

Ariane Stephanie Silva Pereira Crepaldi
Fernanda Mansano Carbinatto
Antonio Eduardo de Aquino Junior
Vanderlei Salvador Bagnato

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

Pós-Graduação em Laser em Saúde

Instituto de Ensino e Pesquisa

Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

**FOTOBIMODULAÇÃO
E
RADIODERMITE**

PÓS-GRADUAÇÃO EM LASER EM SAÚDE
INSTITUTO DE ENSINO E PESQUISA
IRMANDADE DA SANTA CASA DE MISERICÓRDIA
DE SÃO CARLOS

SÃO CARLOS/SP

2025

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

Ariane Stephanie Silva Pereira Crepaldi

Fernanda Mansano Carbinatto

Antonio Eduardo de Aquino Junior

Vanderlei Salvador Bagnato

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

PÓS-GRADUAÇÃO EM LASER EM SAÚDE

Copyright® dos autores

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos dos autores.

**Ariane Stephanie Crepaldi; Fernanda Mansano Carbinatto;
Antonio Eduardo de Aquino Junior; Vanderlei Salvador Bagnato**

Fotobiomodulação e Radiodermite. São Carlos:Edição online, 2025. p.

ISBN 978-65-01-73462-0

Capa e Editor: Antonio Eduardo de Aquino Junior

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

PREFÁCIO

É com um misto de respeito e urgência que apresentamos este trabalho, focado em uma das mais desafiadoras e debilitantes sequelas do tratamento oncológico: a **radiodermite**. Em meio à luta corajosa contra o câncer, a radioterapia surge como uma arma essencial, mas seu uso, embora salvador, frequentemente impõe um fardo significativo à pele dos pacientes. A radiodermite, em suas diversas formas e graus, transcende a mera complicação dermatológica; é uma fonte de dor crônica, desconforto, infecções e, inegavelmente, um fator que compromete profundamente a qualidade de vida e o bem-estar emocional do indivíduo em tratamento.

Por muito tempo, o manejo dessa condição se apoiou em abordagens paliativas, visando apenas o alívio sintomático. Contudo, a ciência não pode se contentar com o paliativo quando o potencial curativo está ao alcance. É nesse panorama que a **fotobiomodulação (FBM)**, utilizando a energia da luz em comprimentos de onda específicos, emerge não apenas como uma alternativa, mas como uma **revolução promissora** no tratamento da radiodermite.

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

Este estudo não se limita a descrever o problema; ele ilumina um caminho para a solução. Ao explorar os mecanismos de ação da FBM – sua capacidade de modular a inflamação, acelerar a regeneração tecidual, promover a angiogênese e aliviar a dor em nível celular –, demonstramos um avanço crucial. A luz, historicamente símbolo de conhecimento e esperança, aqui se manifesta como uma ferramenta terapêutica de precisão, capaz de restaurar a integridade da pele e mitigar o sofrimento.

Esperamos que este trabalho sirva como um catalisador, elevando o entendimento e a adoção da fotobiomodulação como um padrão ouro na prevenção e tratamento da radiodermite. Que a clareza e a robustez de nossos achados inspirem profissionais da saúde e pesquisadores, confirmando que, mesmo nas adversidades impostas pelo tratamento, há sempre uma luz a ser explorada para devolver conforto, dignidade e esperança aos que lutam. A batalha contra o câncer é multifacetada, e garantir a melhor qualidade de vida durante e após o tratamento é uma vitória que devemos perseguir com igual vigor.

Dr. Antonio Eduardo de Aquino Junior

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por permitir levar o conhecimento e ensinar cada vez mais profissionais novas vertentes de tratamento, levando a sociedade em diversas localidades do Brasil, uma nova esperança de tratamento não invasivo.

Antonio Eduardo de Aquino Junior
07/10/2025

SUMÁRIO

1. Terapia de Fotobiomodulação no Tratamento da Radiodermite de Mama Induzida por Radioterapia: Revisão de Escopo.....	13
2. Pesquisa e Desenvolvimento.....	47

1. Terapia de Fotobiomodulação no Tratamento da Radiodermite de Mama Induzida por Radioterapia: Revisão de Escopo

Ariane Stephanie Crepaldi^{1,2} e Michel Marcos Dalmedico³

¹Pós-Graduação em dor, Faculdade Inspirar, Curitiba, Paraná, Brasil.

² Pós-Graduação em Laser em Saúde, Instituto de Ensino e Pesquisa, Irmandade da Santa Casa de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

³ Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

RESUMO

Introdução: a cirurgia conservadora da mama seguida de radioterapia adjuvante consiste no padrão ouro de tratamento dos estágios iniciais do câncer de mama. A terapia combinada reduz a ocorrência de recidivas e melhora o prognóstico global de sobrevida destas pacientes. No entanto, a irradiação pode desencadear radiodermatite, uma das principais reações adversas da radioterapia adjuvante.

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

Objetivo: sintetizar as evidências disponíveis sobre a utilização de diferentes estratégias de fotobiomodulação para o tratamento e/ou prevenção de radiodermite em pacientes com câncer de mama.

Metodologia: scoping review baseada nas recomendações do Joanna Briggs Institute. Foram selecionados artigos publicados na base Pubmed, entre 2019 e 2024, que relataram a utilização de diferentes estratégias de fotobiomodulação que abordassem o escopo do estudo. A estratégia de busca foi conduzida entre os meses de maio e agosto de 2024.

Resultados: a partir da estratégia de busca, foram recuperados 69 estudos relevantes. Foram incluídos 6 estudos que relataram a utilização da fotobiomodulação para o tratamento e prevenção das lesões induzidas por radioterapia. Evidenciou-se a redução da ocorrência de lesões de maior gravidade, menor ocorrência de dor e redução da necessidade de interrupção das sessões de radioterapia.

Considerações Finais: apesar dos benefícios demonstrados, a fotobiomodulação, carece de estudos adicionais que demonstrem evidências robustas sobre segurança, eficácia e efetividade da intervenção para o tratamento e prevenção da radiodermite de mama induzida por radioterapia. Não obstante, os resultados em outros contextos clínicos

apresentam evidências cumulativas sobre os seus benefícios, o que torna a tecnologia uma intervenção potencial à ser estudada.

Palavras Chave: Neoplasias de Mama; Radioterapia Adjuvante; Dermatite Induzida por Radiação; Fotobiomodulação.

INTRODUÇÃO

O câncer de mama (CM) é a doença maligna mais comum no mundo e a principal causa de mortes por câncer. Em todo o mundo, foram registrados mais de 2 milhões de novos casos em 2020. Sua taxa de mortalidade tem aumentado nas últimas décadas devido à mudança nos perfis dos fatores de risco, melhor registro do câncer e diagnóstico da doença^{1,2}.

Os fatores de risco mais significativos incluem: predisposição genética, exposição a estrogênios (endógenos e exógenos, incluindo terapia de reposição hormonal de longo prazo), radiação ionizante, baixa paridade, alta densidade mamária e história de hiperplasia atípica. Adicionalmente, dieta de estilo ocidental, obesidade e o consumo de álcool também contribuem para o aumento da incidência^{3,4}.

O tratamento moderno do câncer de mama é uma abordagem multimodal que integra detecção precoce, terapias loco regionais (cirurgia conservadora e radioterapia) e sistêmicas (quimioterapia, terapia hormonal), além de cuidados de suporte ao câncer de mama. Como efeito, pacientes com câncer de mama representam um dos principais grupos de sobrevivência no contexto da oncologia^{5,6}. A alternativa terapêutica adequada dependerá do estágio, tamanho do tumor, comprometimento de linfonodos, natureza molecular da neoplasia, condições clínicas das pacientes, entre outros fatores^{7,8}.

Nos estágios iniciais da doença, definido como carcinoma invasivo restrito a mama, com ou sem acometimento de linfonodos regionais, e que podem ser removidos cirurgicamente, a cirurgia conservadora da mama (*Breast Conserving Surgery* - BCS) seguida por radioterapia total da mama (BCS + RT) representa o padrão ouro de tratamento⁸. A BCS consiste na remoção do tumor, mas com a preservação da mama^{9,10}.

Para reduzir o risco de recorrência e melhorar as taxas de sobrevivência, o tratamento padrão envolve a radioterapia torácica loco regional adjuvante após a cirurgia conservadora da mama¹¹. A adição de radioterapia à intervenção cirúrgica é considerada um fator prognóstico

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

independente de sobrevida específica do câncer de mama e sobrevida geral, e redução dos riscos de recorrência loco-regional¹²⁻¹⁴.

Apesar dos benefícios da radioterapia no tratamento do câncer de mama, além das células cancerígenas, células saudáveis são expostas a toxicidade. A radiação ionizante é capaz de causar danos ao material genético das células, afetando direta ou indiretamente sua estrutura e composição¹⁵. A radiação ionizante danifica diretamente a pele e as células dos tecidos profundos, causando ressecamento, perda de elasticidade, pigmentação, fibrose, dilatação capilar e radiodermatite^{16,17}. Como a radiosensibilidade tecidual depende da proliferação celular, tecidos com maior capacidade regenerativa, como a pele, serão mais afetados pela irradiação¹⁸. Mais de 50% dos pacientes com câncer receberão irradiação para fins curativos ou paliativos¹².

Aproximadamente 85%-90% das pacientes desenvolvem algum grau dessa reação, que pode se manifestar com gravidade variável que inclui eritema, hiperpigmentação, descamação, ulceração, ulceração e necrose, enquanto efeitos agudos (<6 meses). As consequências deste evento adverso são dor e desconforto, risco de infecção, prejuízo da autoimagem e interrupção das sessões de radioterapia, com potenciais impactos na qualidade de vida e prognósticos^{17,19}.

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

Estas lesões são classificadas com base nos critérios do *Radiation Therapy Oncology Group* (RTOG): Grau 1 - eritema e descamação seca; Grau 2 - descamação úmida irregular; Grau 3 - descamação úmida confluyente; Grau 4 - em casos graves, necrose com hemorragia e ulceração²⁰.

Atualmente não existe nenhum critério padrão para o tratamento ou prevenção da toxicidade cutânea aguda induzida por radiação. As estratégias terapêuticas incluem, mas não se limitam à: babosa, ácido ascórbico, β -sitosterol, calêndula officinalis, camomila, corticosteroides, ácido hialurônico e Sulfadiazina de Prata 1%^{21,22,23}. No entanto, não há consenso sobre qual destas abordagens terapêuticas seria mais eficaz no tratamento da radiodermatite, bem como, a evidência é limitada²⁴.

Neste contexto, destaca-se a terapia por fotobiomodulação, é uma terapia não invasiva utilizada, entre outras indicações, enquanto tratamento preventivo ou curativo no manejo de diversos efeitos colaterais da radioterapia²⁵.

A fotobiomodulação, anteriormente chamada de “terapia a laser de baixa energia ou intensidade” é uma terapia não invasiva utilizada,

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

entre outras indicações, como tratamento preventivo ou curativo dos efeitos colaterais da radioterapia²⁶. A definição mais consensual de fotobiomodulação é a seguinte: “mecanismo pelo qual a radiação óptica não ionizante na faixa espectral do visível ou do infravermelho próximo é absorvida por cromóforos endógenos para desencadear eventos fotofísicos e fotoquímicos sem causar danos térmicos, resultando em alterações fisiológicas e terapêuticas²⁷.”

Esta tecnologia é amplamente caracterizada como um modelo terapêutico seguro e de baixo custo que pode modular a atividade de biomarcadores inflamatórios e imunológicos, ao mesmo tempo em que facilita uma resposta metabólica que pode regenerar tecidos danificados²⁸. Há um grande conjunto de evidências que apoiam a eficácia da terapia de fotobiomodulação, quando usada para prevenção e/ou tratamento de mucosite oral em pacientes submetidos à radioterapia de cabeça e pescoço, câncer ou regimes de quimioterapia em altas doses²⁹. Nesta perspectiva, buscou-se extrapolar estes dados para o cenário do tratamento da radiodermite induzida por radioterapia adjuvante no câncer de mama.

Mediante exposto, objetiva-se sintetizar as evidências disponíveis sobre a utilização de diferentes estratégias de fotobiomodulação para o

tratamento e/ou prevenção de radiodermite em pacientes com câncer de mama.

METODOLOGIA

Trata-se de uma *Scoping Review* baseada nas recomendações do *Joanna Briggs Institute - JBI Manual for Evidence Synthesis: Chapter 11: Scoping Reviews*³⁰. A revisão de escopo tem o intuito de abordar tópicos amplos, enfocando resultados abrangentes e aprofundados de estudos científicos, permitindo uma avaliação de evidências emergentes, fornecendo assim bases significativas para pesquisas futuras. Também, permite identificar, examinar e sistematizar de forma rígida e efetiva um conceito ou características particulares ao identificar a natureza de um amplo campo do conhecimento.

Essa metodologia contempla cinco etapas: 1) elaboração da questão de pesquisa; 2) identificação de estudos relevantes; 3) seleção de estudos para revisão; 4) mapeamento dos dados; e 5) coleta, resumo e relato dos resultados.

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

A pesquisa foi orientada pela seguinte questão: quais são as evidências atuais disponíveis sobre os benefícios da fotobimodulação na prevenção e/ou tratamento da radiodermite induzida por radioterapia adjuvante durante o tratamento do câncer de mama?

A busca sistemática por estudos relevantes foi conduzida, entre junho e agosto de 2024 exclusivamente na base de dados *PubMed/MEDLINE* (*National Library of Medicine, Bethesda, MD*).

A construção do referencial teórico baseou-se na integração dos seguintes *mesh terms*: (“*Photobiomodulation Therapy*” OR *Low Level Laser Therapy*” OR “*LLLT*”) AND (“*Breast Cancer*” OR “*Breast Neoplasms*”) AND (“*Radiation-induced Skin Injury*” OR “*Radiodermatitis*” OR “*Acute Radiation Dermatitis*”)

Como critérios de inclusão, foram considerados artigos publicados na íntegra, no idioma inglês, publicados entre 2019 e 2024, que relatassem a intervenção em mulheres com diagnóstico de câncer de mama recebendo irradiação adjuvante, e que apresentaram a ocorrência de radiodermite (considerando qualquer grau de lesão). A estratégia de busca foi conduzida entre os meses de maio e agosto de 2024.

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

Foram excluídos estudos que abordassem a utilização de fotobiomodulação em outros contextos clínicos, modelos animais, estudos indisponíveis na íntegra, estudos que não exploraram o tratamento ou prevenção da radiodermite.

O processo de triagem e seleção contemplou duas fases: (1) avaliação dos títulos e dos resumos; (2) leitura na íntegra dos estudos selecionados e justificção das exclusões. A partir da lista de estudos selecionados, cada manuscrito passou pelo crivo dos dois revisores, que procederam a extração de dados qualitativos (autores, ano de publicação, periódico) e os dados clínicos (características dos estudos, principais resultados, incluindo efeitos adversos). Os dados obtidos foram organizados para apresentação em uma síntese narrativa.

Complementarmente, adotou-se a categorização de *Melnyk* e *Fineout-Overholt*, para priorização de inclusão de estudos com base na qualidade das evidências: 1- revisão sistemática, metanálise ou diretrizes clínicas embasadas em revisões sistemáticas de ensaios clínicos randomizados; 2- ensaio clínico randomizado controlado; 3- ensaios clínicos bem delineados sem aleatorização; 4- estudo de coorte e/ou de caso-controle; 5- evidências obtidas a partir de um único estudo

descritivo ou qualitativo; 6- opinião de autoridades e/ou parecer de comissão de especialistas³¹.

Declara-se não haver fontes de fomentos ou conflitos de interesse que possam influenciar na condução do presente estudo.

RESULTADOS

A estratégia de busca resultou em um total de 69 estudos relevantes, dentre os quais, 6 preencheram os critérios de elegibilidade e foram incluídos na síntese qualitativa. (Figura 1).

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

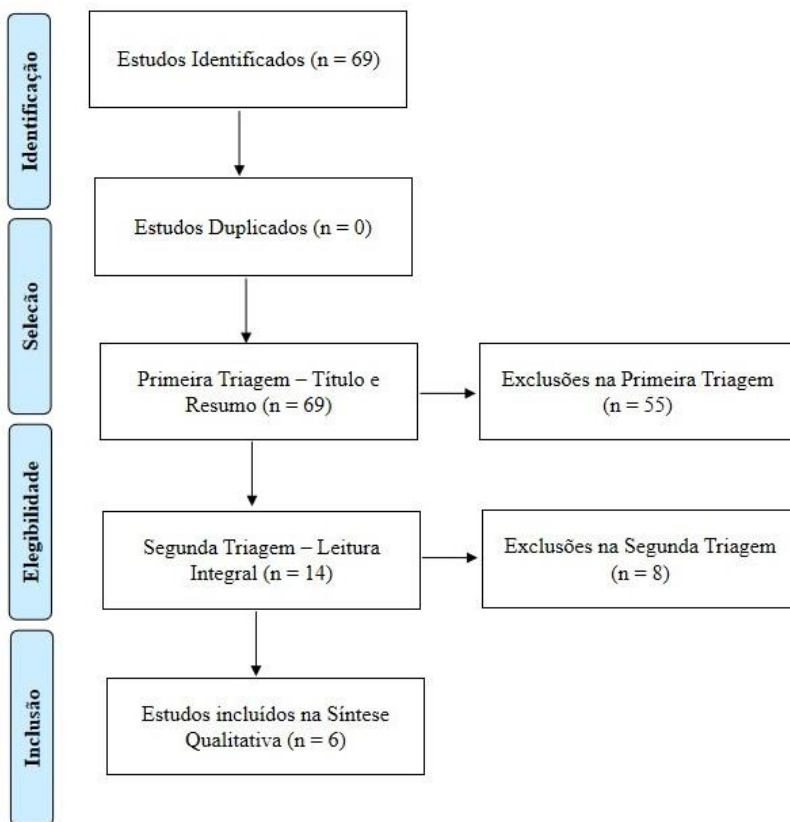


Figura 1. Fluxograma de Identificação, Avaliação, Exclusão e Inclusão dos Estudos.

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

Dentre os 8 estudos excluídos, 2 não apresentavam texto integral disponível, enquanto os outros 6 avaliaram a intervenção em outros tipos de lesão.

Os quadros 1 e 2 sintetizam as informações dos estudos, enquanto o quadro 3 apresenta o detalhamento dos protocolos dos ensaios clínicos incluídos.

Quadro 1 – Síntese narrativa. Dados gerais dos estudos.

Autores/ Ano	País	Título	Metodologia	Melnyk & Fineout Overholt
Gobbo et al. (2023) ³²	Itália	Photobiomodulation therapy for the prevention of acute radiation dermatitis: a systematic review and meta-analysis	Revisão Sistemática e Metanálise	1
Ramos Rocha et al. (2022) ³³	Brasil	Photobiomodulation Therapy in the Prevention and Treatment of Radiodermatitis in Breast Cancer Patients: Systematic Review	Revisão Sistemática	1
Robijns et al (2022) ³⁴	Bélgica	Photobiomodulation therapy for the prevention of acute radiation dermatitis in breast cancer patients undergoing hypofractionated whole-breast irradiation (LABRA trial).	Clinical Trial	2
Aguiar et al. (2021) ³⁵	Brasil	Effectiveness of photobiomodulation therapy in radiation dermatitis: A	Revisão Sistemática e	1

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

		systematic review and meta-analysis.	Metanálise.	
Robijns et al (2019)³⁶	Bélgica	Photobiomodulation therapy for acute radiodermatitis.	Revisão de Literatura	5
Robijns et al (2018)³⁷	Bélgica	Prevention of acute radiodermatitis by photobiomodulation: A randomized, placebo-controlled trial in breast cancer patients (TRANSDERMIS trial)	Clinical Trial	2

Fonte: a autora. 2024.

Quadro 2 – Síntese Narrativa: Principais achados clínicos.

Estudo	Desfecho	Principais Achados
Gobbo et al. (2023)³²	Prevenção da Dermatite	Foram incluídos 4 estudos que avaliaram pacientes com câncer de mama. Pacientes recebendo PBMT apresentaram RD menos grave do que os Grupos de Controle após 40 Gray (Gy) de RT (toxicidade de grau 3: <i>Odds Ratio</i> : 0,57, IC de 95% 0,14–2,22, $p = 0,42$) e no final da RT (toxicidade de grau 0 + 1 vs. 2 + 3: OR: 0,28, IC de 95% 0,15–0,53, $p < 0,0001$). A PBMT preventiva pode ser protetora contra o desenvolvimento de graus graves de RD e reduzir a frequência de interrupções de RT.
Ramos Rocha et al. (2022)³³	Tratamento da Dermatite	A intervenção pode reduzir a gravidade da Radiodermite. Novos ensaios clínicos são necessários para padronizar os protocolos, dada a escassez de estudos para o local adotado e a diversidade metodológica.
Robijns et al (2022)³⁴	Prevenção e Tratamento da Dermatite	Os resultados mostram que, no geral, o desenvolvimento de radiodermite parece desacelerar devido ao PBMT. Na semana 3 de RT, 6% dos pacientes desenvolveram reações cutâneas de grau 2 no grupo controle, enquanto no grupo PBM, todos os pacientes apresentaram lesão de grau 1. No final, no grupo PBM, 10% dos pacientes desenvolveram

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

		<p>dermatite de grau 2 com 5% de descamação úmida, enquanto no grupo controle, 28% dos pacientes desenvolveram uma reação cutânea de grau 2 com 16% de descamação úmida. Especialmente o risco geral de lesão de grau 2 foi reduzido em 18% devido à aplicação de PBM.</p> <p>No entanto, isso foi limítrofe, não estatisticamente significativo.</p>
<p>Aguiar et al. (2021)³⁵</p>	<p>Prevenção da Dermatite</p>	<p>A terapia de fotobiomodulação pode prevenir dermatite por radiação ≥ 3 em pacientes com câncer de mama com uma certeza de evidência muito baixa. Pacientes com câncer de mama que receberam PBMT desenvolveram mais RD de grau 1 do que o grupo controle (RR 1,55, IC de 95% 1,14–2,10, $I^2 = 51\%$).</p> <p>A terapia de fotobiomodulação necessita de mais estudos de intervenção para chegar a um consenso sobre seu uso na dermatite por radiação. A certeza de evidência foi considerada muito baixa.</p>
<p>Robijns et al (2019)³⁶</p>	<p>Prevenção e Tratamento da Dermatite</p>	<p>Os resultados demonstram que PBMT pode efetivamente reduzir a incidência de radiodermite grave, diminuir a dor que a acompanha e melhorar a qualidade de vida dos pacientes. Além disso, a técnica parece ser bem tolerada em pacientes oncológicos.</p>
<p>Robijns et al (2018)³⁷</p>	<p>Prevenção da Dermatite</p>	<p>Os resultados mostram que a PBMT é eficaz para prevenir o desenvolvimento de radiodermite aguda de grau 2 ou superior em pacientes com câncer de mama. Além disso, também reduz os sintomas dos pacientes relacionados à radiodermite.</p> <p>No final da RT, a gravidade das reações cutâneas diferiu significativamente entre os dois grupos ($P = 0,004$), com uma porcentagem maior de pacientes apresentando grau 2 ou superior de RTOG (por exemplo, descamação úmida) no grupo placebo (30% vs. 6,7%, para o grupo placebo e laser, respectivamente).</p>

Fonte: a autora. 2024.

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

Quadro 3 – Protocolos de Fotobiomodulação descritos nos Ensaio Clínicos

Estudo	Equipamento	Grupo Intervenção (N)	Grupo de controle (N)	Sessões
Robijns et al (2022)³⁴ LABRA Trial	Laser de diodo classe IV MLS.M6	Cuidados com e pele padrão mais Laser. Protocolo. Densidade de energia (fluência): 4 J/cm ² Comprimento de onda (nm): 808 – 905 nm Modo de operação: Contínuo e pulsado Irradiância: 0,168 W/cm ² Potência: 25 W (pulsado) e 1,1 W (contínuo) Técnica de aplicação: 5 cm acima da pele (N = 39)	Cuidados com a pele padrão: aplicação 3x/dia de gel coloidal hidroativo tópico a partir do primeiro dia de RT. Em caso de reação dolorosa da pele ou descamação úmida, foi usado um curativo de silicone autoadesivo, absorvente e de espuma. Simulação de fotobiomodulação (Placebo) (N = 32)	2 sessões/semana 8 sessões no total O PBM foi aplicado do primeiro ao último dia de RT por um operador treinado
Robijns et al (2018)³⁷	Laser de diodo classe IV	Cuidados com e pele	Cuidados com a pele padrão:	14 sessões de PBMT

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

<p>TRANSDER MIS Trial</p>	<p>MLS.M6</p>	<p>padrão mais Laser. Protocolo. Densidade de energia (fluência): 4 J/cm² Comprimento de onda (nm): 808 – 905 nm Modo de operação: Contínuo e pulsado Irradiância: 0,168 W/cm² Potência: 25 W (pulsado) e 1,1 W (contínuo) Técnica de aplicação: 5 cm acima da pele (N = 60)</p>	<p>aplicação 3x/dia de gel coloidal hidroativo tópico a partir do primeiro dia de RT. Em caso de reação dolorosa da pele ou descamação úmida, foi usado um curativo de silicone autoadesivo, absorvente e de espuma. Simulação de fotobiomodulação (Placebo) (N = 60)</p>	<p>(2/ semana), começando no primeiro dia de RT</p>
----------------------------------	---------------	---	---	---

Fonte: a autora, 2024.

DISCUSSÃO

A radiodermite de mama induzida por radioterapia é um importante efeito adverso secundário à oncoterapia, com impacto significativo na qualidade de vida das pacientes e no segmento do tratamento oncológico³³. A gravidade das reações cutâneas é atribuída a fatores relacionados à radiação, como dose total, esquema de fracionamento, tipo de equipamento, área do tecido irradiado e radiosensibilidade do tecido envolvido. Existem também fatores relacionados ao paciente que podem interferir na regeneração do tecido, como idade, comorbidades como doenças do colágeno e diabetes mellitus; estado nutricional, tabagismo e tratamento quimioterápico concomitante³⁸.

Neste contexto, a terapia de fotobimodulação (PBMT), que consiste na aplicação de fontes de luz de baixa potência (baixa intensidade, comprimentos de onda entre 600 e 1000 nm) no espectro visível e infravermelho é aplicada para estimular a cura e diminuir a inflamação e a intensidade da dor²⁹. A metodologia é simples, de baixo custo e pode ser integrada como um complemento à terapia para tratamentos convencionais ou usada isoladamente como um método alternativo em algumas condições³⁹. Trata-se de uma opção de

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

tratamento não invasiva usada para estimular a cicatrização de feridas e reduzir a inflamação, o edema e a dor⁴⁰. Esta tecnologia atua em todos os estágios de reparo e regeneração do tecido, além de prevenir fibrose, redução do processo alérgico e morte tecidual⁴¹.

O efeito da PBMT no reparo tecidual é bem estabelecido, incluindo sua aplicação em oncologia, e é amplamente utilizado para a prevenção e tratamento de mucosite oral associada à quimioterapia ou RT^{32,33}. Devido à eficácia do laser de baixa intensidade na prevenção da mucosite oral causada pelo tratamento de radioterapia e quimioterapia, e suas propriedades anti-inflamatórias, analgésicas e cicatrizantes, seu uso na prevenção de radiodermatite aguda pode ser benéfico para os pacientes, uma vez que não há tratamento eficaz para esse efeito colateral da radioterapia³⁸.

Avanços recentes na compreensão dos mecanismos de ação do PBM e dos parâmetros dosimétricos do PBM resultaram no exame de outras condições relacionadas à oncologia que podem levar ao gerenciamento eficaz de uma gama mais ampla de complicações associadas ao tratamento do câncer⁴². No que tange ao tratamento e prevenção de dermatite em pacientes com câncer de mama, os dados

cumulativos de revisões sistemáticas são promissores, no entanto, a qualidade da evidência foi limitada^{32.33.35}.

Os ensaios clínicos incluídos utilizaram equipamentos com tecnologia MLS^{34,37}. Esta tecnologia combina e sincroniza dois modos de emissão diferentes, um contínuo e um pulsado. O modo contínuo tem um efeito anti-inflamatório e antiedêmico, enquanto o modo pulsado tem um efeito analgésico. A sincronização dos dois diferentes modos de emissão torna a transferência de energia para as células-alvo mais eficiente em comparação com um único modo de emissão³⁴. Em comparação com um diodo laser clássico, os resultados destes equipamentos são superiores no que tange a pontuação da dor e a reação⁴³.

Ambos os ensaios clínicos incluídos foram conduzidos pelo mesmo grupo de pesquisa e descreveram o mesmo protocolo de intervenção. Os parâmetros da FBM necessitam estar bem descritos nos ensaios clínicos publicados. Estes parâmetros são os de irradiação e os de tratamento e incluem: comprimento de onda cuja unidade é nanômetros (nm), densidade de energia (J/cm^2), irradiância (W/cm^2), potência (mW), tempo de irradiação (em segundos), área do feixe (cm^2), energia (J), modo de operação contínuo ou pulsado e se o dispositivo usado foi

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) ou LED (*Light Emitting Diode*)^{43,44}.

Os resultados do ECR (o que significa ECR? COLOCAR NO TEXTO) evidenciam que a FBM reduz significativamente a gravidade da radiodermite e, com isso, melhora consideravelmente a qualidade de vida dos pacientes durante o curso da radioterapia³⁴. A FBM diminui o edema e reduz a população de células inflamatórias como monócitos, macrófagos, linfócitos e plasmócitos, uma vez que estimula e induz os tecidos em desequilíbrio a retomarem suas funções fisiológicas⁴⁵. Os ensaios clínicos constataram que a ocorrência de radiodermite não foi evitada por completo, pois grande parte dos pacientes apresentaram lesão de grau 1, mas evitaram a severidade de tal disfunção.

Uma das principais limitações dos protocolos de PBMT, especialmente se preventivos, é a necessidade de múltiplas sessões por um longo tempo, o que pode ser exigente para os pacientes e os operadores³². Titular doses adequadas e definir os parâmetros essenciais de PBM conforme evidências coletadas de forma sistemática para cada indicação é um pré-requisito para o uso bem-sucedido desta modalidade de tratamento. Sem padronização na medição do feixe, cálculo da dose e

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

o relato correto desses parâmetros, os estudos não serão reproduzíveis e os resultados não serão consistentes⁴².

As evidências que demonstram a eficácia da terapia de fotobiomodulação para prevenir e controlar a dermatite aguda por radiação estão crescendo constantemente⁴⁶. Atualmente pesquisas já acenam para a possibilidade de prevenção da radiodermite, com a FBM, sendo utilizada durante todo o período de tratamento radioterápico^{47,48}.

Apesar de dados relevantes, pesquisas adicionais em uma população maior de pacientes são necessárias para coletar mais evidências para apoiar a implementação de terapia por fotobiomodulação na prevenção e no tratamento da radiodermite de mama induzida por radioterapia em pacientes oncológicos^{34,35}.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da relevância da terapia de fotobiomodulação em diferentes contextos clínicos, os dados ainda são limitados no que concerne à sua utilização protocolar enquanto estratégia de tratamento e prevenção da radiodermite induzida por radioterapia em pacientes com câncer de mama. No entanto, as evidências cumulativas sobre segurança,

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

eficácia e efetividade para tratamento geral de lesões aponta para uma oportunidade promissora de utilização desta tecnologia.

Os estudos incluídos demonstraram a redução da ocorrência de lesões de maior gravidade, bem como, redução da experiência álgica, com o benefício adicional de se evitar a interrupção de sessões de radioterapia por ocasião da presença de lesões graves de pele. Não foram registrados efeitos adversos durante a aplicação das sessões de fotobiomodulação, implicando em segurança da técnica.

A condução da pesquisa em uma única base, apesar de sua relevância internacional, pode representar uma limitação para os resultados apresentados no presente estudo. Portanto, uma busca de maior abrangência pode corroborar para uma melhor determinação das evidências sobre os benefícios da terapia laser.

REFERÊNCIAS

1. Łukasiewicz S, Czezelewski M, Forma A, Baj J, Sitarz R, Stanisławek A. Breast Cancer-Epidemiology, Risk Factors, Classification, Prognostic Markers, and Current Treatment Strategies-An Updated Review. *Cancers (Basel)*. 2021;13(17):4287.
2. Katsura C, Ogunmwoyi I, Kankam HK, Saha S. Breast cancer: presentation, investigation and management. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2022 Feb 2;83(2):1-7.
3. Cardoso F, Kyriakides S, Ohno S, Penault-Llorca F, Poortmans P, Rubio IT, et al; ESMO Guidelines Committee. Electronic address: clinicalguidelines@esmo.org. Early breast cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up†. *Ann Oncol*. 2019;30(8):1194-1220.
4. Lee A, Mavaddat N, Wilcox AN, Cunningham AP, Carver T, Hartley S et al. BOADICEA: a comprehensive breast cancer risk prediction model incorporating genetic and nongenetic risk factors. *Genet Med*. 2019;21(8):1708-1718.
5. Gulati M, Mulvagh SL. The connection between the breast and heart in a woman: Breast cancer and cardiovascular disease. *Clin Cardiol*. 2018;41(2):253-257.

6. Blaes AH, Konety SH. Cardiovascular Disease in Breast Cancer Survivors: An Important Topic in Breast Cancer Survivorship. *J Natl Cancer Inst.* 2021;113(2):105-106.
7. Darapu A, Balakrishnan R, Sebastian P, Hussain MR, Ravindran P, John S. Is the Deep Inspiration Breath-Hold Technique Superior to the Free Breathing Technique in Cardiac and Lung Sparing while Treating both Left-Sided Post-Mastectomy Chest Wall and Supraclavicular Regions? *Case Rep Oncol.* 2017;10(1):37-51.
8. Karpf D, Sakka M, Metzger M, Grabenbauer GG. Left breast irradiation with tangential intensity modulated radiotherapy (t-IMRT) versus tangential volumetric modulated arc therapy (t-VMAT): trade-offs between secondary cancer induction risk and optimal target coverage. *Radiat Oncol.* 2019;14(1):156.
9. Hadjittofi C, Almalki H, Mirshekar-Syahkal B, Pain S, Zechmeister K, Hussien M. Simple oncoplastic breast defect closure improves long-term cosmetic outcome of breast conserving surgery for breast cancer: A randomised controlled trial. *Breast.* 2022;65:104-109.
10. Leser C, Tan YY, Singer C, Zeillinger R, Fitzal F, Lehrner J, König D, Deutschmann C, Gschwantler-Kaulich D. Patient satisfaction after

breast cancer surgery : A prospective clinical trial. *Wien Klin Wochenschr.* 2021;133(1-2):6-13.

11. Tasoulis MK, Roche N, MacNeill F. Rationalizing breast cancer surgery during the COVID-19 pandemic. *Eur J Surg Oncol.* 2020;46(6):1192-1193.

12. Sun GY, Wen G, Zhang YJ, Tang Y, Jing H, Wang JY, et al. Radiotherapy plays an important role in improving the survival outcome in patients with T1-2N1M0 breast cancer - a joint analysis of 4262 real world cases from two institutions. *BMC Cancer.* 2020;20(1):1155.

13. EBCTCG (Early Breast Cancer Trialists' Collaborative Group); McGale P, Taylor C, Correa C, Cutter D, Duane F, Ewertz M, et al. Effect of radiotherapy after mastectomy and axillary surgery on 10-year recurrence and 20-year breast cancer mortality: meta-analysis of individual patient data for 8135 women in 22 randomised trials. *Lancet.* 2014;383(9935):2127-35.

14. Darby SC, McGale P, Taylor CW, Peto R. Long-term mortality from heart disease and lung cancer after radiotherapy for early breast cancer: prospective cohort study of about 300,000 women in US SEER cancer registries. *Lancet Oncol.* 2005;6(8):557-65.

15. Abe J, Martin JF, Yeh ET. The Future of Onco-Cardiology: We Are Not Just "Side Effect
16. Yang X, Ren H, Guo X, Hu C, Fu J. Radiation-induced skin injury: pathogenesis, treatment, and management. *Aging (Albany NY)*. 2020;12(22):23379–93.
17. Cavalcante LG, Domingues RAR, Junior BO, Fernandes MAR, Pessoa EC, Abbade LPF. Incidence of radiodermatitis and factors associated with its severity in women with breast cancer: a cohort study. *An Bras Dermatol*. 2024 Jan-Feb;99(1):57-65.
18. Fallah M, Viklund E, Backman A, et al. Plasminogen is a master regulator and a potential drug candidate for the healing of radiation wounds. *Cell Death Dis*. 2020;11:201.
19. Fuzissaki M.A., Paiva C.E., Oliveira M.A., Lajolo Canto P.P., Paiva Maia Y.C. The impact of radiodermatitis on breast cancer patients' quality of life during radiotherapy: a prospective cohort study. *J Pain Symptom Manage*. 2019;58 92-9.e1.
20. Chen AP, Setser A, Anadkat MJ, Cotliar J, Olsen EA, Garden BC, et al. Grading dermatologic adverse events of cancer treatments: the

common terminology criteria for adverse events version 4.0. *J Am Acad Dermatol.* 2012;67(5):1025–39.

21. Rosenthal A, Israilevich R, Moy R. Management of acute radiation dermatitis: A review of the literature and proposal for treatment algorithm. *J Am Acad Dermatol.* 2019;81(2):558-567.

22. Simões FV, Santos VO, Silva RND, Silva RCD. Effectiveness of skin protectors and calendula officinalis for prevention and treatment of radiodermatitis: an integrative review. *Rev Bras Enferm.* 2020 Oct 19;73(suppl 5):e20190815.

23. Heydarirad G, Ahadi B, Molavi Vardanjani H, Cramer H, Mirzaei HR, Pasalar M. Herbal Medicines for Treatment of Radiodermatitis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Altern Complement Med.* 2021 Dec;27(12):1098-1104.

24. Kole AJ, Kole L, Moran MS. Acute radiation dermatitis in breast cancer patients: challenges and solutions. *Breast Cancer (Dove Med Press).* 2017;9:313–323.

25. Klausner G, Troussier I, Canova CH, Bensadoun RJ. Clinical use of photobiomodulation as a supportive care during radiation therapy. *Support Care Cancer*. 2022;30(1):13-19.
26. Klausner G, Bensadoun RJ, Champion A, Benzaquen D, Canova CH, Claren A, et al. State of art of photobiomodulation in the management of radiotherapy adverse events: Indications and level of evidence. *Cancer Radiother*. 2021;25(6-7):584-592.
27. Robijns J, Lodewijckx J, Bensadoun RJ, Mebis J. A Narrative Review on the Use of Photobiomodulation Therapy for the Prevention and Management of Acute Radiodermatitis: Proposed Mechanisms, Current Clinical Outcomes, and Preliminary Guidance for Clinical Studies. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2020 Jun;38(6):332-339.
28. Fiani B, Jarrah R, Nathani KR. Laser oromaxillofacial photobiomodulation therapy: molecular mechanisms, outcomes and considerations. *Regen Med*. 2022;17(9):611-615
29. Bensadoun RJ. Photobiomodulation or low-level laser therapy in the management of cancer therapy-induced mucositis, dermatitis and lymphedema. *Curr Opin Oncol*. 2018 Jul;30(4):226-232.

30. Peters MDJ, Godfrey C, McInerney P, Munn Z, Tricco AC, Khalil, H. Chapter 11: Scoping Reviews (2020 version). In: Aromataris E, Munn Z (Editors). JBI Manual for Evidence Synthesis, JBI, 2020. Available from: <https://synthesismanual.jbi.global>
31. Fineout-Overholt E, Melnyk BM, Stillwell SB, Williamson KM. Evidence-based practice, step by step: Critical appraisal of the evidence: part III. *Am. J. Nurs.* 2010;110(11):43-51.
32. Gobbo M, Rico V, Marta GN, Caini S, Ryan Wolf J, et al. Photobiomodulation therapy for the prevention of acute radiation dermatitis: a systematic review and meta-analysis. *Support Care Cancer.* 2023 Mar 23;31(4):227.
33. Ramos Rocha S, da Costa Ferreira SA, Ramalho A, Conceição Gouveia Santos VL, Cristina Nogueira P. Photobiomodulation Therapy in the Prevention and Treatment of Radiodermatitis in Breast Cancer Patients: Systematic Review. *J Lasers Med Sci.* 2022 Oct 2;13:e42.
34. Robijns J, Lodewijckx J, Puts S, Vanmechelen S, Van Bever L, Claes S, et al. Photobiomodulation therapy for the prevention of acute radiation dermatitis in breast cancer patients undergoing hypofractionated

whole-breast irradiation (LABRA trial). *Lasers Surg Med.* 2022;54(3):374-383.

35. Aguiar BRL, Guerra ENS, Normando AGC, Martins CC, Reis PEDD, Ferreira EB. Effectiveness of photobiomodulation therapy in radiation dermatitis: A systematic review and meta-analysis. *Crit Rev Oncol Hematol.* 2021 Jun;162:103349.

36. Robijns J, Lodewijckx J, Mebis J. Photobiomodulation therapy for acute radiodermatitis. *Curr Opin Oncol.* 2019 Jul;31(4):291-298.

37. Robijns J, Censabella S, Claes S, Pannekoek L, Bussé L, Colson D, et al. Prevention of acute radiodermatitis by photobiomodulation: A randomized, placebo-controlled trial in breast cancer patients (TRANSDERMIS trial). *Lasers Surg Med.* 2018 Feb 10. doi: 10.1002/lsm.22804.

38. Aires BTC, Ferreira RAM, Costa JCS, Carvalho CN, Ferreira MC, Costa CPS. Photobiomodulation therapy for the prevention and treatment of acute radiation dermatitis in head and neck cancer: A case series. *Journal of Photochemistry and Photobiology* 2024;21:100220.

39. Otsuka ACVG, Moreira CLV, Pasquarelli EW, Pavani KCP, Anjos PP, Hashimoto SY et al. Low-level laser therapy in the management of skin wound healing. *Rev. Bras. Cir. Plást.* 2022;37(4):451-456.
40. Robijns J, Censabella S, Bulens P, Maes A, Mebis J. The use of low-level light therapy in supportive care for patients with breast cancer: review of the literature. *Lasers Med Sci.* 2017;32:229–242.
41. Courtois E, Bouleftour W, Guy JB, Louati S, Bensadoun R-J, Rodriguez-Lafrasse C, Magne N. Mechanisms of PhotoBioModulation (PBM) focused on oral mucositis prevention and treatment: a scoping review. *BMC Oral Health.* 2021, 21(1):220 .
42. Momanu A. Comparison of analgesic and anti-inflammatory effects of the classical low level laser therapy and multiwave locked system in inflammations of serous bursae. *Sports Medicine Journal.* 2013;9(4):2234–40.
43. Robijns J, Nair RG, Lodewijckx J, Arany P, Barasch A, Bjorda JM, et al. Photobiomodulation therapy in management of cancer therapy-induced side effects: WALT position paper 2022. *Front. Oncol.* 29 August 2022. Sec. Radiation Oncology.

44. Robijns J, Censabella S, Claees S, Pannekoek L, Bussé L, Colson D et al. Biophysical skin measurements to evaluate the effectiveness of photobiomodulation therapy in the prevention of acute radiation dermatitis in breast cancer patients. *Support. Care Cancer*. 2018. 27 (4), 1245–1254
45. Vieira ABH, Purificação MB, Ferreira MDF, Costa TDCD, Lam YW, Ramos FS et al. Os efeitos fisiológicos do LED vermelho no tegumento. *Rev Cient Estét Cosmetol*. 2021;1(1):28-3.
46. Robijns J, Lodewijckx J, Claes M, Lenaerts M, Van Bever L, Claes S, et al. A long-term follow-up of early breast cancer patients treated with photobiomodulation during conventional fractionation radiotherapy in the prevention of acute radiation dermatitis. *Lasers Surg Med*. 2022 Dec;54(10):1261-1268.
47. Oliveira DF, Paines GP, Berni EB, Ferreira FS, Pivetta HMF. Photobiomodulation in the treatment of radiodermatitis: a case study. *Fisioter Bras*. 2023;24(3):348-55.
48. Strouthos I, Chatzikonstantinou G, Tselis N, Bon D, Karagiannis E, Zoga E, et al. Photobiomodulation therapy for the management of radiation-induced dermatitis: A single-institution experience of adjuvant

radiotherapy in breast cancer patients after breast conserving surgery.
Strahlenther Onkol. 2017;193(6):491-8.

2. Pesquisa e Desenvolvimento

Antonio Eduardo de Aquino Junior^{1,2}; Fernanda Mansano Carbinatto^{1,2}, Vanderlei Salvador Bagnato

1 Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil.

2 Pós-Graduação em Laser em Saúde, Instituto de Ensino e Pesquisa, Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos.

3 Department of Biomedical Engineering, Texas A & M, Texas, USA.

INTRODUÇÃO

O Estado da Arte sobre a luz e a interação com o tecido biológico é muito bem definido, embora em muitas palestras e congressos sejam “despejadas” informações incorretas e infundadas, não sendo transparente o processo de compreensão e disseminação de conhecimento.

Todos os dias, pesquisadores do Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo, trabalham, em específico na área de

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

Biofotônica, coordenada pelo professor doutor Vanderlei Salvador Bagnato, visando o desenvolvimento de novas tecnologias e metodologias, com base sólida, que possam fazer a diferença na nossa sociedade. Dentre elas o tratamento de câncer de pele não melanoma, o qual durante anos, diversos polos no Brasil coletaram dados que fizeram suporte ao pedido e conquista da inclusão do tratamento no Sistema Único de Saúde.

Atualmente (2025), em fase de implementação no SUS, outras pesquisas estão em andamento, agora em parceria com o Texas A&M, onde o câncer de pele melanoma está sendo um dos focos.

Desta forma, disseminar o conhecimento correto, embasado, faz toda diferença ao profissional que está em ação direta junto a milhares de pessoas que precisam das mais variadas formas de tratamento, seja para dores crônicas, seja para descontaminação em suas diferentes vertentes ou mesmo em condições extremas como o câncer de pele.

A IMPORTÂNCIA DO TRABALHO DE REVISÃO SOBRE RADIODERMITE: O CUIDADO DA ALUNA E SUA VISÃO

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

De forma criteriosa, a aluna da Pós-Graduação em Laser e Saúde da Irmandade da Santa Casa de misericórdia de São Carlos, realizou um trabalho de revisão muito bem feito, onde as nuances corretas sobre a fotobiomodulação e a radiodermite foram posicionadas, possibilitando maiores informações e conhecimento sobre a temática para vislumbramos a possibilidade de futuras pesquisas clínicas nessa área tão carente de cuidados.

Ao vislumbrar possibilidades, devemos agir primariamente a realizar um estudo clínico piloto, coletar e analisar de forma coerente e estabelecer, desta forma, protocolos pensando na ampliação do estudo, e de modo ainda audacioso, realizar um trabalho mais amplo, como um estudo multicêntrico e que possibilite um número amostral de impacto.

Nossos caminhos não são fáceis, levam anos e com todo esforço em conjunto, entre alunos da pós-graduação em Laser do Instituto de Ensino e Pesquisa, da Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos, do mestrado e doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, da Universidade Federal de São Carlos e de pós-doutorandos do Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo, que hoje forma um grupo de ação clínica de

FOTOBIMODULAÇÃO E RADIODERMITE

aproximadamente 80 pessoas, tornará esse objetivo, embora distante, possível.