



CENTRO UNIVERSITÁRIO VALE DO SALGADO
BACHARELADO EM FISIOTERAPIA

WERBERT GOMES FELIX

TRATAMENTOS FOTOTERÁPICOS PARA ÚLCERAS EM PÉ DIABÉTICO:
Revisão Integrativa

ICÓ-CE
2025

WERBERT GOMES FELIX

TRATAMENTOS FOTOTERÁPICOS PARA ÚLCERAS EM PÉ DIABÉTICO:

Revisão Integrativa

Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Fisioterapia do Centro Universitário Vale do Salgado, como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Fisioterapia.

Orientadora: Prof(a) Esp. Wanderleia Sannya David Alencar.

ICÓ-CE

2025

WERBERT GOMES FELIX

TRATAMENTOS FOTOTERÁPICOS PARA ÚLCERAS EM PÉ DIABÉTICO:

Revisão Integrativa

Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Fisioterapia do Centro Universitário Vale do Salgado, como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Fisioterapia.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Esp, Wanderleia Sanny

Centro Universitário Vale do Salgado

Orientadora

Prof. Me. Carolina Gonçalves Pinheiro

1º Examinador

Prof. Esp. Dyego Francisco Bezerra

2º Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, pela força, sabedoria, coragem, determinação e pela sua presença constante durante todo o processo, sem a sua proteção eu não teria chegado até aqui.

Aos meus pais, Geovano e Ronilva, deixo minha mais sincera gratidão por todo o amor, dedicação e incentivo ao longo de minha trajetória. Foram vocês que me ensinaram o valor do esforço, da honestidade e da perseverança, princípios que me sustentaram em cada etapa desta caminhada. Agradeço por sempre acreditarem em mim, mesmo nos momentos mais difíceis, e por serem meu alicerce e minha maior fonte de inspiração. Este trabalho é também fruto do exemplo, do apoio e do amor incondicional que sempre me ofereceram.

Ao meu irmão, Wermeson, que sempre vibra por mim em cada conquista e acreditou no meu sonho. A minha família, meus tios, primos. A minha vó Socorro (*in memoriam*), que partiu durante o processo, antes de realizar esse sonho comigo, seus ensinamentos, palavras de carinho e motivação me impulsionam todos os dias. Aos meus avós, Pedro e Josefa, expresso minha mais profunda gratidão por todo o amor, cuidado e dedicação que sempre tiveram comigo. Desde a infância, foram exemplos de força, sabedoria e generosidade, oferecendo-me não apenas cuidado, mas também valores que levarei por toda a vida. Agradeço por cada gesto, palavra e ensinamento que contribuíram para que eu chegasse até aqui.

A minhas sobrinhas, Byanka e Giovana, pela ternura, compreensão e apoio durante esta trajetória acadêmica.

A minha excelente orientadora, Wanderleia Sannya, pela paciência, dedicação, compreensão, orientação e por todos os esforços para me auxiliar na construção desse trabalho, através dos seus ensinamentos e motivação pude estar concluindo este trabalho de maneira leve e tranquila.

Ao meu grupo G1, Sidielle, Maria Júlia, Andréia, Mikelly e Mariana e o G2, Angelina, Letícia, Leiliany e Samuel, que tornaram o processo mais leve e os dias intensos mais felizes. A minha liga LADERMO, onde adquiri conhecimentos e tive a oportunidade de coloca-los em prática, bem como as boas amigas que está me proporcionou.

Aos meus professores pela transmissão de conhecimentos, ensinamentos e contribuições que levarei para a vida profissional e pessoal.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa trajetória.

Dedico este trabalho aos meus pais, Geovano e Ronilva. Por serem meu alicerce, minha maior fonte de inspiração e por acreditarem incansavelmente em mim.

*"Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos".
(Provérbios 16:3)*

RESUMO

FELIX, W. G. **TRATAMENTOS FOTOTERÁPICOS PARA ÚLCERAS EM PÉ DIABÉTICO : REVISÃO INTEGRATIVA**. 2025. 43 folhas. Monografia (Graduação em Fisioterapia) – Centro Universitário Vale do Salgado , Icó-CE, 2025.

O pé diabético é uma complicação crônica e severa do Diabetes Mellitus, cujas úlceras (UPD) apresentam difícil cicatrização e alto risco de amputação. A fototerapia surge como uma alternativa promissora para otimizar o reparo tecidual. **Objetivo:** Evidenciar os tratamentos fototerapêuticos utilizados no manejo de úlceras em pé diabético e a evidência científica de sua eficácia. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, baseada no protocolo de Mendes, Silveira e Galvão (2008), realizada nas bases de dados PUBMED, MEDLINE e LILACS, com recorte temporal de 2017 a 2025. Utilizaram-se os descritores "phototherapy", "treatment" e "diabetic ulcers". **Resultados:** A amostra final constituiu-se de 5 artigos focados em modalidades de Fototerapia (Laser de Baixa Intensidade, Fotobiomodulação, Terapia Fotodinâmica e Luz Polarizada). Os estudos demonstraram que as fototerapias foram estatisticamente superiores aos grupos controle na aceleração da cicatrização, aumento do tecido de granulação, redução da carga microbiana e, em alguns casos, retorno da sensibilidade. **Conclusão:** As evidências indicam que as modalidades de fototerapia (Laser e LED) são tratamentos adjuvantes eficazes e seguros, que otimizam o reparo tecidual, reduzindo o tempo de tratamento e o risco de complicações.

Palavras-chave: Úlcera do Pé Diabético; Fototerapia; Laserterapia; Cicatrização.

ABSTRACT

FELIX, W. G. **PHOTOTHERAPEUTIC TREATMENTS FOR DIABETIC FOOT ULCERS: AN INTEGRATIVE REVIEW**. 2025. 43 pages. Undergraduate Thesis (Bachelor's Degree in Physiotherapy) – Vale do Salgado University Center, Icó-CE, 2025.

Diabetic foot is a chronic and severe complication of Diabetes Mellitus, whose ulcers (DFUs) present difficult healing and a high risk of amputation. Phototherapy emerges as a promising alternative to optimize tissue repair. **Objective:** To highlight the phototherapeutic treatments used in the management of diabetic foot ulcers and the scientific evidence of their effectiveness. **Methodology:** This is an integrative literature review, based on the protocol by Mendes, Silveira and Galvão (2008), conducted in the PUBMED, MEDLINE, and LILACS databases, covering the period from 2017 to 2025. The descriptors "phototherapy", "treatment", and "diabetic ulcers" were used. **Results:** The final sample consisted of 5 articles focused on Phototherapy modalities (Low-Level Laser Therapy, Photobiomodulation, Photodynamic Therapy, and Polarized Light). The studies showed that phototherapies were statistically superior to control groups in accelerating healing, increasing granulation tissue, reducing microbial load, and, in some cases, restoring sensitivity. **Conclusion:** Evidence indicates that phototherapy modalities (Laser and LED) are effective and safe adjuvant treatments that optimize tissue repair, reducing treatment time and the risk of complications.

Keywords: Diabetic Foot Ulcer; Phototherapy; Laser Therapy; Wound Healing.

LISTA DE SIGLAS E/OU ABREVIATURAS

ADM	Amplitude de Movimento
AF	Alta Frequência
APA	American Psychological Association
APS	Atenção Primária à Saúde
ATP	Adenosina Trifosfato
CAD	Controle de Aplicação Domiciliar
CID	Classificação Internacional de Doenças
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO₂	Dióxido de Carbono
DAE	Doença Arterial Envolvente
DM	Diabetes Mellitus
DM1	Diabetes Mellitus Tipo 1
DM2	Diabetes Mellitus Tipo 2
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DeCS	Descritores em Ciências da Saúde
EBE	Enfermagem Baseada em Evidências
ESF	Estratégia Saúde da Família
FES	Estimulação Elétrica Funcional (<i>Functional Electrical Stimulation</i>)
FNP	Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva
HBA1C	Hemoglobina Glicada
IDF	Federação Internacional de Diabetes (<i>International Diabetes Federation</i>)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IR	Infravermelho
J/cm²	Joule por centímetro quadrado (unidade de densidade de energia)
LED	Diodo Emissor de Luz (<i>Light Emitting Diode</i>)
LLLT	Terapia a Laser de Baixa Intensidade (<i>Low-Level Laser Therapy</i>)
MEDLINE	<i>Medical Literature Analysis and Retrieval System Online</i>

MHz	Megahertz
nm	Nanômetro
NPH	Neutral Protamine Hagedorn (Insulina NPH)
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PBM	Fotobiomodulação (<i>Photobiomodulation</i>)
PDT	Terapia Fotodinâmica (<i>Photodynamic Therapy</i>)
PICO	<i>Patient, Intervention, Comparison, Outcome</i> (Modelo de elegibilidade para estudos)
PUBMED	<i>Public Medical Database</i>
SBACV	Sociedade Brasileira de Angiologia e Cirurgia Vascular
SUS	Sistema Único de Saúde
TENS	Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (<i>Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation</i>)
UPD	Úlcera do Pé Diabético
UV	Ultravioleta
VAS	Escala Visual Analógica (<i>Visual Analog Scale</i>)
WHO	<i>World Health Organization</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2.OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL.....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3.REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 DIABETES	15
3.1.1 Diabetes Tipo 1.....	15
3.1.2 Diabetes Tipo 2.....	16
3.2 PÉ DIABÉTICO	17
3.3 CICATRIZAÇÃO	19
3.3.1 Cicatrização 1º intenção	20
3.3.2 Cicatrização 2º intenção	20
3.4 TRATAMENTOS FOTOTERÁPICOS	21
3.4.1 Laser	22
3.4.2 Light Emitting Diode (LED).....	23
4.METODOLOGIA.....	24
4.1 TIPO DE ESTUDO	24
4.2 ESTRATÉGIAS DE BUSCA DOS ARTIGOS	24
4.3 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE.....	24
4.4 SELEÇÃO DOS ESTUDOS E EXTRAÇÃO DE DADOS	25
4.5 AVALIAÇÃO DE DADOS	26
4.6 ANÁLISE DOS DADOS	27
4.7 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1 DISCUSSÃO DO PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO DAS AMOSTRAS.....	29
5.2 DISCUSSÃO DOS PARÂMETROS FOTOTERÁPICOS UTILIZADOS	30
5.3 DISCUSSÃO DOS EFEITOS ENCONTRADOS APÓS O TRATAMENTO.....	32
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

A diabetes é uma doença crônica que afeta mais de 422 milhões de pessoas em todo o mundo, de acordo com a Organização Mundial da Saúde. A condição é caracterizada por altos níveis de glicose no sangue, que podem causar uma série de complicações em longo prazo. Uma das complicações mais graves é a formação de úlceras nos pés, uma condição conhecida como pé diabético (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2020).

O pé diabético é uma condição complexa que pode envolver uma combinação de neuropatia (danos nos nervos), doença arterial periférica e infecção. As úlceras do pé diabético são feridas ou aberturas que ocorrem na pele dos pés de pessoas com diabetes. Se não tratadas, essas úlceras podem levar a infecções graves e, em casos extremos, à amputação do pé ou da perna (Armstrong; Bus, 2017).

O tratamento de úlceras no pé diabético é um desafio para os profissionais de saúde. Muitas vezes, essas úlceras são resistentes aos tratamentos convencionais, o que pode levar a um longo processo de cicatrização e a um alto risco de recorrência. Além disso, o tratamento de úlceras no pé diabético pode ser caro, colocando um fardo financeiro significativo sobre os pacientes e os sistemas de saúde (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2020).

Neste contexto, a fototerapia surge como uma alternativa promissora para o tratamento de úlceras no pé diabético. A fototerapia é uma modalidade de tratamento que utiliza a luz para promover a cicatrização de feridas. A luz, especialmente a luz laser de baixa intensidade, tem sido usada para estimular a cicatrização de feridas através de seus efeitos bioestimulantes (Kaviani *et al.*, 2011).

Finalmente, é importante notar que, embora a fototerapia possa ser uma ferramenta valiosa no tratamento de úlceras no pé diabético, ela não deve ser vista como uma solução única. O tratamento eficaz do pé diabético requer uma abordagem multifacetada que inclui o controle adequado da glicose no sangue, o cuidado adequado dos pés e, em alguns casos, a intervenção cirúrgica (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2020).

Diante deste contexto surgiu a seguinte questão norteadora: Quais são os tratamentos fototerapêuticos atualmente utilizados no manejo de úlceras em pé diabético, e qual a evidência científica disponível que respalda sua eficácia e segurança?

O pé diabético é uma complicação grave e frequente do diabetes mellitus, caracterizada por úlceras de difícil cicatrização que podem levar a complicações graves, como amputações e infecções sistêmicas. Diante desse cenário, o estudo se justifica pela busca por alternativas terapêuticas eficazes e seguras. Os tratamentos fototerapêuticos, que envolvem a

aplicação de diferentes formas de luz e fototerapia, têm despertado interesse crescente devido ao seu potencial em acelerar o processo de cicatrização de úlceras em pé diabético.

Os tratamentos fototerapêuticos representam uma perspectiva promissora, mas é essencial compreender sua eficácia e segurança para melhorar os resultados clínicos e a qualidade de vida dos pacientes. Assim, a relevância se dá para os profissionais de saúde, para entender e aplicar tratamentos eficazes para úlceras em pés diabéticos, e para o meio social, pois a eficácia desses tratamentos tem um grande impacto, podendo melhorar a qualidade de vida dos pacientes e reduzir os custos de saúde, eles ainda são um tópico de pesquisa importante, o que contribui para o conhecimento acadêmico e fornece uma base para futuras pesquisas.

2.OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- Evidenciar os tratamentos fototerápicos para úlceras no pé diabético.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Traçar um perfil sociodemográfico das amostras encontradas nos estudos analisados;
- Descrever os recursos fototerápicos e seus parâmetros utilizados (comprimento de onda e dosimetria);
- Descrever os efeitos fisiológicos e clínicos evidenciados após a aplicação da fototerapia.

3.REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 DIABETES

O Diabetes é uma doença crônica que ocorre quando o corpo não consegue produzir insulina ou não consegue utilizá-la de forma eficiente. A insulina é um hormônio que regula a glicose no sangue. A falta ou ineficiência da insulina causa um acúmulo de glicose no sangue, o que pode levar a sérias complicações de saúde (Muzy, *et al.*, 2021).

Existem dois tipos principais de diabetes: Tipo 1 e Tipo 2. O Diabetes Tipo 1 é uma doença autoimune em que o sistema imunológico ataca as células do pâncreas que produzem insulina. O Diabetes Tipo 2 é a forma mais comum da doença e ocorre quando o corpo se torna resistente à insulina ou quando o pâncreas para de produzir insulina suficiente (Rigalleau, *et al.*, 2021).

A prevenção e o controle do diabetes são fundamentais para evitar complicações. Isso inclui uma alimentação saudável, atividade física regular, controle do peso corporal e, para algumas pessoas, medicamentos (Araújo; Magalhães; Ferreira, 2023.).

A American Diabetes Association publicou várias diretrizes para o cuidado e tratamento do diabetes. Estas diretrizes abordam uma variedade de tópicos, incluindo a melhoria do cuidado e promoção da saúde em populações, a classificação e diagnóstico do diabetes, a prevenção ou atraso do Diabetes Tipo 2, a avaliação médica abrangente e avaliação de comorbidades, facilitando a mudança de comportamento e bem-estar para melhorar os resultados de saúde, entre outros. (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2020).

3.1.1 Diabetes Tipo 1

O diabetes tipo 1 é uma doença autoimune em que o sistema imunológico ataca e destrói as células beta do pâncreas, responsáveis pela produção de insulina. Esse tipo de diabetes é geralmente diagnosticado em crianças e adultos jovens, embora possa ocorrer em qualquer idade. A falta de insulina resultante desregula os níveis de glicose no sangue, levando a sintomas como aumento da sede, micção frequente, fadiga e perda de peso não intencional. Sem tratamento adequado, o diabetes tipo 1 pode levar a complicações graves, incluindo danos aos órgãos, problemas cardiovasculares e até mesmo coma (Ferreira *et al.*, 2020).

O tratamento primário para o diabetes tipo 1 é a administração de insulina, que pode ser feita por injeções ou através de uma bomba de insulina. Além disso, uma dieta balanceada e controle rigoroso dos níveis de glicose no sangue são fundamentais para o manejo eficaz da doença. Os pacientes também são encorajados a praticar exercícios regularmente, o que pode ajudar a melhorar a sensibilidade à insulina e manter os níveis de glicose sob controle (De Figueiredo, *et al.*, 2021).

Embora o diabetes tipo 1 não possa ser prevenido, os avanços na pesquisa estão continuamente melhorando as opções de tratamento e a qualidade de vida dos pacientes. Ter um entendimento aprofundado da fisiopatologia e do manejo clínico dessa condição é crucial para garantir resultados positivos em longo prazo (De Freitas; Hirata, 2021).

Além disso, é importante considerar o impacto psicossocial do diabetes tipo 1, já que os pacientes podem enfrentar desafios emocionais significativos ao lidar com uma condição crônica que requer cuidados diários e monitoramento constante. Portanto, uma abordagem holística e multidisciplinar no tratamento do diabetes tipo 1 é essencial para atender às necessidades físicas, emocionais e sociais dos pacientes (Ferreira; Da Silva; Santos, 2023).

A pesquisa contínua no campo do diabetes tipo 1 visa não apenas aprimorar as opções de tratamento, mas também a entender melhor os mecanismos subjacentes à doença, identificar biomarcadores para diagnóstico precoce e desenvolver estratégias para prevenir ou retardar sua progressão. Além disso, programas educacionais e de apoio são essenciais para capacitar os pacientes a gerenciar sua condição de forma eficaz e melhorar sua qualidade de vida (Casarin, *et al.*, 2022).

Em suma, o diabetes tipo 1 é uma condição complexa que requer uma abordagem abrangente e multidisciplinar para seu manejo adequado. Ao fornecer suporte emocional, educacional e médico contínuo, é possível ajudar os pacientes a enfrentar os desafios associados à doença e a viver uma vida plena e saudável.

3.1.2 Diabetes Tipo 2

O diabetes tipo 2 é uma condição crônica em que o corpo não produz insulina suficiente ou não consegue usar a insulina de forma eficaz. Isso leva a um aumento dos níveis de glicose no sangue, o que pode causar uma série de complicações de saúde se não for controlado adequadamente. Este tipo de diabetes é mais comum em adultos, embora também possa ocorrer em crianças e adolescentes, especialmente em casos de obesidade ou estilo de vida sedentário (Da Silva, *et al.*, 2020).

Fatores de risco importantes para o diabetes tipo 2 incluem excesso de peso corporal, falta de atividade física, dieta pouco saudável, histórico familiar da doença e idade avançada. A obesidade, em particular, está fortemente associada ao desenvolvimento do diabetes tipo 2, pois o excesso de gordura corporal pode interferir na capacidade das células de responderem à insulina (Lima, 2020).

O tratamento do diabetes tipo 2 geralmente envolve uma combinação de mudanças no estilo de vida, como dieta saudável, exercícios físicos regulares e perda de peso, além de medicamentos, quando necessário. Em alguns casos, a insulina também pode ser prescrita. O objetivo do tratamento é controlar os níveis de glicose no sangue e prevenir complicações relacionadas ao diabetes, como problemas cardíacos, renais, oculares e neurológicos (Alves; Rodrigues, 2023).

É importante destacar que o diabetes tipo 2 é em grande parte uma doença prevenível e controlável. Estratégias de prevenção, como manter um peso saudável, adotar uma dieta equilibrada, praticar exercícios regularmente e monitorar os níveis de glicose no sangue, são fundamentais para reduzir o risco de desenvolver a doença. Além disso, programas de conscientização e educação são essenciais para aumentar a compreensão pública sobre os fatores de risco e promover hábitos de vida saudáveis (Da Silva, *et al.*, 2020).

3.2 PÉ DIABÉTICO

O pé diabético é uma complicação crônica do diabetes mellitus que afeta significativamente a qualidade de vida dos pacientes e representa um desafio clínico para os profissionais de saúde. De acordo com a literatura vigente, o pé diabético é caracterizado por uma combinação de neuropatia periférica, doença vascular periférica e suscetibilidade a infecções, o que pode levar a úlceras, necrose tecidual e, em casos graves, amputações (Ribeiro, *et al.*, 2021).

A fisiopatologia do pé diabético é complexa e multifatorial, sendo sustentada pela tríade: neuropatia, doença arterial periférica e deformidades biomecânicas. A hiperglicemia crônica desencadeia o estresse oxidativo e o acúmulo de Produtos Finais de Glicação Avançada (AGEs), resultando em danos aos nervos periféricos.

Na neuropatia sensitiva, ocorre a perda da sensação protetora (dor e temperatura), impedindo que o paciente perceba traumas. Já a neuropatia motora provoca a atrofia da musculatura intrínseca do pé, levando a deformidades como dedos em garra, que alteram a biomecânica da marcha e criam pontos de pressão plantar excessiva. Simultaneamente, a

neuropatia autonômica reduz a sudorese (anidrose), causando ressecamento e fissuras na pele que servem de porta de entrada para infecções bacterianas (Brasileiro, *et al.*, 2019).

É essencial que os pacientes com diabetes sejam educados sobre a prevenção do pé diabético, incluindo a inspeção diária dos pés, o uso de calçados adequados e a manutenção de níveis adequados de glicose no sangue. Além disso, o controle rigoroso da glicemia e o manejo de fatores de risco, como hipertensão e dislipidemia, são fundamentais para reduzir o risco de complicações (Vieira; Santana, 2023).

O tratamento do pé diabético geralmente envolve uma abordagem multidisciplinar, que pode incluir cuidados com feridas, antibioticoterapia, desbridamento cirúrgico e, em casos avançados, amputação. É essencial uma avaliação regular dos pés por parte de profissionais de saúde qualificados para identificar precocemente quaisquer sinais de lesão ou infecção (Burihan; Campos Júnior, 2020).

Além disso, estratégias de prevenção secundária, como o uso de palmilhas ortopédicas e o controle da pressão arterial, são importantes para reduzir o risco de recorrência de úlceras e complicações adicionais. O envolvimento ativo do paciente em seu próprio cuidado, juntamente com o apoio de uma equipe de saúde coordenada, é essencial para o manejo bem-sucedido do pé diabético (Medeiros, 2021).

Medeiros, (2021), complementam também que embora os avanços na compreensão e no tratamento do pé diabético tenham melhorado significativamente os resultados para muitos pacientes, a prevenção continua sendo a pedra angular do cuidado. A conscientização sobre os riscos, a educação sobre autocuidado e a vigilância contínua são cruciais para mitigar as complicações debilitantes associadas a esta condição. Em suma, o pé diabético representa um desafio complexo que requer uma abordagem integrada e holística para garantir melhores resultados para os pacientes.

O pé diabético não é apenas uma preocupação clínica, mas também tem implicações significativas nos sistemas de saúde e na qualidade de vida dos pacientes. Com o aumento global da prevalência do diabetes mellitus, estima-se que o número de casos de pé diabético continue a crescer, sobrecarregando os recursos médicos e aumentando os custos associados ao tratamento. Além disso, as consequências psicossociais do pé diabético, como a incapacidade de realizar atividades cotidianas e o medo de amputações, podem levar a um impacto emocional profundo nos pacientes e em suas famílias (Vieira; Santana, 2023).

Portanto, é fundamental que políticas de saúde pública se concentrem na prevenção e no manejo eficaz do pé diabético, incluindo programas de educação para pacientes, acesso facilitado a cuidados especializados e medidas para promover estilos de vida saudáveis. A

integração de serviços de podologia, enfermagem, cirurgia vascular e endocrinologia em equipes multidisciplinares pode melhorar a coordenação do cuidado e os resultados para os pacientes com pé diabético (Plais, *et al.*, 2023).

3.3 CICATRIZAÇÃO

Para promover a cicatrização em pacientes com pé diabético, é fundamental manter os níveis de glicose no sangue sob controle rigoroso. A hiperglicemia crônica pode prejudicar a função imunológica e retardar a cicatrização das feridas. Portanto, o controle da glicose é essencial para aperfeiçoar a resposta do corpo à cicatrização. Isso pode ser alcançado através de dieta adequada, exercícios físicos regulares e, se necessário, medicação prescrita pelo médico. (Da Silva, *et al.*, 2019).

Além do controle glicêmico, os cuidados com os pés desempenham um papel crucial na prevenção e na cicatrização das úlceras em pé diabético. Os pacientes devem examinar diariamente os pés em busca de qualquer sinal de lesão, como bolhas, cortes ou vermelhidão. Manter os pés limpos e secos é essencial para prevenir infecções, enquanto o uso de calçados confortáveis e apropriados pode reduzir o risco de ferimentos (Carneiro; Silva, 2021).

Quando uma ferida ou úlcera se desenvolve, é importante agir rapidamente para promover a cicatrização e prevenir complicações graves. A limpeza cuidadosa da ferida com água morna e sabão neutro pode ajudar a remover detritos e bactérias, reduzindo o risco de infecção. Dependendo da gravidade da ferida, o médico pode recomendar o uso de cremes ou pomadas antibióticas para prevenir ou tratar infecções (Firmino; Oliveira, 2022).

Assim, é essencial proteger a ferida com curativos apropriados para promover a cicatrização ideal. Os curativos devem ser trocados regularmente para manter a ferida limpa e protegida. Em alguns casos, o médico pode recomendar o uso de técnicas avançadas de curativos, como curativos de hidrogel ou terapia de pressão negativa, para acelerar o processo de cicatrização (Fernandes, 2022).

Em casos mais graves de úlceras em pé diabéticos, pode ser necessário recorrer a intervenções médicas mais avançadas, como desbridamento cirúrgico, que remove tecido morto ou infectado para promover a cicatrização. Em casos de infecção grave, podem ser prescritos antibióticos orais ou intravenosos para combater as bactérias e prevenir complicações sistêmicas. Além do tratamento médico, é essencial que os pacientes com pé diabético recebam apoio e educação contínuos sobre a importância dos cuidados com os pés e do controle glicêmico. Isso pode incluir sessões de aconselhamento com profissionais de

saúde especializados em diabetes e cuidados com os pés, bem como recursos educacionais (Carneiro; Silva, 2021).

3.3.1 Cicatrização 1º intenção

Cicatrização por primeira intenção é o processo de cura de uma ferida que ocorre quando as bordas da lesão estão próximas umas das outras e são capazes de se unir diretamente. Esse tipo de cicatrização é típico em feridas cirúrgicas ou incisões bem fechadas, onde há pouca perda de tecido e o risco de infecção é baixo. O processo de cicatrização por primeira intenção ocorre em várias etapas bem definidas (Dos Santos, et al., 2021).

Inicialmente, logo após a lesão, ocorre a formação de um coágulo sanguíneo na área afetada para controlar o sangramento. Em seguida, ocorre a inflamação, que é uma resposta natural do corpo para remover detritos e bactérias da ferida. Durante essa fase, os glóbulos brancos, células sanguíneas responsáveis pela defesa do organismo contra infecções, migram para a área afetada para combater qualquer invasor estranho. Conforme a inflamação diminui, a fase proliferativa tem início, as células chamadas fibroblastos começam a produzir colágeno, uma proteína que dá estrutura e resistência ao tecido cicatricial, e, os vasos sanguíneos se regeneram para fornecer oxigênio e nutrientes essenciais para a região da ferida (Burihan; Campos Júnior, 2020).

E por último, ocorre a fase de maturação ou remodelação, na qual o tecido cicatricial é gradualmente remodelado e fortalecido. Durante essa fase, o excesso de colágeno é gradualmente removido e a cicatriz se torna mais semelhante ao tecido circundante, embora possa levar vários meses ou até anos para que a cicatriz atinja sua força máxima (Cabral, et al., 2022).

Os autores Cabral, *et al.*, (2022) enfatizam ainda que é importante notar que, embora a cicatrização por primeira intenção resulte em cicatrizes mais finas e menos visíveis em comparação com a cicatrização por segunda intenção, o processo pode ser afetado por vários fatores, como idade, estado nutricional, presença de doenças crônicas, e até mesmo a técnica cirúrgica utilizada. Portanto, o cuidado adequado da ferida durante o processo de cicatrização e o acompanhamento médico é fundamental para garantir uma recuperação ideal.

3.3.2 Cicatrização 2º intenção

A cicatrização por segunda intenção é um processo mais complexo do que a cicatrização por primeira intenção e ocorre quando há uma perda significativa de tecido ou

quando as bordas da ferida não podem ser aproximadas adequadamente. Isso pode ocorrer em casos de feridas traumáticas profundas, úlceras crônicas ou feridas cirúrgicas que foram deixadas abertas para curar de dentro para fora (Matos; Cruz, 2020).

Ao contrário da cicatrização por primeira intenção, onde as bordas da ferida se aproximam e se unem diretamente, na cicatrização por segunda intenção, a ferida é preenchida com tecido de granulação, uma combinação de fibrina, colágeno e células inflamatórias. Esse tecido de granulação cresce a partir do fundo da ferida em direção à superfície, preenchendo gradualmente o espaço vazio. O seu processo envolve várias etapas semelhantes à cicatrização por primeira intenção, incluindo a formação inicial de coágulos sanguíneos para controlar o sangramento e a fase inflamatória, na qual os glóbulos brancos migram para a área da ferida para combater infecções (Burihan; Campos Júnior, 2020).

No entanto, devido à extensão da lesão e à presença de um espaço vazio a ser preenchida, a fase proliferativa é mais prolongada na cicatrização por segunda intenção. Durante essa fase, os fibroblastos continuam a produzir colágeno e outras proteínas estruturais para fortalecer o tecido de granulação. À medida que o tecido de granulação preenche a ferida, ocorre a contração da ferida, na qual as bordas da ferida são puxadas em direção ao centro, reduzindo assim o tamanho da abertura. Essa contração é mediada por miofibroblastos, células especializadas que são capazes de se contrair como células musculares (Duarte, *et al.*, 2018).

Finalmente, ocorre a fase de maturação, na qual o tecido de granulação é gradualmente substituído por tecido cicatricial mais maduro e a cicatriz se torna mais estável, porém, devido à extensão da ferida e ao processo de cicatrização mais complexo as cicatrizes resultantes da cicatrização por segunda intenção tendem a ser mais proeminentes e visíveis do que as cicatrizes resultantes da cicatrização por primeira intenção (Anselmo, *et al.*, 2016).

3.4 TRATAMENTOS FOTOTERÁPICOS

Os tratamentos fototerápicos envolvem o uso de técnicas que utilizam a energia luminosa para promover a recuperação de lesões musculoesqueléticas, reduzir a dor e melhorar a função física. Essas terapias são frequentemente utilizadas em diversas condições, desde lesões esportivas até condições crônicas, e podem ser aplicadas em diferentes estágios do processo de reabilitação (Melotti, *et al.*, 2020).

A fototerapia envolve o uso de luz para estimular processos biológicos no corpo. A terapia com laser de baixa intensidade (LLLT) é uma forma comum de fototerapia usada na fisioterapia para acelerar a cicatrização de feridas, reduzir a inflamação e aliviar a dor. A luz emitida é absorvida pelas células do corpo, estimulando a produção de energia celular e promovendo a regeneração dos tecidos (Care, 2018).

Care (2018) vê o quão importante é que o uso dessas técnicas seja realizado por um fisioterapeuta qualificado e com conhecimento em fototerapia. Cada modalidade terapêutica tem suas indicações específicas e pode ser aplicada de forma personalizada de acordo com as necessidades individuais do paciente e a natureza da lesão ou condição. Além disso, é essencial garantir a segurança do paciente durante o tratamento e monitorar de perto os efeitos terapêuticos para ajustar o plano de tratamento conforme necessário.

3.4.1 Laser

Para o tratamento de úlceras em pé diabético, geralmente são utilizados lasers de baixa intensidade, também conhecidos como laser de baixa potência ou laser de baixa energia. Estes tipos de laser são usados para promover a cicatrização de feridas, reduzir a inflamação e aliviar a dor, sem causar danos significativos aos tecidos (Lins, *et al.*, 2010).

A terapia com laser de baixa intensidade (LLLT), também conhecida como laserterapia, é uma técnica amplamente utilizada na fisioterapia e em outras áreas da medicina para promover a cicatrização de feridas, reduzir a inflamação e aliviar a dor. Este tipo de terapia utiliza luz laser de baixa potência para irradiar tecidos do corpo (Andrade; Clark; Ferreira, 2014).

Dentro da categoria de laser de baixa intensidade, os tipos mais comuns utilizados no tratamento de úlceras em pé diabético incluem ainda os lasers de diodo de baixa intensidade, que emitem luz em comprimentos de onda na faixa do vermelho ou infravermelho próximo. Eles são frequentemente utilizados em tratamentos de feridas, incluindo úlceras em pé diabéticas, devido à sua capacidade de estimular a cicatrização e melhorar a circulação sanguínea na área afetada (Dos Santos, *et al.*, 2021).

Assim, Dos Santos, *et al.* (2021), complementam que o laser de hélio-neônio emite luz vermelha e é frequentemente utilizado em terapias de baixa potência para promover a cicatrização de feridas e aliviar a dor. Embora não seja tão comum quanto outras formas de laser de baixa intensidade, o laser de hélio-neônio ainda pode ser uma opção eficaz no tratamento de úlceras em pé diabético.

Lins, *et al.*, (2010) contemplam que cada tipo de laser pode variar em termos de potência, comprimento de onda e outras características, e o tipo específico de laser escolhido dependerá das necessidades individuais do paciente e da avaliação do profissional de saúde. É importante ressaltar que o uso de qualquer tipo de laser no tratamento de úlceras em pé diabético deve ser realizado por profissionais treinados e qualificados, e como parte de um plano de tratamento.

3.4.2 Light Emitting Diode (LED)

O tratamento fisioterapêutico utilizando a luz LED (Light Emitting Diode) tem sido objeto de crescente interesse devido aos seus potenciais benefícios terapêuticos em diversas condições clínicas. A base teórica desse método se fundamenta na fotobiomodulação, um processo no qual a luz de baixa intensidade é absorvida por cromóforos nas células, desencadeando uma série de eventos bioquímicos que podem resultar em efeitos analgésicos, anti-inflamatórios e regenerativos.

A luz LED, por sua capacidade de penetrar nos tecidos biológicos com precisão e sem gerar calor excessivo, oferece uma abordagem segura e não invasiva para estimular processos de reparo tecidual, melhorar a circulação local e reduzir a dor, sendo amplamente utilizada em áreas como ortopedia, reabilitação esportiva e neurologia (Costa, *et al.*, 2017).

Além disso, o embasamento teórico do tratamento fisioterapêutico com LED também se apoia na teoria das emissões quantizadas de luz, que postula que diferentes comprimentos de onda de luz podem desencadear respostas específicas nas células, resultando em efeitos terapêuticos distintos. A seleção adequada do comprimento de onda e da dose de energia luminosa é essencial para otimizar os resultados clínicos, levando em consideração características como o tipo de tecido a ser tratado, a profundidade de penetração necessária e a fase do processo de cicatrização.

Com uma compreensão aprofundada desses princípios teóricos, os fisioterapeutas podem personalizar os protocolos de tratamento com LED para atender às necessidades individuais de cada paciente, promovendo assim uma abordagem terapêutica eficaz e baseada em evidências (Henkes, *et al.*, 2015).

4.METODOLOGIA

4.1 TIPO DE ESTUDO

Tratou-se de uma Revisão Integrativa da Literatura, um método específico que resume a literatura empírica ou teórica a fim de fornecer uma compreensão mais ampla. Esse método de pesquisa objetiva traçar uma análise sobre o conhecimento já construído em pesquisas anteriores.

Para o desenvolvimento desta revisão, foram seguidas as seis etapas do protocolo de Revisão Integrativa proposto por Mendes, Silveira e Galvão (2008), que incluem:

1. Identificação do tema e formulação da questão norteadora;
2. Estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão de estudos/amostragem;
3. Definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados;
4. Avaliação dos estudos incluídos;
5. Interpretação dos resultados;
6. Apresentação da revisão e síntese do conhecimento.

4.2 ESTRATÉGIAS DE BUSCA DOS ARTIGOS

As buscas pela pesquisa foram executadas pelas bases de dados eletrônicas PUBMED (*National Center for Biotechnology Information*), MEDLINE (*Medical Literature Analysis and Retrieval System Online*) e LILACS (*Latin American and Caribbean Health Sciences Literature*), realizadas entre agosto e outubro de 2025.

Os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) utilizados para a busca nas bases eletrônicas foram: “*phototherapy*”, “*treatment*” e “*diabetic ulcers*”, utilizando o operador booleano *AND*.

4.3 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Foram considerados para a análise os artigos originais sobre diabetes mellitus, sendo incluídos ensaios clínicos, textos completos, disponíveis na íntegra pelo meio online. O recorte temporal definido foi de 2017 a 2025.

Os critérios de elegibilidade dos estudos ocorreram por meio dos critérios de PICO e estão detalhados na tabela 1.

TABELA 01- Estratégia PICO			
ACRÔNIMO	DEFINIÇÃO	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO
P	Paciente	Pacientes com úlceras no pé diabético	Estudos cujos participantes tenham outra patologia que não seja relacionada ao pé diabético
I	Intervenção	Utilização da fototerapia (Laser e LED) no tratamento das úlceras do pé diabético.	Estudos que tragam outro tipo de tratamento, como tratamentos medicamentosos e de uso tópico.
C	Comparação	Grupo Controle ou Placebo (quando aplicável).	Não aplicável
O	Desfecho	Redução dos agravamentos com o tratamento fisioterapêutico	

Fonte: Dados de pesquisa,2025.

Para refinar a seleção e atender ao objetivo do estudo, foram estabelecidos os seguintes critérios de exclusão detalhados:

- Estudos que não fossem artigos originais (excluindo-se revisões de literatura narrativas, sistemáticas ou integrativas, editoriais, resumos simples, cartas ao editor, teses e dissertações);
- Estudos duplicados nas bases de dados (sendo contabilizados apenas uma vez para a triagem);
- Estudos cujo foco principal não fosse o tratamento fototerápico em úlceras de pé diabético;
- Pesquisas realizadas com modelos animais (*in vivo*) ou estudos laboratoriais (*in vitro*), mantendo o foco estritamente clínico;
- Artigos que não estavam disponíveis na íntegra para análise ou que, após a leitura do título e resumo, não respondiam à questão norteadora.

4.4 SELEÇÃO DOS ESTUDOS E EXTRAÇÃO DE DADOS

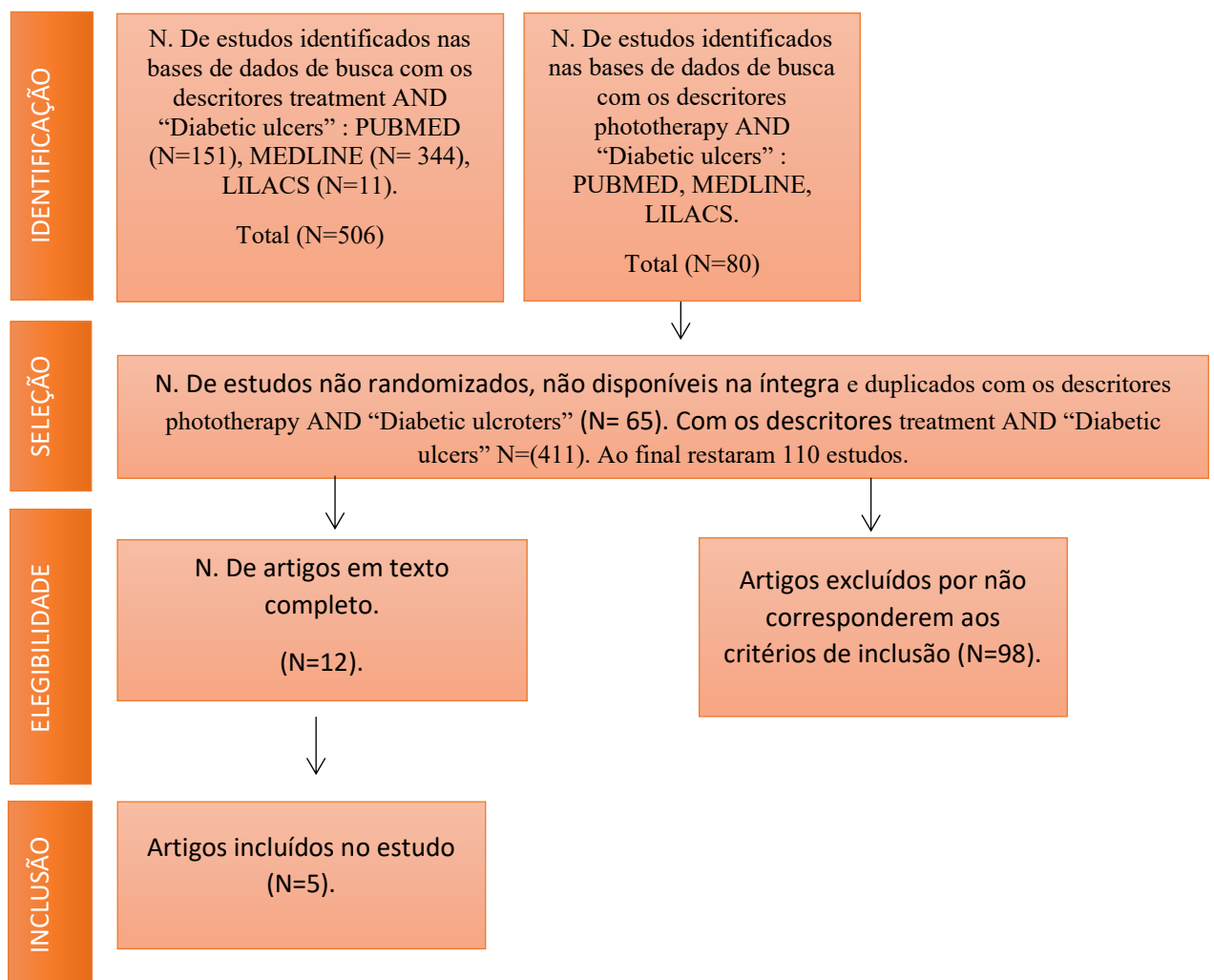
A seleção dos artigos foi conduzida de maneira sistemática nas bases de dados eletrônicas PUBMED, MEDLINE e LILACS, seguindo rigorosamente os critérios de elegibilidade preestabelecidos.

A busca com os descritores identificou inicialmente 80 artigos específicos sobre fototerapia. Na etapa de triagem, procedeu-se à leitura de títulos e resumos. Foram excluídos nesta fase estudos duplicados e aqueles que não se adequavam ao tema (como estudos em

animais ou revisões). Após a leitura na íntegra dos artigos restantes, foram excluídos estudos que não detalhavam a dosimetria utilizada ou que associavam terapias onde não era possível isolar o efeito da luz. Ao final do processo de seleção, 5 artigos foram considerados elegíveis e compuseram a amostra final desta revisão integrativa.

O percurso metodológico detalhado de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão está ilustrado no fluxograma a seguir (Figura 01).

Figura 01- FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE SELEÇÃO DE DADOS



Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

4.5 AVALIAÇÃO DE DADOS

Esta fase correspondeu à análise dos dados de uma pesquisa convencional, tendo como emprego de ferramentas adequadas. Sendo assim, para garantir a validade dessa revisão, os estudos foram selecionados e analisados minuciosamente.

A análise foi executada de forma criteriosa, buscando resultados diferenciados em vários estudos. Na coleta dos dados foram observados pontos necessários nos artigos científicos como: identificação (título, autores, ano, número de publicação), objetivos, método (tipo de estudo, local e técnica para a coleta de dados) e conseqüentemente os resultados obtidos..

4.6 ANÁLISE DOS DADOS

Para a análise dos dados, foram criadas tabelas detalhadas com os artigos selecionados, utilizando o Microsoft Office Word. As informações extraídas incluíram: título, autor, ano de publicação, tipo do estudo, área de tratamento, parâmetros utilizados e conclusão.

A análise foi feita de forma descritiva e os estudos selecionados foram discutidos comparativamente com a literatura vigente, buscando identificar padrões de eficácia e protocolos utilizados.

4.7 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta etapa foi realizada a elaboração do documento e a descrição das etapas com os principais resultados evidenciados da análise dos artigos incluídos. Os resultados consistiram em formato de tabelas tendo a finalidade de oferecer ao leitor uma visão abrangente sobre os resultados e conclusões dos estudos.

Posteriormente foi realizada uma análise crítica-reflexiva dos estudos selecionados e as informações extraídas foram apresentadas e contextualizadas com a literatura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção dedica-se a apresentar e discutir os dados obtidos na revisão integrativa. Conforme definido nos objetivos deste estudo, a análise concentrou-se nos tratamentos fototerápicos (Laser e LED) aplicados a úlceras de pé diabético.

A amostra final foi composta por 5 ensaios clínicos, cujos dados foram extraídos e organizados nas Tabelas 02, 03 e 04. A discussão a seguir interpreta esses achados à luz da literatura científica, abordando o perfil dos participantes, os parâmetros dosimétricos utilizados e os efeitos terapêuticos evidenciados.

Tabela 02. Perfil sociodemográfico

Título do estudo, autores e ano	Sexo	Idade
A Study on the Macroscopic Morphometry of the Lesion Area on Diabetic Ulcers in Humans Treated with Photodynamic Therapy Using Two Methods of Measurement (Carrinho, P. M., et al.,2018)	7 mulheres e 5 homens	Média de 70 anos
Treatment of diabetic foot ulcers in a frail population with severe co-morbidities using at-home photobiomodulation laser therapy: a double-blind, randomized, sham-controlled pilot clinical study (Haze, A., et al.,2022)	13 homens e 7 mulheres	Média 63 anos
Effect of Polarized Light Therapy (Bioptron) on Wound Healing and Microbiota in Diabetic Foot Ulcer: A Randomized Controlled Trial (Taha, M. M., et al.,2022)	22 homens e 18 mulheres	Faixa de 50 a 70 anos
Low-level laser therapy as an adjunct to conventional therapy in the treatment of diabetic foot ulcers (Mathur, R. K., et al.,2017)	20 homens e 10 mulheres (Total: 30)	Média de 49 anos (Grupo Controle) e 54 anos (Grupo Laser)
Effects of Low-Power Light Therapy on the Tissue Repair Process of Chronic Wounds in Diabetic Feet (de Alencar Fonseca Santos, J., et al.,2018).	Não especificado o sexo (Total: 18 pacientes)	Faixa de 30 a 59 anos; Médias de 48,33 \pm 12,09 (Controle) e 53,11 \pm 8,85 (Laser) 5

Fonte: Dados de pesquisa, 2025.

5.1 DISCUSSÃO DO PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO DAS AMOSTRAS

A Tabela 02 delinea o perfil sociodemográfico dos participantes. Observa-se que a população afetada por úlceras do pé diabético (UPD) nos estudos selecionados é composta predominantemente por indivíduos de meia-idade a idosos. A média de idade situou-se consistentemente acima dos 50 anos, chegando a 70 anos no estudo de Carrinho et al. (2018) .

Estes achados corroboram amplamente a literatura epidemiológica. O envelhecimento é um fator de risco estabelecido para o diabetes tipo 2 e suas complicações, devido ao tempo de exposição à hiperglicemia e à progressão da neuropatia e vasculopatia. Além da idade avançada, o estudo de Haze et al. (2022) destaca que essa população apresenta "comorbidades graves" e fragilidade, o que torna o processo de cicatrização fisiológico mais lento e desafiador.

Em relação ao sexo, houve uma predominância masculina na maioria dos estudos, como observado em Taha et al. (2022) e Haze et al. (2022) . Esse dado alinha-se às diretrizes da Sociedade Brasileira de Angiologia e de Cirurgia Vasculuar, que indicam maior prevalência de complicações graves e amputações em homens, frequentemente associadas a um menor autocuidado e maior exposição a traumas nos pés.

Tabela 03. Modalidade Fototerapêutica.

Título do estudo	Tipo de corrente utilizada	Parâmetros	Quantidade de sessões
A Study on the Macroscopic Morphometry of the Lesion Area on Diabetic Ulcers in Humans Treated with Photodynamic Therapy Using Two Methods of Measurement(Carrinho, P. M., et al., 2018)	Terapia fotodinâmica (PDT) com laser 660nm.	Corante Azul de Metileno (0,01%) + Laser (660 nm, 30 mW, 8 seg, 6 J/cm ²)	10 sessões (três vezes por semana)
Treatment of diabetic foot ulcers in a frail population with severe co-morbidities using at-home photobiomodulation laser therapy: a double-blind, randomized, sham-controlled pilot clinical study (Haze, A.,	Fotobiomodulação (PBM) / Laser Ga-Al-As	Laser infravermelho próximo pulsado (808 nm). 250 mW (pico), 8,8 J/cm ² . 8 minutos por área.	Diariamente (exceto sábados) por até 12 semanas

et al., 2022)			
Effect of Polarized Light Therapy (Bioptron) on Wound Healing and Microbiota in Diabetic Foot Ulcer: A Randomized Controlled Trial (Taha, M. M., et al., 2022)	Terapia de luz polarizada (Bioptron)	Comprimento de onda: 480-3400 nm. Densidade de potência: 40 mW/cm ² . Densidade de energia: 2,4 J/cm ² por minuto.	12 minutos por sessão, três vezes por semana, durante 8 semanas (Total 24 sessões)
Low-level laser therapy as an adjunct to conventional therapy in the treatment of diabetic foot ulcers" (Mathur, R. K., et al., 2017)	Terapia a laser de baixa intensidade (LLLT)	660±20 nm, 3 J/cm ²	(tratamento aplicado por 2 semanas)
Effects of Low-Power Light Therapy on the Tissue Repair Process of Chronic Wounds in Diabetic Feet (de Alencar Fonseca Santos, J., et al., 2018)	Terapia a laser de baixa intensidade (LLLT)	660 nm, 30 mW, modo contínuo, dosagem de 6 J/cm ²	A cada 48h por 4 semanas (Total 16 sessões)

Fonte: Dados de pesquisa, 2025.

5.2 DISCUSSÃO DOS PARÂMETROS FOTOTERÁPICOS UTILIZADOS

A análise da Tabela 03 revela que, embora todos os estudos tenham alcançado resultados positivos, houve uma heterogeneidade significativa na escolha dos parâmetros, refletindo a diversidade de protocolos descrita na literatura.

No que tange ao comprimento de onda, observou-se uma divergência fundamentada nas propriedades físicas da luz. Mathur et al. (2017) e Alencar Fonseca Santos et al. (2018) optaram pelo uso do laser vermelho (660 nm). Essa escolha corrobora o que Lins et al. (2010) descrevem em seus estudos, afirmando que lasers de baixa potência nessa faixa espectral são ideais para promover a cicatrização de feridas superficiais e reduzir a inflamação local.

Em contrapartida, Haze et al. (2022) utilizaram laser infravermelho (808 nm), buscando uma penetração tecidual mais profunda. Essa abordagem é sustentada por Dos Santos et al. (2021), que destacam que os lasers de diodo infravermelho são frequentemente indicados para melhorar a circulação sanguínea em camadas mais profundas e estimular a cicatrização em tecidos onde a vascularização está comprometida, como no pé diabético.

Além da distinção entre vermelho e infravermelho, Taha et al. (2022) utilizaram a Luz Polarizada com um espectro amplo. Essa variação de técnicas confirma a observação de

Tchanque-Fossuo et al. (2016), de que a literatura apresenta uma vasta gama de parâmetros eficazes, não havendo ainda um único consenso fechado, mas sim múltiplas opções terapêuticas válidas.

Quanto à dosimetria, a "janela terapêutica" encontrada variou entre 3 J/cm² (Mathur et al., 2017) e 8,8 J/cm² (Haze et al., 2022). Esse intervalo está de acordo com os princípios de bioestimulação citados por Kaviani et al. (2011), que explicam que a luz laser deve fornecer energia suficiente para estimular a produção celular sem causar danos térmicos. O fato de todos os estudos terem obtido sucesso dentro dessa faixa sugere que doses moderadas são seguras e eficazes para esse perfil de paciente.

Portanto, a eficácia geral observada em todos os protocolos analisados reafirma a premissa teórica levantada por Andrade, Clark e Ferreira (2014), de que a fototerapia atua acelerando a regeneração tecidual através do aumento da energia celular (ATP), sendo uma ferramenta coadjuvante essencial para feridas de difícil cicatrização.

Tabela 04. Efeitos encontrados após o tratamento

Autores	Efeitos encontrados
Carrinho, P. M., et al.	O grupo PDT mostrou uma redução estatisticamente significativa ($p < 0,05$) e maior da área da úlcera diabética em comparação ao grupo controle. A PDT acelera o fechamento das feridas ulcerosas.
Haze, A., et al.	O grupo PBM teve uma redução percentual da ferida significativamente maior ($p = 0,018$). O fechamento $>90\%$ ocorreu em 7 de 10 pacientes do PBM, contra 1 de 10 do grupo sham ($p = 0,006$). Nenhum efeito adverso relacionado ao dispositivo foi observado.
Taha, M. M., et al.	Redução significativa da área da úlcera no grupo de terapia de luz (redução de 51,44%) em comparação com o grupo controle (24,5%) ($p < 0,001$). Diferença significativa nas culturas microbianas ($p = 0,02$); 60% dos pacientes no grupo de terapia de luz tiveram cultura negativa no final, contra 15% no grupo controle. A terapia de luz Bioptron foi eficaz na diminuição do tamanho da ferida e na redução da microbiota.
Mathur, R. K., et al.	A redução percentual da área da úlcera foi de $37 \pm 9\%$ no grupo LLLT e $15 \pm 5,4\%$ no grupo controle ($p < 0,001$). Os grupos tratados apresentaram maior quantidade de granulação. O LLLT é benéfico como adjuvante à terapia convencional.
	Grupo Laser (LLLT) apresentou um índice de

Alencar Fonseca Santos, J., et al.	reparo tecidual significativamente maior ($p < 0,013$) e uma área final da ferida significativamente menor ($p < 0,031$) em comparação ao Grupo Controle. A LLLT demonstrou eficácia na progressão do processo de reparo tecidual em curto período. Também permitiu o retorno da sensibilidade tátil e dolorosa em alguns pacientes que a haviam perdido
---	--

Fonte: Dados de pesquisa, 2025

5.3 DISCUSSÃO DOS EFEITOS ENCONTRADOS APÓS O TRATAMENTO

A Tabela 04 sumariza os desfechos clínicos, onde o achado mais consistente foi a superioridade estatística das intervenções fototerápicas sobre os grupos controle.

O principal efeito evidenciado foi a aceleração do fechamento da ferida. Os estudos de Mathur et al. (2017) e Haze et al. (2022) reportaram reduções significativas na área da úlcera. Este dado clínico está em forte consonância com a recente meta-análise de Firouzeh et al. (2024), que, ao revisarem múltiplos ensaios clínicos, concluíram que a terapia com laser de baixa intensidade aumenta significativamente a taxa de cura completa de úlceras diabéticas graus I e II, validando estatisticamente os achados isolados destes autores.

Além da redução da área, a qualidade do tecido formado foi um diferencial. Mathur et al. (2017) observaram maior formação de tecido de granulação nos grupos tratados. Esse efeito pode ser explicado pelos mecanismos citados por El-Dean et al. (2020), que, ao investigarem a luz polarizada (recurso utilizado também por Taha et al., 2022), demonstraram que a fototerapia é capaz de melhorar a microcirculação local e estimular a proliferação de fibroblastos, células essenciais para a deposição de colágeno e fechamento da lesão.

Outro desfecho crucial foi o controle de infecção. O estudo de Taha et al. (2022) destacou-se pela negatização de culturas microbianas em 60% dos pacientes, e Carrinho et al. (2018) utilizaram a Terapia Fotodinâmica (PDT) com sucesso. Esses resultados práticos corroboram a revisão sistemática de Tavares et al. (2020), que aponta a PDT como uma estratégia promissora para reduzir a carga bacteriana em úlceras infectadas. Adicionalmente, Pires et al. (2024) reforçam que o uso de fotossensibilizadores, como o azul de metileno (usado por Carrinho), é eficaz inclusive contra bactérias multirresistentes, oferecendo uma alternativa vital frente à resistência antibiótica.

Diante do exposto, um achado singular foi relatado por Alencar Fonseca Santos et al. (2018): o retorno da sensibilidade tátil e dolorosa. Embora a maioria dos estudos foque apenas

na cicatrização, este efeito é de extrema relevância clínica. Conforme alertam Armstrong, Boulton e Bus (2017), a perda da sensibilidade protetora (neuropatia) é o principal gatilho para a recorrência de úlceras. Portanto, a capacidade da fototerapia de estimular não apenas a pele, mas potencialmente a função nervosa, sugere um benefício duplo: tratar a ferida atual e prevenir futuras lesões através da recuperação sensorial.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão integrativa cumpriu seu objetivo de evidenciar os tratamentos fototerapêuticos para úlceras em pé diabético, compilando evidências atuais sobre sua aplicabilidade clínica. Com base na análise crítica dos estudos selecionados, conclui-se que as modalidades de fototerapia — especificamente a Terapia a Laser de Baixa Intensidade (LLLT), a Fotobiomodulação (PBM) e a Luz Polarizada — constituem intervenções eficazes, seguras e de baixo custo.

Todas as abordagens analisadas demonstraram superioridade estatística em relação ao tratamento convencional isolado, promovendo a aceleração significativa do processo de cicatrização. Os principais efeitos fisiológicos evidenciados foram o aumento da formação de tecido de granulação, a redução da carga microbiana nas feridas infectadas e, notavelmente, o retorno da sensibilidade protetora em alguns casos. Este último achado destaca-se como um diferencial importante da fototerapia, pois a recuperação sensorial auxilia diretamente na prevenção de recidivas e novas lesões.

Em relação aos parâmetros, observou-se uma heterogeneidade nos protocolos (com doses variando entre 3 a 8,8 J/cm² e uso de diferentes comprimentos de onda), o que indica a existência de uma janela terapêutica flexível, porém eficaz, para a bioestimulação tecidual.

Para a prática clínica da fisioterapia, os resultados consolidam a fototerapia (Laser e LED) como uma ferramenta adjuvante indispensável. Sua utilização demonstrou potencial real para reduzir o tempo de tratamento, diminuir custos para o sistema de saúde e, fundamentalmente, prevenir amputações, impactando positivamente a qualidade de vida e a reintegração social dos pacientes. Sugere-se, para pesquisas futuras, a realização de ensaios clínicos que busquem padronizar a dosimetria ideal para cada fase do reparo tecidual.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Erica de Fatima; RODRIGUES, Larissa Guedes. Estudos sobre o conhecimento do professor de educação física em relação a prescrição de exercícios para diabéticos. 2023.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. 6. Glycemic targets: standards of medical care in diabetes—2020. **Diabetes care**, v. 43, n. Supplement_1, p. S66-S76, 2020.
- ANDRADE, Fabiana do Socorro da Silva Dias; CLARK, Rosana Maria de Oliveira; FERREIRA, Manoel Luiz. Efeitos da laserterapia de baixa potência na cicatrização de feridas cutâneas. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, v. 41, p. 129-133, 2014.
- ANSELMO, Thiago Cantaruti et al. Efeitos indiretos da tolerância oral a zeína melhoram a cicatrização de pele em camundongos diabéticos. 2016.
- ARANTES, Pamela Barbosa et al. Utilização da microcorrentes no processo de cicatrização. **Diálogos Interdisciplinares**, v. 7, n. 3, p. 215-222, 2018.
- ARAÚJO, Andressa Lyandra Silva; MAGALHÃES, Raquel Durães Soares; FERREIRA, Luzia Sousa. IMPACTO DO DIAGNÓSTICO PRECOCE DA DIABETES MELLITUS TIPO II NA ADOLESCÊNCIA E PREDISPOSIÇÃO. **Revista Liberum accessum**, v. 15, n. 2, p. 17-30, 2023.
- ARMSTRONG, David G.; BOULTON, Andrew JM; BUS, Sicco A. Diabetic foot ulcers and their recurrence. **New England Journal of Medicine**, v. 376, n. 24, p. 2367-2375, 2017.
- BRASILEIRO, José Lacerda et al. Pé diabético: aspectos clínicos. **Jornal vascular brasileiro**, v. 4, n. 1, p. 11-21, 2019.
- BURIHAN, Marcelo Calil; CAMPOS JÚNIOR, Walter. Consenso no tratamento e prevenção do pé diabético. **SBACV-SP, Brasil**, p. 1-76, 2020.
- CABRAL, Adriane Duarte et al. Terapias inovadoras para reparo tecidual em pessoas com pé diabético. **Revista Enfermagem Atual in Derme**, v. 96, n. 39, 2022.
- CARE, Diabetes. Medical care in diabetes 2018. **Diabet Care**, v. 41, n. 1, p. S105-S118, 2018.
- CARNEIRO, Cristiane Guedes; SILVA, Morgana do Nascimento Maciel da. Evidências sobre as melhores técnicas de tratamento na cicatrização de feridas do pé diabético: revisão integrativa. 2021.
- CARNEIRO, J. A. et al. Fatores associados a desfechos desfavoráveis em pacientes com pé diabético em ambulatório especializado. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e521111436322, 2022.
- CARRINHO, P. M. et al. A study on the macroscopic morphometry of the lesion area in lower limb ulcers treated with photodynamic therapy using two measurement methods. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 21, p. 19-24, 2018.

- CASARIN, Daniele Escudeiro et al. Diabetes mellitus: causas, tratamento e prevenção. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 10062-10075, 2022.
- COSTA, Davidson Ribeiro et al. Efeito da terapia LED na disfunção temporomandibular: estudo de caso. **Scientia Medica**, v. 27, n. 2, p. ID25872-ID25872, 2017.
- DA SILVA, Alice Dias et al. Estado nutricional, fatores de risco e comorbidades em adultos portadores de diabetes mellitus tipo 2. **HU Revista**, v. 46, p. 1-9, 2020.
- DA SILVA, Franciéle de Matos et al. Uso de fototerapia para cicatrização de feridas de pés diabéticos. **Hegemonia**, n. 27, p. 20-20, 2019.
- DE ALENCAR FONSECA SANTOS, Joelita et al. Effects of low-power light therapy on the tissue repair process of chronic wounds in diabetic feet. **Photomedicine and laser surgery**, v. 36, n. 6, p. 298-304, 2018.
- DE FIGUEIREDO, Bárbara Queiroz et al. Diabetes autoimune latente do adulto (LADA): fisiopatologia, critérios diagnósticos e associação com doenças autoimunes. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e91101119532-e91101119532, 2021.
- DE FREITAS, Luiza Lunardi; SEMEGHIN, Camila Robbi; HIRATA, Bruna Kelly Sousa. 100 anos de insulina: como a descoberta do hormônio revolucionou o tratamento de diabetes tipo 1. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e385101522757-e385101522757, 2021.
- DE LIMA FREITAS, Bruna Sibeles et al. A utilização da laserterapia no tratamento não cirúrgico das lesões peri-implantares: revisão da literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, 2022.
- DOS SANTOS, Taiane Lima et al. Importância da laserterapia no tratamento de feridas. **Revista Eletrônica Acervo Enfermagem**, v. 15, p. e9078-e9078, 2021.
- DOS SANTOS, Tiago Lopes et al. MECANISMO DE CICATRIZAÇÃO VISANDO TRATAMENTOS ALTERNATIVOS EM FERIDAS NA EQUINOCULTURA.2021.
- DUARTE, Letícia Castellani et al. Desenvolvimento de película biocompatível para cicatrização de feridas. 2018.
- EL-DEAN, M. Z. A. et al. Bioptron polarized light versus light emitting diode in healing of diabetic foot ulcers. **Romanian Journal of Biophysics**, v. 30, n. 3, p. 143-154, 2020.
- FERNANDES, José Eduardo Coelho. Farmácia Quinta da Igreja, Gondomar. 2022.
- FERREIRA, C. M. S. N. et al. Diabetes mellitus tipo 1: uma revisão da literatura/Type 1 diabetes mellitus: a review of the literature. **Braz. J. Develop**, v. 8, n. 5, p. 37158-67, 2020.
- FERREIRA, Deusana Teodoro; DA SILVA, Juliana Rocha Prado; SANTOS, Mariane Vieira Aguiar. A CONTRIBUIÇÃO DO DIABETES MELLITUS TIPO 2 NAS AMPUTAÇÕES DE MEMBROS INFERIORES. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 4, n. 1, p. e414505-e414505, 2023.

FIRMINO, Flávia; OLIVEIRA, Flávia Marília Fonseca; AGRA, Glenda. Implementação dos cuidados de enfermagem no controle de sintomas físicos: Feridas. **Cuidados de enfermagem nas dimensões dos cuidados paliativos**, 2022.

FIROUZEH, A. et al. The effect of low-level laser therapy on wound healing of diabetic foot ulcers grade I-II: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Diabetes & Metabolic Disorders**, v. 23, n. 1, p. 1-10, 2024.

FREITAS, Rodrigo Pegado de Abreu et al. Laserterapia e microcorrente na cicatrização de queimadura em ratos: terapias associadas ou isoladas?. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 20, p. 24-30, 2013.

HAZE, Amir et al. Treatment of diabetic foot ulcers in a frail population with severe comorbidities using at-home photobiomodulation laser therapy: a double-blind, randomized, sham-controlled pilot clinical study. **Lasers in medical science**, v. 37, n. 2, p. 919-928, 2022.

HENKES, Daniela Fernanda et al. Incontinência urinária: o impacto na vida de mulheres acometidas e o significado do tratamento fisioterapêutico. **Semina: ciências Biológicas e da Saúde**, v. 36, n. 2, p. 45-56, 2015.

KAVIANI, Ahmad et al. Ensaio clínico randomizado sobre o efeito da laserterapia de baixa potência na cicatrização de feridas crônicas do pé diabético: relato preliminar. **Fotomedicina e cirurgia a laser**, v. 29, n. 2, p. 109-114, 2011.

LAN, G. et al. Adjuvant electrical stimulation therapy for diabetic foot ulcers: A systematic review and meta-analysis. **International Wound Journal**, v. 22, n. 1, p. 123-134, 2025.

LIMA, Heitor de Souza. Rastreamento de fatores de risco para diabetes tipo 2 em acadêmicos de medicina. 2020.

LINS, Ruthinéia Diógenes Alves Uchôa et al. Efeitos bioestimulantes do laser de baixa potência no processo de reparo. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 85, p. 849-855, 2010.

MATOS, Valéria Pinto; CRUZ, Isabel. Prática de enfermagem baseada em evidência sobre cicatrização de feridas por segunda intenção--Revisão Sistematizada da Literatura. **Journal of Specialized Nursing Care**, v. 12, n. 1, 2020.

MATHUR, R. K. et al. Low-level laser therapy as an adjunct to conventional therapy in the treatment of diabetic foot ulcers. **Lasers in medical science**, v. 32, n. 2, p. 275-282, 2017.

MEDEIROS, Cristianne Kalinne Santos. **Análise comparativa do tratamento do ardor bucal com terapia a laser de baixa intensidade e estimulação elétrica nervosa transcutânea: um ensaio clínico randomizado**. 2022.

MEDEIROS, Sabrina de Fátima Silva. **A Intervenção do Fisioterapeuta no Tratamento de Úlceras Venosas e de Pé Diabético**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro (Portugal).

MELOTTI, Vitor Dalmazo et al. Avaliar o efeito de dois diferentes produtos naturais a base seiva do sangue de dragão (croton lechleri), no tratamento de feridas por segunda intenção em equinos. **Revista Ciência e Saúde Animal**, v. 2, n. 2, p. 34-49, 2020.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem**, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758-764, 2008.

MUZY, Jéssica et al. Prevalência de diabetes mellitus e suas complicações e caracterização das lacunas na atenção à saúde a partir da triangulação de pesquisas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, p. e00076120, 2021.

OJEDA, Matheus Sampaio. Atuação do fisioterapeuta no tratamento de pacientes na terceira idade acometidos pela osteoartrite nas articulações de joelho. 2023.

PIRES, L. et al. Antimicrobial photodynamic therapy with methylene blue in diabetic foot ulcers infected by multidrug-resistant bacteria: A case series. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 45, p. 103932, 2024.

PLAIS, Kátia et al. O podólogo como profissional de referência na prevenção e no tratamento do pé diabético. **REVISTA IBERO-AMERICANA DE PODOLOGIA**, v. 4, n. 1, p. E0582021-1-5, 2023.

REIS, L. A. S. et al. Perfil de pacientes internados por complicações em pés diabéticos. **Revista Baiana de Enfermagem**, v. 34, 2020.

RESQUETI, Vanessa R.; FREGONEZI, Guilherme A. Freitas. DOENÇAS LINFÁTICAS E LINFEDEMA. **Fisioterapia Vascular Periférica**, 2021.

RIBEIRO, Amilcar Azevedo et al. Atuação do enfermeiro na prevenção das complicações do pé diabético e fatores de risco relacionados. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 37, n. especial, p. 47-63, 2021.

RIGALLEAU, V. et al. Diagnóstico de diabetes. **EMC-Tratado de Medicina**, v. 25, n. 2, p. 1-7, 2021.

TALASKA, Gabriel Vitor. Atuação fisioterapêutica na reabilitação da tendinopatia patelar em atletas de handebol. 2023.

TAVARES, R. S. et al. Antimicrobial Photodynamic Therapy in the treatment of diabetic foot ulcers: a systematic review. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 31, p. 101889, 2020.

TCHANQUE-FOSSUO, C. N. et al. Low-level light therapy (LLLT) for the treatment of diabetic foot ulcer: a systematic review. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 6, p. 1247-1253, 2016.

VIEIRA, Estela Davila Da Mata; SANTANA, Patricia Caroline. **Eletroterapia no tratamento das lesões do pé diabético**. 2023.

TAHA, Mona Mohamed et al. Effect of polarized light therapy (Bioptron) on wound healing and microbiota in diabetic foot ulcer: a randomized controlled trial. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, v. 40, n. 12, p. 792-799, 2022.