíbrio redox¹⁰. Đorđević et al. (2025)¹¹ evidenciaram que a LLLT acelera a cicatrização de úlceras em mucosa oral de ratos diabéticos, com efeitos bioquímicos positivos fundamentais para o alívio da dor, uma vez que a inflamação persistente e o acúmulo de radicais livres sensibilizam os nociceptores.

Ensaio clínico recente tem mostrado que a PBM não apenas acelera a redução da área de úlceras, como também promove alívio da dor. Um estudo clínico randomizado com 80 pacientes mostrou que a PBM de 904 nm, com densidade de energia de 10 J/cm², foi mais eficaz na promoção da cura completa de úlceras no pé diabético após 10 semanas, além de apresentar maior redução da área de lesão – embora o alívio da dor não fosse o desfecho primário¹². Outro estudo, focado especificamente na dor neuropática em pacientes com diabetes mellitus tipo 2, demonstrou que a PBM de 632,8 nm aplicada sobre superfícies dorsais e plantares por 10 dias reduziu significativamente escores de dor neuropática, melhorou sensibilidade, biomarcadores neurais e qualidade de vida¹³. Uma revisão sistemática sobre neuropatia periférica diabética confirmou que a PBM apresenta evidências de melhora da dor neuropática e função nervosa, bem como redução da pressão plantar – um fator de risco importante para o surgimento de novas feridas¹⁴.

Segundo Perrier et al. (2024)¹⁰, estudos clínicos e pré-clínicos indicam que a PBM promove efeitos analgésicos significativos, com redução de 2 a 5 pontos na escala visual analógica (VAS), além de estimular processos biológicos como angiogênese, proliferação de fibroblastos e aumento da densidade de colágeno, favorecendo a cicatrização tecidual. Esses benefícios são particularmente relevantes para pacientes diabéticos, que frequentemente enfrentam dificuldades na regeneração de tecidos e dor persistente.

A PBM aplicada ao tratamento de feridas diabéticas é uma inovação que vem sendo pesquisada e desenvolvida a alguns anos na Universidade de Brasília (UnB). Atualmente, no âmbito do Programa da Pós-graduação em Engenharia Biomédica da UnB, o método RAPHA© combina um dispositivo emissor de luz LED vermelha de baixa intensidade, com efeito anti-inflamatório e analgésico, à biomembrana de látex, que apresenta propriedades antibacterianas e indutoras de neoformação tecidual. Essa tecnologia atua de forma integrada nas fases do reparo celular: modulando células inflamatórias e estimulando fatores de crescimento, promovendo angiogênese e deposição de colágeno, e reorganizando fibras e vasos sanguíneos na fase de remodelação. Com sessões diárias de 35 minutos, o protocolo tem demonstrado resultados superiores ao tratamento convencional, acelerando a cicatrização de úlceras do pé diabético, configurando-se como uma solução inovadora e eficaz para regeneração tecidual e conseqüentemente, para o controle analgésico. O método RAPHA© está em

processo de aprovação pelos órgãos reguladores como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias no SUS (CONITEC), para futura aplicação no Sistema Único de Saúde^{15,16}.

No entanto, o uso da PBM ainda enfrenta desafios importantes, como a ausência de padronização dos parâmetros de aplicação — incluindo comprimento de onda, fluência, tempo de exposição e frequência das sessões — o que dificulta a replicação dos resultados e a definição de protocolos clínicos eficazes.

Embora os efeitos positivos no alívio da dor e na cicatrização de lesões diabéticas sejam bem documentados, o impacto da PBM na qualidade de vida dos diabéticos também se mostra promissor, ainda que pouco investigado de forma sistemática em pesquisas clínicas^{10,17,18}. Portanto, apesar do potencial terapêutico, são necessários ensaios clínicos mais robustos e padronizados para consolidar a PBM como uma ferramenta complementar segura e eficaz no manejo da dor e das feridas em pacientes diabéticos.

Apesar dos desafios inerentes ao manejo das feridas crônicas em pacientes com diabetes mellitus, a PBM desponta como uma alternativa valiosa, especialmente quando utilizada como adjuvante ao tratamento convencional. Seus efeitos sobre dor, inflamação e regeneração tecidual indicam um potencial significativo para melhorar desfechos clínicos e qualidade de vida. No entanto, para que essa abordagem seja incorporada de forma ampla e segura na prática clínica, é imprescindível a realização de mais pesquisas que permitam otimizar protocolos, definir parâmetros ideais e garantir sua integração como uma opção acessível, eficaz e baseada em evidências.

Referências:

1. Hadebe L, Houreld NN. Therapeutic Potential of Photobiomodulation in Diabetic Complications. *Discov Med.* 2024, Oct; 36(189): 1987-1997.
2. Hamblin MR. Mechanisms and mitochondrial targets of photobiomodulation therapy. *Photochem Photobiol Sci.* 2022; 21(4): 565–578.
3. Almeida AP, Frigero M, Serra AJ, Machado CDSM, Portes LA, Tucci PJF, et al. Photobiomodulation enhances SOD activity and reduces oxidative markers in diabetic wounds. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2023; 41: 103400.
4. Dinçel GC, Yıldız M, Yıldız N, Yıldız DK, Yıldız A, Yıldız S, et al. Effects of photobiomodulation therapy on oxidative stress and antioxidant capacity in diabetic wound healing. *Lasers Med Sci.* 2022;37(8):3621–3631.
5. Karu TI, Ivanova TM, Kalinina NI, Petrov VA, Sokolova TV, Sergeeva EA, et al. Low-level laser therapy restores redox balance by reducing OSI and enhancing antioxidant response. *Free Radic Res.* 2024;58:219–229.

6. Chen L, Zhang Y, Wang J, Li X, Zhao H, Liu Q, et al. Anti-inflammatory and analgesic effects of low-level laser therapy in chronic wounds: modulation of cytokine signaling. *Lasers Med Sci.* 2023;39(2):411–420.
7. de Freitas LF, Hamblin MR. Photobiomodulation and pain relief: mechanisms and clinical perspectives. *Pain Manag.* 2021;11(5):475–489.
8. Vieira LCS, Bolonheis VSP. Tratamento com laser acupuntura para dor em pacientes com osteoartrite. *Dol: Dor Online*, n. 256, Nov. 2021. Disponível em: <http://www.dol.inf.br/Html/EditoriaisAnteriores/Editorial256.pdf>. Acesso em 19 setembro de 2025.
9. Silva CF, Porto MJ. Laser intravascular (ILIB) - uma terapia auxiliar no controle da dor. *Dol: Dor Online*, n. 263, Jun. 2022. Disponível em: <http://www.dol.inf.br/Html/EditoriaisAnteriores/Editorial263.pdf>. Acesso em 19 setembro de 2025.
10. Perrier Q, Moro C, Lablanche S. Diabetes in spotlight: current knowledge and perspectives of photobiomodulation utilization. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2024 Mar 19; 15: 1303638.
11. Đorđević NS, Dragojević IM, Ilić AN, Stojanović NM, Todić JT, Puhalo Sladoje D, et al. Effects of low-level laser therapy on oral mucosal wound healing and systemic oxidative stress in diabetic rats: an in vivo experimental study. *Medicina*. 2025; 61(9): 1651.
12. Saura Cardoso V, de Souza Lima da Silveira PR, dos Santos CM, Miranda MB, Silva Barros AC, Veloso LC, et al. Dose-response and efficacy of 904 nm photobiomodulation on diabetic foot ulcers healing: a randomized controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2024; 39(1): 142.
13. Anju M, Ummer Velladath S, Arun Maiya G, Hande M. A single blinded randomized controlled trial assessing the effect of photobiomodulation therapy on neuron specific biomarkers in type II diabetes mellitus patients with peripheral neuropathy. *Diabetes Res Clin Pract.* 2025; 222: 112087.
14. Korada HY, Arora E, Maiya GA, Rao S, Hande M, Shetty S, et al. Effectiveness of photobiomodulation therapy on neuropathic pain, nerve conduction and plantar pressure distribution in diabetic peripheral neuropathy – a systematic review. *Curr Diabetes Rev.* 2023;19(9): e290422204244.
15. Vieira V. Projeto Rapha acelera cura para o pé diabético [Internet]. UnB Ciência; 2017. Available from: <https://www.unbciencia.unb.br/exatas/68-engenharia-eletronica/539-projeto-rapha-acelera-cura-para-o-pe-diabetico>
16. Tavares V, Magalhães R. Desenvolvimento de dispositivo para fotobiomodulação no tratamento de úlceras do pé diabético [Internet]. Brasília: Universidade de Brasília; 2021. Available from: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/32521/1/2021_VictorTavares_RafaelMagalhaes_tcc.pdf
17. Leal MVS, Lima MO, Nicolau RA, Carvallho TMT, Abreu JAC, Pessoa DR, Arisawa EÂL. Effect of modified laser transcutaneous irradiation on pain and

quality of life in patients with diabetic neuropathy. Photobiomodulation Photomed Laser Surg. 2020;38(1):43–50.

18. Rastogi A, Uppala P, Saikia U, Bhansali A. Effect of monochromatic infrared energy on quality of life and intraepidermal nerve fiber density in painful diabetic neuropathy: a randomized, sham control study. Photomed Laser Surg. 2021;69(5):1331–1337.

* Alunas de pós-graduação da Faculdade de Ciências e Tecnologias em Saúde da UnB - Campus de Ceilândia;

** Docente da Faculdade de Ciências e Tecnologias em Saúde da UnB - Campus de Ceilândia;