



SBD  
Sociedade Brasileira de  
Cirurgia Dermatológica

# Surgical & Cosmetic Dermatology

www.surgicalcosmetic.org.br/

## Segurança e eficácia da terapia com luz intensa pulsada combinada com laser

*Safety and efficacy of intense pulsed light therapy combined with fractional laser therapy for scar management: a systematic review*

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.5935/scd1984-8773.2026180513>

### RESUMO

**Introdução:** A cicatrização é um processo complexo cuja interrupção pode resultar em cicatrizes patológicas. Os tratamentos convencionais muitas vezes apresentam eficácia limitada e altas taxas de recorrência. A combinação de luz intensa pulsada (LIP) com laser fracionado (FLT) surge como alternativa minimamente invasiva com resultados promissores. Este estudo avaliou a segurança e a eficácia do uso combinado de LIP e FLT no tratamento de cicatrizes patológicas.

**Métodos:** Esta revisão foi conduzida conforme as diretrizes PRISMA. Realizou-se uma busca sistemática nas bases PubMed, ProQuest, Scopus e Cochrane Library até dezembro de 2025, incluindo estudos com pacientes com cicatrizes patológicas tratados com a terapia combinada LIP + FLT.

**Resultados:** Cinco estudos preencheram os critérios de inclusão (3 ensaios clínicos randomizados, 1 estudo de coorte retrospectivo e 1 série de casos), totalizando 288 pacientes. Em todos os estudos, a terapia combinada resultou em redução significativa dos escores POSAS, MSS e VSS para cicatrizes hipertroóficas e pós-operatórias. Um estudo observou taxas de satisfação significativamente mais altas entre os pacientes tratados com a combinação ( $p < 0,05$ ). Os efeitos adversos foram mínimos, principalmente eritema leve e transitório.

**Conclusão:** A terapia combinada com LIP e FLT melhora a aparência das cicatrizes de forma segura e com baixa taxa de efeitos adversos, configurando uma opção eficaz e minimamente invasiva.

**Palavras-chave:** Queloides; Cicatriz Hipertrofica; Terapia a Laser; Terapia de Luz Intensa Pulsada

### ABSTRACT

**Background:** Wound healing is a complex process, and various factors can disrupt this process, leading to non-healing wounds or scarring. Conventional treatments for scar management often have low efficacy and high recurrence rates. The combination of intense pulsed light (IPL) and fractional laser therapy (FLT) has emerged as a minimally invasive alternative with promising results. The goal of this study was to evaluate the safety and efficacy of combined IPL + FLT therapy and to manage pathological scars.

**Methods:** This study followed PRISMA guidelines. Systematic searches were performed in PubMed, ProQuest, Scopus, and the Cochrane Library up to December 2025. Studies involving patients with pathological scars treated using combination IPL and FLT were included.

**Results:** Five studies met the eligibility criteria, comprising 3 randomized controlled trials, 1 retrospective cohort study, and 1 case series, totaling 288 patients. Across all studies, combination therapy produced significant reductions in POSAS, MSS, and VSS scores in hypertrophic and postoperative scars. One study reported significantly higher patient satisfaction rates ( $p < 0.05$ ). Adverse effects were minimal, primarily mild transient erythema.

**Conclusion:** Combined FLT and IPL safely enhance scar appearance, with low adverse effect rates, offering an effective and minimally invasive therapeutic option.

**Keywords:** Keloid; Cicatrix, Hypertrophic; Laser Therapy; Intense Pulsed Light Therapy

## Artigo Original

### Autores:

Indira Saraswati Sanjaya<sup>1</sup>  
Kelvin Kohar<sup>1</sup>  
Chastine Harlim<sup>1</sup>  
Lili Legiawati<sup>2</sup>  
Nandita Melati Putri<sup>3</sup>

- <sup>1</sup> Faculty of Medicine, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonésia
- <sup>2</sup> Cipto Mangunkusumo General Hospital, Faculty of Medicine, Universitas Indonesia, Departamento de Dermatologia e Venereologia, Jakarta, Indonésia
- <sup>3</sup> Cipto Mangunkusumo General Hospital, Faculty of Medicine, Universitas Indonesia, Divisão de Cirurgia Plástica, Reconstrutiva e Estética, Departamento de Cirurgia, Jakarta, Indonésia

### Correspondência:

Indira Saraswati Sanjaya  
E-mail: [indirasanjaya78@gmail.com](mailto:indirasanjaya78@gmail.com)  
com / [indirasanjaya@gmail.com](mailto:indirasanjaya@gmail.com)

**Fonte de financiamento:** Os autores não receberam nenhum apoio financeiro para a pesquisa, a autoria, e/ou publicação deste artigo.

**Data de submissão:** 01/09/2025

**Decisão final:** 17/12/2025

### Como citar este artigo:

Sanjaya IS, Kohar K, Harlim C, Legiawati L, Putri MN. Segurança e eficácia da terapia com luz intensa pulsada combinada com laser fracionado para o tratamento de cicatrizes: uma revisão sistemática. Surg Cosmet Dermatol. 2026;18(1):e20260513.



## INTRODUÇÃO

Cicatrizes patológicas, particularmente cicatrizes hipertróficas e queloides, resultam de um processo anormal de cicatrização de feridas e são caracterizadas por deposição excessiva de colágeno e atividade persistente de fibroblastos. Essas cicatrizes podem causar dor, prurido, contraturas e desfiguração estética, levando a comprometimento funcional e a um ônus psicossocial grave para os pacientes afetados. Como sua patogênese é multifatorial e crônica, alcançar uma melhora duradoura e satisfatória das cicatrizes permanece um desafio clínico.<sup>1-3</sup>

Tratamentos convencionais não baseados em laser, incluindo excisão cirúrgica, malhas compressivas, placas de silicone, corticoides intralesionais ou outros agentes farmacológicos, crioterapia e radioterapia, têm demonstrado eficácia variável e muitas vezes limitada.<sup>3,4</sup> As taxas de recorrência, especialmente após a excisão de queloides e cicatrizes hipertróficas, permanecem elevadas, e muitas dessas modalidades estão associadas a desconforto, tempo de recuperação prolongado ou efeitos adversos que podem comprometer ainda mais os resultados estéticos. Essas limitações têm impulsionado a busca por abordagens alternativas, minimamente invasivas, capazes de atuar simultaneamente em múltiplos componentes da fisiopatologia das cicatrizes.<sup>5,6</sup>

As terapias baseadas em laser e luz surgem como opções importantes no manejo de cicatrizes. A terapia a laser fracionado (FLT) fornece energia em um padrão pixelado para gerar zonas microtérmicas na derme, o que promove a remodelação do colágeno, suaviza a textura da cicatriz e melhora a espessura, a flexibilidade e a pigmentação.<sup>7,8</sup> A luz intensa pulsada (LIP), uma fonte de luz policromática não coerente, atua por meio da fototermólise seletiva da hemoglobina e da melanina para reduzir o eritema e as discromias ao mesmo tempo em que exerce efeitos modestos na remodelação dérmica.<sup>9</sup> Dados os mecanismos complementares dessas duas modalidades (atuação vascular e pigmentar pela LIP e remodelação estrutural profunda pela FLT), sua combinação tem sido proposta como uma estratégia racional para abordar a natureza multifacetada das cicatrizes patológicas. Estudos clínicos iniciais sugerem que a combinação LIP-FLT pode melhorar o aspecto global das cicatrizes e a satisfação do paciente, sem aumento substancial nas taxas de eventos adversos.<sup>10,11</sup>

Com o interesse crescente no manejo de cicatrizes e no número de estudos sobre o uso combinado de LIP e FLT, torna-se necessária a síntese de evidências de alta qualidade. Assim, conduzimos uma revisão sistemática sobre a segurança e a eficácia da terapia combinada LIP-FLT no manejo de cicatrizes. O objetivo foi fornecer aos clínicos insights sobre uma modalidade terapêutica alternativa para o manejo de cicatrizes.

## MÉTODOS

Esta revisão sistemática foi conduzida de acordo com as diretrizes do Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA). O protocolo foi registrado no International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO), registro CRD420251012803.

## Estratégia de busca e seleção dos estudos

Foi realizada uma busca sistemática em quatro grandes bases de dados científicas e médicas (PubMed, ProQuest, Scopus e Cochrane) para identificar todos os estudos relevantes publicados até dezembro de 2025. Além disso, as listas de referências de todos os artigos elegíveis foram analisadas em busca de estudos adicionais. Os critérios de inclusão foram estudos nos quais os pacientes apresentavam cicatrizes patológicas (queloides ou cicatrizes hipertróficas) e foram tratados com a combinação de FLT e LIP. Os desfechos primários foram avaliados por meio de instrumentos padronizados de avaliação de cicatrizes, como a Patient and Observer Scar Assessment Scale (POSAS), a Manchester Scar Scale (MSS), a Vancouver Scar Scale (VSS) e outros instrumentos validados. Foram excluídos estudos incompletos, sem disponibilidade de texto completo, publicados em idiomas que não o inglês e publicados mais de 15 anos antes do período de busca.

## Extração e análise dos dados

A extração de dados foi realizada de acordo com o Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. Três revisores independentes realizaram a triagem e a extração dos dados utilizando Google Sheets e Microsoft Excel para a organização e análise sistemáticas. As divergências decorrentes do processo de extração foram resolvidas por meio de debate e consenso. Os dados extraídos incluíram as características dos estudos (autores, ano de publicação, nível de evidência, país, duração do estudo, desenho do estudo e período de seguimento) e dos pacientes (tamanho da amostra, distribuição por sexo, faixa etária, fototipo de pele de Fitzpatrick, tipo de cicatriz patológica, sítio anatômico e etiologia). Também foram documentados os detalhes das intervenções, incluindo tipo de laser fracionado, parâmetros da LIP, número de sessões de tratamento, níveis de energia, duração do pulso e quaisquer protocolos terapêuticos adjuvantes. Os desfechos foram mensurados por meio de escalas padronizadas de avaliação de cicatrizes, como POSAS, MSS e VSS. Complicações e eventos adversos relatados tanto por médicos quanto por pacientes também foram registrados. O nível de evidência de cada estudo foi avaliado de acordo com os critérios do Oxford Centre for Evidence-Based Medicine.

## Avaliação da qualidade

Os estudos foram avaliados sistematicamente por meio de instrumentos apropriados a cada desenho. Três revisores independentes avaliaram a qualidade dos estudos utilizando a ferramenta Cochrane Risk of Bias 2 (RoB 2) para ensaios clínicos randomizados (ECRs) e a checklist do Joanna Briggs Institute (JBI) para séries de casos e estudos de coorte. As discordâncias foram resolvidas por meio de debate até a obtenção de consenso.

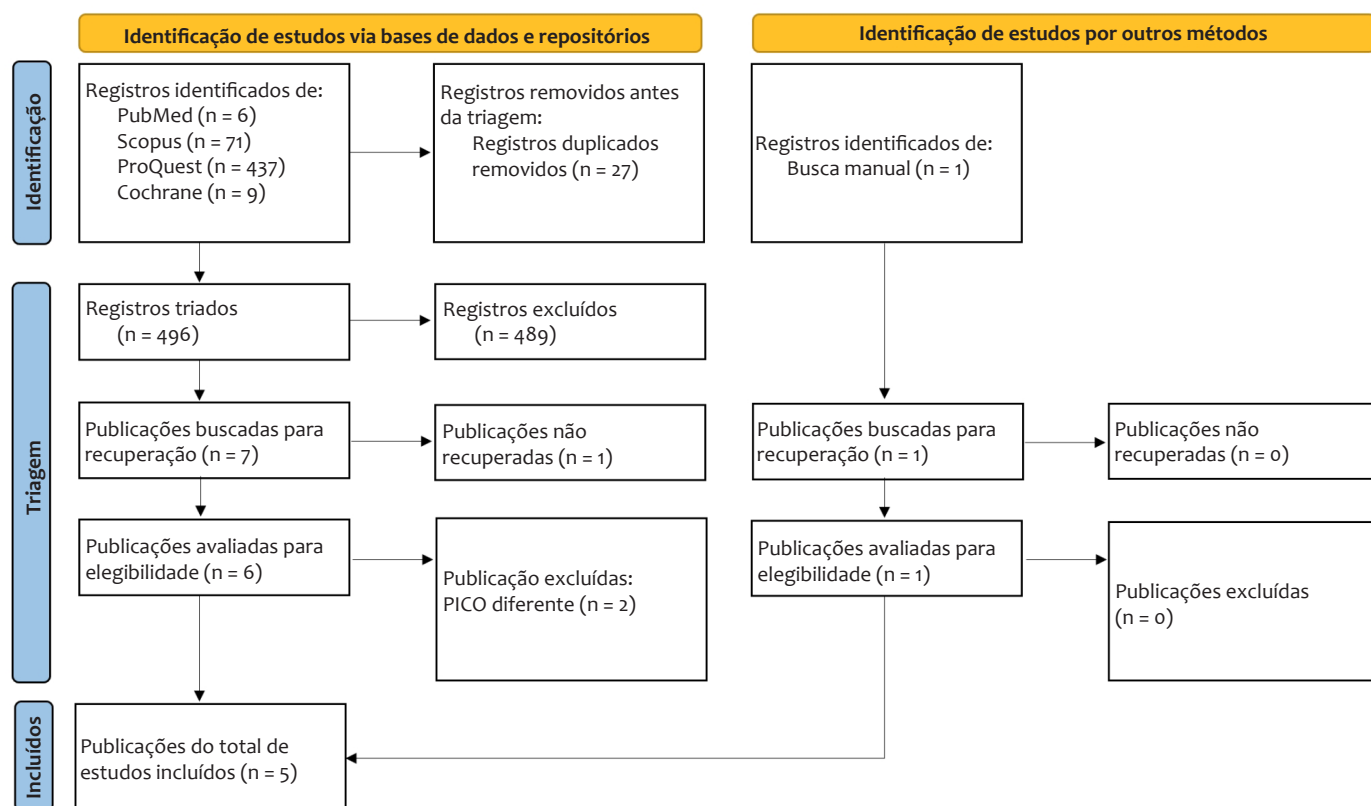
## RESULTADOS

### Resultados da busca

A busca na literatura foi limitada a publicações em língua

TABELA 1: Descritores específicos das bases de dados e número de registros recuperados

Base de dados	Palavras-chave	Registros
PubMed	("intense light therapy" OR "IPL") AND ("laser therapy") AND ("scar" OR "hypertrophic scar" OR "keloid")	6
ProQuest	("intense light therapy" OR "IPL") AND ("laser therapy") AND ("scar" OR "hypertrophic scar" OR "keloid")	437
Scopus	("intense light therapy" OR "IPL") AND ("laser therapy") AND ("scar" OR "hypertrophic scar" OR "keloid")	71
Cochrane	("intense light therapy" OR "IPL") AND ("laser therapy") AND ("scar" OR "hypertrophic scar" OR "keloid")	9



**FIGURA 1:** Diagrama de fluxo PRISMA 2020 para seleção dos estudos. Fluxo de informações ao longo das etapas da revisão sistemática sobre o uso de luz intensa pulsada (LIP) combinada com terapia a laser fracionado (FLT) no manejo de cicatrizes patológicas. Os registros foram identificados em 4 bases de dados eletrônicas (PubMed, Scopus, ProQuest e Cochrane Library) até dezembro de 2025. Após a remoção de registros duplicados ( $n = 27$ ), 496 registros foram submetidos à triagem por título e resumo. Sete artigos com texto completo foram selecionados para recuperação; 1 não pôde ser recuperado. Seis artigos com texto completo foram avaliados quanto à elegibilidade, dos quais 2 foram excluídos por não atenderem aos critérios PICO. Um estudo adicional elegível foi identificado por busca manual, totalizando 5 estudos incluídos

inglesa e a um período de 15 anos. Os descritores específicos de cada base de dados, juntamente com o número de registros recuperados correspondentes, estão apresentados na Tabela 1. O processo de seleção dos estudos está ilustrado na Figura 1.

### Estudos incluídos

A busca inicial identificou 523 registros. Após a remoção

de registros duplicados, 496 estudos foram submetidos à triagem por título e resumo. Seis estudos foram avaliados quanto à elegibilidade em texto completo. Dois foram excluídos por ausência de dados relevantes de desfecho e população, resultando em 4 estudos provenientes da busca nas bases de dados para inclusão. Um estudo retrospectivo comparativo adicional elegível foi identificado por busca manual, totalizando 5 estudos incluídos.

Os estudos incluídos consistiram em 3 ECRs, 1 estudo de coorte retrospectivo e 1 série de casos. Devido à heterogeneidade nos desenhos dos estudos e nas medidas de desfecho, não foi realizada meta-análise; em vez disso, foi conduzida uma síntese qualitativa.

#### Participantes

Foi incluído um total de 288 pacientes de todos os estudos, conduzidos nos Estados Unidos, China, Coreia do Sul e Austrália. A idade dos participantes variou de 16 a 65 anos, e os períodos de seguimento variaram de 6 semanas a 12 meses. Os estudos incluíram predominantemente cicatrizes patológicas (cicatrizes hipertróficas e pós-operatórias). Um estudo avaliou feridas faciais pós-traumáticas precoces após sutura estética, com foco na prevenção de cicatrizes hipertróficas. Os fototipos de Fitzpatrick I–IV foram os mais prevalentes, e poucos estudos envolveram indivíduos com pele mais escura (III–IV). As localizações das cicatrizes foram variadas, incluindo face, pescoço, tronco, extremidades e membros. As etiologias incluíram queimaduras (chama, escaldadura, óleo quente, contato, flash burn), procedimentos cirúrgicos e trauma. Uma descrição mais detalhada das características dos participantes se encontra na Tabela 2.

#### Desfechos: Avaliação das cicatrizes e resultado estético

Os desfechos relacionados às cicatrizes foram avaliados por meio de instrumentos padronizados, como POSAS, MSS e VSS. Em todos os estudos, a terapia combinada com LIP e FLT apresentou desempenho consistentemente superior à monoterapia. No estudo de Dahm et al.,<sup>11</sup> uma única aplicação combinada de LIP e laser de CO<sub>2</sub> promoveu melhoria significativa nos escores POSAS, com redução média de 1,93 no escore total

( $p < 0,0001$ ), além de melhorias significativas em cor (–1,97), espessura (–2,10) e rigidez (–2,47), entre outros parâmetros. Daoud et al.<sup>12</sup> observaram uma melhoria maior estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ ) na cor (–2,21) e na textura (–1,97) das cicatrizes no grupo de terapia combinada em comparação com o laser de CO<sub>2</sub> isolado.

Kim et al.<sup>10</sup> relataram que a intervenção precoce com LIP e laser Er:YAG reduziu significativamente os escores POSAS na semana 8 ( $p = 0,001$ ) e na semana 20 ( $p = 0,012$ ), em comparação com a monoterapia com Er:YAG. Em um estudo de coorte retrospectivo, Dai et al.<sup>13</sup> demonstraram que o tratamento preventivo precoce com LIP combinado com laser fracionado de érbio resultou em escores VSS significativamente menores para cor, espessura, vascularização, flexibilidade e escore total aos 12 meses, em comparação com a terapia convencional ( $p < 0,05$ ). Por fim, Zhang et al.<sup>4</sup> relataram resultados significativamente melhores em cor, prurido, espessura e irregularidade no grupo CO<sub>2</sub>+LIP ( $p < 0,01$ ), além de 100% de satisfação do paciente, em comparação com 84% no grupo tratado apenas com LIP. A Tabela 3 apresenta informações adicionais sobre as intervenções e os desfechos.

#### Desfechos: Efeitos adversos

Os eventos adversos foram, em geral, leves e autolimitados. Os mais comuns foram eritema transitório, edema e desconforto, com resolução em poucos dias. Dahm et al.<sup>11</sup> relataram 2 casos de infecção leve que necessitaram de antibioticoterapia oral, enquanto Daoud et al.<sup>12</sup> não observaram eventos adversos. Kim et al.<sup>10</sup> não relataram complicações, e Zhang et al.<sup>4</sup> não encontraram

**TABELA 2: Características dos estudos e demografia dos participantes.**

Autor (ano)	NE	Intervalo do estudo	País	Desenho do estudo	Seguimento	População						
						Subject [n (M/F)]	Idade	Cicatriz	Local	Etiologia [n (%)]	Fitzpatrick Fototipo	
Daoud et al. (2019) <sup>12</sup>	1b	Não mencionado	Estados Unidos	ECR	6 meses	19	Intervalo: 18–60	Cicatriz hipertrófica	N/D	N/D	I–IV	
Kim et al. (2021) <sup>10</sup>	1b	Setembro de 2019 – junho de 2020	Coreia do Sul	ECR	3 meses	17 (16/1)	Média:	Cicatrizes pós-operatórias	N/A	N/A	III–IV	
Zhang et al. (2023) <sup>4</sup>	1b	Agosto de 2017 – janeiro de 2021	China	ECR	3 meses	101 (43/58)	Intervalo: 16–52	Cicatrizes hipertróficas	Face (30,7%) Pescoço (11,9%) Tronco (19,8%) Extremidades (37,6%)	Queimaduras (57,4%) Cirurgia (34,7%) Trauma (7,9%)	II–IV	
Dahm et al. (2023) <sup>11</sup>	4	Não mencionado	Austrália	Estudos observacionais (série de casos)	6 semanas	31 (19/12)	Média: 40,7 (13,1)	Cicatriz hipertrófica	Braço (47%) Perna (19%) Cabeça e pescoço (19%) Tronco (14%)	Queimaduras: Chama (58%) Escaldadura (16%) Óleo quente (13%) Contato (3%) Flash (10%)	I–IV	
Dai et al. (2025) <sup>13</sup>		Janeiro 2019 – dezembro de 2021	China	Estudo retrospectivo comparativo	12 meses	120 (48/72)	Intervalo: 12–65	Cicatrizes pós-traumáticas após sutura estética de emergência	Face (100%)	Trauma (100%)	Não mencionado	Não mencionado

**TABELA 3: Intervenções, parâmetros de tratamento e desfechos clínicos dos estudos incluídos sobre cicatrizes patológicas tratadas com combinação de LIP e terapia a laser fracionado.**

Autor (ano)	Grupos	Intervenção	Desfechos	Efeito adverso
Daoud et al. (2019) <sup>12</sup>	Grupo 1: controle Grupo 2: CO2 isolado Grupo 3: CO2 + LIP	LIP: 555–950 nm filtro [VL]; pulso duplo; largura do pulso, 2,5 ms; atraso, 10 ms; densidade energética, 12,5 J/cm <sup>2</sup> Er:YAG: modo de pulso longo, 1500 J, 15% de densidade, 4 Hz, área de 6 mm	O Grupo 3 apresentou a maior melhoria média em quatro das cinco categorias da MSS (P < 0,001), sendo a cor o parâmetro mais destacado.  O Grupo 3 apresentou a maior melhoria na escala POSAS.	flexibilidade após o tratamento com CO2-LIP em comparação à LIP isolada (p < 0,01).  A taxa de satisfação do paciente foi significativamente maior no grupo de terapia combinada CO2-LIP em comparação ao grupo de monoterapia com LIP (p < 0,05).
Kim et al. (2021) <sup>10</sup>	Grupo 1: Controle Grupo 2: Er:YAG isolado Grupo 3: Er:YAG + LIP	3 sessões (intervalo de 10-14 semanas) LIP: λ = 500–600 nm, área = 3 cm <sup>2</sup> , fluência = 6–8 J/cm <sup>2</sup> , largura do pulso = 12 ms, 2 aplicações CO2: 17,5–25 mJ/cm <sup>2</sup> para uma aplicação a uma densidade de 5%	Na semana 8, o Grupo 3 apresentou escores POSAS melhores que o Grupo 2 (p = 0,001) e o Grupo 1 (p = 0,000).  O Grupo 3 apresentou melhoria consistente nos escores VSS na semana 8 (p = 0,005) e na semana 20 (p = 0,02) em comparação com a semana 4, enquanto os demais sítios não apresentaram tal melhoria.  O Grupo 3 apresentou índice de melanina significativamente menor em comparação ao Er:YAG na semana 8 (32,46 [8,25] vs. 40,69 [6,26], p = 0,023)	
Zhang et al. (2023) <sup>4</sup>	Grupo 1: LIP Grupo 2: CO2 + LIP 4 sessões LIP: área de 15 × 35 mm, configurações variaram com base na cicatriz CO2: 15–20 mJ, 10% de densidade, 200–300 Hz, área de 120 μm (Lumenis UltraPulse Encore™, Yonkeam, Israel)		O Grupo 2 apresentou escore POSAS total significativamente menor (38,58 [4,71]) em comparação ao grupo LIP (44,04 [5,07]) (p < 0,0001)  Para o PSAS, as melhorias em prurido, cor, rigidez, espessura e irregularidade foram significativamente maiores no Grupo 2 em comparação ao Grupo 1 (p < 0,01), exceto para dor (p = 0,4205).  No OSAS, foram observadas diferenças significativas em vascularização, pigmentação, espessura, relevo e Hiperpigmentação pós-inflamatória foi incomum.	
Não mencionado	Não foram observados eventos adversos graves durante a aplicação de CO2 e LIP			
Não mencionado	Eritema leve pode ocorrer por aproximadamente três dias após a terapia com CO2-LIP.			
Dahm et al. (2023) <sup>11</sup>	Grupo 1: CO2 Grupo 2: LIP Grupo 3: CO2 + LIP	1 sessão LIP:VL 555 nm CO2: área de 0,15 mm, pulso = 0,02-3 ms, energia 2-94,7 mJ, densidade fracionada = 3%-40%	Diferença estatisticamente significativa no escore POSAS médio foi observada tanto no grupo de monoterapia com CO2 (2,45; p = 0,0007) quanto no grupo de combinação LIP + CO2 (1,84; p < 0,001), enquanto a diferença entre os escores médios no grupo de monoterapia com LIP não foi significativa (0,56; p = 0,3485).	Infecção (2%)
Dai et al. (2025) <sup>13</sup>	Grupo 1: Controle Grupo 2: LIP + laser de érbio	3-5 sessões (uma vez ao mês) LIP: 500 a 600 nm, largura de pulso de 12 a 15 ms, diâmetro de área de 3 cm <sup>2</sup> e energia de 8,5 a 12 J/cm <sup>2</sup> Érbio: comprimento de onda de 2940 nm, parâmetros de energia de 800 a 1200 mJ/cm <sup>2</sup> , com varredura repetida de 2 a 4 vezes	O grupo 2 apresentou escores VSS significativamente menores para cor, espessura, vascularização, flexibilidade e escore total em comparação ao controle aos 12 meses (P < 0,05).	Foram observados 2 casos de bolhas em pele (3,3%) e 1 caso de pigmentação (1,6%) no Grupo 2.  Não foram relatados casos imediatos de lesões cutâneas, despigmentação, infecções, úlceras ou outras reações adversas.

LIP: Luz intensa pulsada

diferença significativa nas taxas de eventos adversos entre os grupos de terapia combinada e monoterapia. Dai et al.<sup>13</sup> relataram 3 complicações no grupo combinado: 2 casos de bolhas transitórias e 1 caso de pigmentação temporária, todos resolvidos sem sequelas de longo prazo. De modo geral, a terapia combinada foi bem tolerada e apresentou um perfil de segurança favorável.

### Risco de viés

A qualidade dos estudos foi avaliada por meio de instrumentos de avaliação crítica apropriados a cada desenho. Três ECRs foram avaliados utilizando o instrumento Cochrane RoB 2. Todos os ECRs (Daoud et al.,<sup>12</sup> Kim et al.<sup>10</sup> e Zhang et al.<sup>4</sup>) apresentaram baixo risco de viés na maioria dos domínios, especialmente nos processos de randomização, condução da intervenção e medição dos desfechos. Entretanto, todos os estudos levantaram preocupações quanto ao relato seletivo, devido à ausência de planos de análise pré-especificados ou de registro dos ensaios, o que pode introduzir viés de reporte (Tabela 4). Ainda assim, as avaliações dos desfechos foram, em sua maioria, cegadas e utilizaram escalas validadas de avaliação de cicatrizes, o que sustenta a confiabilidade dos achados.

A série de casos de Dahm et al.<sup>11</sup> foi avaliada utilizando a checklist do JBI e atendeu à maioria dos critérios, incluindo critérios de inclusão claros, medidas de desfecho padronizadas, identificação da condição válida e análise estatística apropriada. No entanto, não ficou claro se os participantes foram ou não incluídos de forma consecutiva, o que pode introduzir viés de seleção (Tabela 5).

O estudo de coorte retrospectivo de Dai et al.<sup>13</sup> foi avaliado utilizando a Critical Appraisal Checklist for Cohort Studies do JBI. O risco de viés do estudo foi considerado moderado, principalmente devido à alocação não randomizada, ao relato limitado de fatores de confusão em potencial e à ausência de ajuste multivariado. Por outro lado, a avaliação dos desfechos utilizou escalas padronizadas de cicatrizes, com um período de seguimento adequado de 12 meses (Tabela 6). De modo geral, os estudos incluídos apresentaram qualidade de moderada a alta, sustentando a validade dos achados sintetizados.

### DISCUSSÃO

A cicatrização de feridas é um processo biológico dinâmico que progride por fases sobrepostas: inflamação, proliferação e remodelação. A cicatrização eficaz envolve sinalização pró- e anti-inflamatória rigorosamente regulada, proliferação de fibroblastos e remodelação da matriz extracelular (MEC). A desregulação em qualquer fase, mas de forma mais crítica na fase de remodelação, pode levar à cicatrização patológica, caracterizada por deposição anormal de colágeno e atividade persistente de fibroblastos.<sup>14,15</sup>

Cicatrizes hipertróficas e queloides são cicatrizes patológicas caracterizadas por crescimento excessivo de tecido fibrotico, embora apresentem diferenças quanto à extensão e às características histológicas. As cicatrizes hipertróficas permanecem confinadas ao local da lesão inicial e podem regredir espontaneamente, enquanto os queloides se estendem além dos limites da ferida e tendem a ser permanentes e sintomáticos.

**Tabela 4: Avaliação de risco de viés de ensaios clínicos randomizados usando o instrumento Cochrane RoB 2.**

Autor (ano)	Processo de randomização	Desvios das intervenções pretendidas	Classificação de intervenções	Dados ausentes	Medida dos desfechos	Relato seletivo
Daoud et al. (2019) <sup>12</sup>	Baixo risco	Baixo risco	Baixo risco	Baixo risco	Baixo risco	Algumas preocupações
Kim et al. (2021) <sup>10</sup>	Baixo risco	Baixo risco	Baixo risco	Baixo risco	Baixo risco	Algumas preocupações
Zhang et al. (2023) <sup>4</sup>	Baixo risco	Baixo risco	Baixo risco	Baixo risco	Baixo risco	Algumas preocupações

**Tabela 5: Avaliação crítica do estudo de série de casos com base na checklist do JBI.**

Pergunta	Dahm et al. (2023) <sup>11</sup>
Houve critérios claros para inclusão na série de casos?	Sim
A condição foi medida de forma padronizada e confiável para todos os participantes incluídos na série de casos?	Sim
Métodos válidos foram usados na identificação da condição para todos os participantes incluídos na série de casos?	Sim
A série de casos teve inclusão consecutiva de participantes?	Incerto
A série de casos teve inclusão completa de participantes?	Sim
A demografia dos participantes do estudo foi relatada claramente?	Sim
As informações clínicas dos participantes foram relatadas claramente?	Sim
Os desfechos ou resultados de seguimento dos casos foram relatados claramente?	Sim
As informações relativas a sítio de apresentação e demografia clínica foram relatadas claramente?	Sim
A análise estatística foi apropriada?	Sim

TABELA 6: Avaliação crítica do estudo de coorte retrospectivo com base na checklist do JBI.

Pergunta	Dai et al. (2025) <sup>13</sup>
Os dois grupos eram semelhantes e recrutados da mesma população?	Incerto
As exposições foram medidas de forma semelhante para classificar os participantes nos grupos exposto e não exposto?	Sim
A exposição foi medida de forma válida e confiável?	Sim
Fatores de confusão foram identificados?	Incerto
Foram aplicadas estratégias para lidar com os fatores de confusão estabelecidos?	Não
Os participantes estavam livres do desfecho no início do estudo (ou no momento da exposição)?	Sim
Os desfechos foram avaliados de forma válida e confiável?	Sim
O tempo de seguimento foi relatado e foi suficiente para a ocorrência dos desfechos?	Sim
Houve seguimento completo dos participantes e se não, as razões para perdas de seguimento foram descritas e analisadas?	Incerto
Foram utilizadas estratégias para lidar com seguimento incompleto?	Incerto
Foi utilizada análise estatística apropriada?	Sim

Globalmente, estima-se que mais de 100 milhões de novas cicatrizes sejam formadas anualmente, sendo aproximadamente 11 milhões delas queloides. Sua etiologia é multifatorial, incluindo inflamação crônica, desregulação da sinalização do fator de crescimento transformador beta (TGF- $\beta$ ), tensão mecânica, hipóxia e predisposição genética.<sup>14-16</sup>

As estratégias de manejo atuais incluem excisão cirúrgica, injeções intralesionais de corticoides, terapia com silicone, malhas compressivas, crioterapia e terapia a laser. Entretanto, os tratamentos tradicionais muitas vezes resultam em respostas incompletas e apresentam altas taxas de recorrência, particularmente nos queloides, nos quais a recorrência pós-excisão pode chegar a 70%. Essas limitações têm impulsionado a investigação de terapias combinadas que atuem em múltiplas vias envolvidas na formação de cicatrizes.<sup>14,17,18</sup> Uma abordagem promissora é o uso da LIP em combinação com a FLT. A LIP atua sobre componentes vasculares e pigmentares por meio da fototermólise seletiva, enquanto a FLT promove remodelação dérmica e estimula a neocolagênese por meio de microlesões térmicas. Esse mecanismo sinérgico está alinhado à natureza multifatorial da formação de cicatrizes patológicas, oferecendo uma abordagem terapêutica mais abrangente, minimamente invasiva e bem tolerada.<sup>4,9,19</sup>

A LIP é uma tecnologia não laser que emite luz policromática de alta intensidade em uma ampla faixa de comprimentos de onda (normalmente 500–1200 nm). Seu mecanismo de ação se baseia na fototermólise seletiva, na qual determinados cromóforos no organismo, principalmente hemoglobina e melanina, absorvem comprimentos de onda específicos, gerando dano térmico controlado. Nas cicatrizes, a LIP atua seletivamente sobre a hemoglobina para induzir coagulação na neovasculatura, reduzindo a vascularização e o eritema em cicatrizes hipertróficas. Ademais, os efeitos térmicos podem limitar a disponibilidade de oxigênio para fibroblastos hiperproliferativos, reduzindo indiretamente a síntese de colágeno e promovendo a remodelação.<sup>9,12</sup>

Além dos efeitos vasculares, a LIP influencia as discromias ao atuar sobre a melanina, o que reduz a hiperpigmentação ob-

servada com frequência em cicatrizes hipertróficas. A LIP também pode induzir discretamente a remodelação dérmica por meio de dano térmico de baixa intensidade, promovendo a expressão de metaloproteinasas da matriz (MMPs) e inibindo o TGF- $\beta$ 1, uma importante citocina profibrótica. Clinicamente, a LIP tem demonstrado reduzir a espessura, o eritema e a rigidez das cicatrizes, com baixo tempo de recuperação e bom perfil de segurança.<sup>4,9,12</sup>

A FLT, particularmente os lasers fracionados ablativos de CO<sub>2</sub>, transmite energia em padrão pixelado, criando zonas microtérmicas (MTZs) que penetram a epiderme e a derme. Essa lesão controlada estimula uma resposta de cicatrização exacerbada que inclui a suprarregulação de MMPs (por exemplo, MMP-1 e MMP-9), dissolução de colágeno desorganizado e deposição de colágeno novo e organizado.<sup>20,21</sup>

A abordagem fracionada permite a reepitelização rápida, preservando o tecido adjacente não tratado e proporcionando melhor equilíbrio entre segurança e eficácia. Do ponto de vista histológico, a FLT reduz a fibrose dérmica; normaliza a arquitetura distorcida da cicatriz hipertrófica, promovendo o seu achatamento; e melhora flexibilidade, vascularização e pigmentação por meio da remodelação da MEC e da modulação do fenótipo dos fibroblastos. A FLT também pode modular citocinas inflamatórias e suprimir a sinalização do TGF- $\beta$ 1, limitando a superprodução de colágeno na patogênese das cicatrizes. Clinicamente, diversos estudos e meta-análises confirmam melhorias importantes nos escores VSS e POSAS pós-FLT, especialmente nos parâmetros de espessura, flexibilidade e pigmentação.<sup>19-21</sup>

A LIP e a FLT são eficazes como monoterapias, mas sua combinação oferece benefícios sinérgicos ao abordar diferentes aspectos fisiopatológicos da formação de cicatrizes. A LIP atua principalmente sobre a vascularização e a pigmentação, contribuindo para a modulação precoce da resposta inflamatória e para a redução do eritema e da hiperpigmentação. Enquanto isso, a FLT promove a remodelação dérmica profunda, atuando sobre a espessura da cicatriz, a desorganização do colágeno e as irregularidades texturais.<sup>4,10,12,19</sup>

O uso complementar de LIP e FLT tem demonstrado maior eficácia no manejo de cicatrizes ao atuar sobre múltiplas características patológicas. No estudo de Dahm et al., a terapia combinada com CO<sub>2</sub> e LIP melhorou significativamente os parâmetros da cicatriz, incluindo dor, prurido, cor, rigidez e espessura, com melhoria relevante em todos os domínios do POSAS após uma única sessão. É importante destacar que o tratamento foi bem tolerado, sem eventos adversos graves relatados e apenas 2 casos de infecções leves e autolimitadas.<sup>11</sup> De forma semelhante, Daoud et al. observaram que a combinação de LIP com laser fracionado de CO<sub>2</sub> resultou em melhoria superior na textura e cor da cicatriz em comparação com o laser de CO<sub>2</sub> isolado, sem relato de eventos adversos durante o estudo, reforçando a segurança da modalidade combinada.<sup>12</sup> Em um ensaio com divisão da ferida (split wound), Kim et al. demonstraram que o tratamento precoce combinado com LIP e laser Er:YAG proporcionou prevenção significativamente melhor de cicatrizes em comparação ao Er:YAG isolado ou ao controle e foi bem tolerado ao longo do seguimento, sem eventos adversos graves.<sup>10</sup> Zhang et al. relataram que a combinação de laser fracionado de CO<sub>2</sub> com LIP de banda estreita promoveu melhoria significativa do prurido, cor, rigidez e irregularidade em comparação à LIP isolada, com 100% de satisfação do paciente no grupo combinado e sem relatos de complicações graves, indicando um perfil de segurança favorável.<sup>4</sup> De forma consistente com esses ensaios de intervenção, Dai et al. demonstraram que o tratamento preventivo precoce com LIP combinada com laser fracionado de érbio resultou em escores VSS significativamente menores para cor, espessura, vascularização, flexibilidade e escore total aos 12 meses, em comparação à terapia convencional isolada, sugerindo que os benefícios da terapia combinada se estendem além de cicatrizes estabelecidas para a prevenção da formação de cicatrizes hipertróficas.<sup>13</sup> Coletivamente, esses achados sugerem que a combinação de LIP e lasers fracionados oferece benefícios sinérgicos na melhoria das cicatrizes, ao mesmo tempo em que mantém um perfil de segurança aceitável, configurando uma estratégia terapêutica segura e abrangente para o manejo de cicatrizes patológicas. Essa abordagem multimodal está alinhada com conceitos atuais de algoritmos para manejo de cicatrizes, nos quais tratamentos direcionados a componentes vasculares, como a LIP, são iniciados precocemente, seguidos pela remodelação estrutural com FLT. Essas estratégias integradas permitem planos terapêuticos individualizados e abrangentes, com desfechos estéticos e funcionais superiores.

### Pontos fortes e limitações

Esta revisão sistemática apresenta diversos pontos fortes. Em primeiro lugar, ela foi conduzida de acordo com as diretrizes PRISMA e previamente registrada na base PROSPERO, o que reforça o rigor metodológico e a transparência do relato. Os estudos incluídos abrangem múltiplos países e diversos tipos de cicatrizes patológicas, como cicatrizes pós-operatórias e hipertróficas, aumentando a generalização dos resultados. Diversos

estudos utilizaram instrumentos padronizados de avaliação dos desfechos, como POSAS, MSS e VSS, permitindo a mensuração da eficácia terapêutica de forma consistente e objetiva. A terapia combinada com LIP e FLT demonstrou redução estatisticamente significativa da proeminência das cicatrizes em todos os estudos em relação à cor, espessura e rigidez, ao mesmo tempo que manteve um perfil de segurança favorável. Eventos adversos leves e autolimitados, como eritema transitório e leve ardor, foram relatados, assim como altos níveis de satisfação do paciente. Além disso, a inclusão de uma coorte preventiva precoce para avaliar a combinação de LIP e laser fracionado em contexto pós-traumático sugere que os benefícios dessa abordagem podem se estender além do tratamento de cicatrizes patológicas estabelecidas, alcançando também a prevenção da formação de cicatrizes hipertróficas, o que amplia sua aplicabilidade clínica ao longo de todo o espectro das cicatrizes.

Apesar desses pontos fortes, algumas limitações devem ser consideradas. Apenas 5 estudos foram incluídos, totalizando 288 pacientes, a maioria com tamanhos amostrais reduzidos e períodos de seguimento curtos (≤6 meses na maioria dos estudos, com apenas um apresentando dados de 12 meses), o que limita a avaliação de desfechos em longo prazo. Observou-se também heterogeneidade nos parâmetros de tratamento, incluindo níveis de energia, número de sessões e tipos de dispositivos, o que limita a reprodutibilidade e a comparabilidade entre os estudos. Foram incluídos 3 ensaios clínicos randomizados, porém nenhum apresentou protocolo previamente registrado ou implementou cegamento plenamente, o que pode constituir uma fonte de vies. Além disso, faltam comparações diretas entre a terapia combinada LIP-FLT e terapias não laser padrão, como corticoides intralesionais, malhas compressivas e placas de silicone. Por fim, nenhum dos estudos incluídos avaliou sistematicamente a relação custo-benefício, a utilização de recursos ou a integração ao fluxo de trabalho, aspectos críticos para a ampla adoção da terapia combinada LIP-FLT. Estudos futuros devem incorporar avaliações econômicas, incluir pacientes com maior diversidade de fototipos e utilizar protocolos terapêuticos e medidas de desfecho padronizados para fortalecer a base de evidências.

### CONCLUSÕES

A combinação de LIP e FLT representa uma abordagem promissora no manejo de cicatrizes. Ao atuar simultaneamente sobre componentes vasculares e estruturais, essa terapia de dupla modalidade proporciona benefícios em termos de textura, cor e espessura da cicatriz e de satisfação do paciente. As evidências disponíveis sugerem que a terapia combinada apresenta perfil de segurança favorável, com eventos adversos mínimos. Com base nesses achados, a combinação de LIP com FLT pode representar uma opção terapêutica segura, eficaz e minimamente invasiva para o manejo de cicatrizes patológicas. Estudos adicionais, de maior escala e de longo prazo, são necessários para padronizar protocolos de tratamento e confirmar a eficácia clínica. ●

## REFERÊNCIAS:

1. Wang ZC, Zhao WY, Cao Y, Liu YQ, Sun Q, Shi P, et al. The roles of inflammation in keloid and hypertrophic scars. *Front Immunol.* 2020;11:603187.
2. Lubczyńska A, Garnarczyk A, Wcisło-Dziadecka D. Effectiveness of various methods of manual scar therapy. *Skin Res Technol.* 2023;29(3):e13272.
3. Atiyeh B, Ibrahim A. Nonsurgical management of hypertrophic scars: evidence-based therapies, standard practices, and emerging methods: an update. *Aesthetic Plast Surg.* 2020;44(4):1345–7.
4. Zhang Y, Ye R, Dong J, Bai Y, He Y, Ni W, et al. Efficacy and safety of ablative CO2 fractional laser and narrowband intense pulsed light for the treatment of hypertrophic scars: a prospective, randomized controlled trial. *J Dermatol Treat.* 2023;34(1).
5. Tian Q, Zhang YX, Wang JJ, Huang GB. Advances in photoelectric therapy for the early intervention and treatment of traumatic scars. *Clin Cosmet Investig Dermatol.* 2023;16:869–77.
6. Barone N, Safran T, Vorstenbosch J, Davison PG, Cugno S, Murphy AM. Current advances in hypertrophic scar and keloid management. *Semin Plast Surg.* 2021;35(3):145–52.
7. Almeghawesh Y. The efficacy of low energy fractional carbon dioxide laser therapy in management of post-surgical hypertrophic scars. *Int J Health Sci (Qassim).* 2023;7(51):2794–802.
8. Simbolon Sitohang IB, Sirait SAP, Safira FD. Fractional carbon dioxide laser for treating hypertrophic scars: a systematic review of randomised trials. *Australas J Dermatol.* 2022;63(1):27–35.
9. Thanh LT, Quan TS, Anh LV, Hung TQ, Vuong NL. The efficacy of intense pulsed light in the treatment of keloids and hypertrophic scars. *J Lasers Med Sci.* 2023;14.
10. Kim JC, Kang SY, Kim HO, Park CW, Kwon O, Chung BY. Efficacy of combined treatment with intense pulsed light and fractional erbium:YAG Laser in scar prevention: A randomized split wound trial. *Dermatol Ther.* 2021;34(5).
11. Dahm S, Lee G, Cleland H, Menezes H, Ng S. The use of carbon dioxide and intense pulsed light laser for the treatment of hypertrophic burn scars: A case series. *Scars Burn Heal.* 2023 Jan;9:20595131231202104.
12. Daoud AA, Gianatasio C, Rudnick A, Michael M, Waibel JS. Efficacy of combined intense pulsed light (ipl) with fractional co2-laser ablation in the treatment of large hypertrophic scars: a prospective, randomized control trial. *Lasers Surg Med.* 2019;51(8):678–85.
13. Dai Q, Cheng L, Wang C. The effectiveness of early treatment with intense pulsed light combined with fractional erbium laser in preventing post-traumatic hypertrophic scar formation. *J Craniofac Surg.* 2025;36(3):e342–5.
14. Riedemann HI, Schmidt MF, Baron JM. Therapy of pathological scars. *JDDG - J German Soc Dermatol.* 2023;21(7):761–76.
15. Ma Y, Liu Z, Miao LL, Jiang X, Ruan H, Xuan R, et al. Mechanisms underlying pathological scarring by fibroblasts during wound healing. *Int Wound J.* 2023;20(6):2190.
16. Li S, Ding H, Yang Y, Yu B, Chen M. Global research status of pathological scar reported over the period 2001–2021: A 20-year bibliometric analysis. *Int Wound J.* 2023;20(5):1725–38.
17. Bronte J, Zhou C, Vempati A, Tam C, Khong J, Hazany S, et al. A comprehensive review of non-surgical treatments for hypertrophic and keloid scars in skin of color. *Clin Cosmet Investig Dermatol.* 2024;17:1459.
18. Ogawa R. Keloid and hypertrophic scars are the result of chronic inflammation in the reticular dermis. *Int J Mol Sci.* 2017;18(3).
19. Wang J, Yu Q, Zhou Q, Tao M, Cao Y, Yang X. Application of fractional carbon dioxide laser monotherapy in keloids: a meta-analysis. *J Cosmet Dermatol.* 2024;23(4):1178–86.
20. Peng W, Zhang X, Kong X, Shi K. The efficacy and safety of fractional CO2 laser therapy in the treatment of burn scars: a meta-analysis. *Burns.* 2021;47(7):1469–77.
21. Almeghawesh Y. The efficacy of low energy fractional carbon dioxide laser therapy in management of post-surgical hypertrophic scars. *Int J Health Sci (Qassim).* 2023;7(51):2794–802.

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES:

**Indira Saraswati Sanjaya**  ORCID 0009-0000-6616-1657

Análise estatística, Aprovação da versão final do manuscrito, Elaboração e redação do manuscrito, Obtenção, análise e interpretação dos dados, Participação efetiva na orientação da pesquisa, Revisão crítica da literatura, Revisão crítica do manuscrito.

**Kelvin Kohar**  ORCID 0000-0002-4789-0747

Análise estatística, Aprovação da versão final do manuscrito, Elaboração e redação do manuscrito, Obtenção, análise e interpretação dos dados, Participação efetiva na orientação da pesquisa, Revisão crítica do manuscrito.

**Chastine Harlim**  ORCID 0009-0007-1979-249X

Aprovação da versão final do manuscrito, Concepção e planejamento do estudo, Elaboração e redação do manuscrito, Obtenção, análise e interpretação dos dados, Revisão crítica do manuscrito.

**Lili Legiawati**  ORCID 0000-0002-5793-2525

Aprovação da versão final do manuscrito. Concepção e planejamento do estudo, Elaboração e redação do manuscrito, Participação efetiva na orientação da pesquisa, Revisão crítica do manuscrito.

**Nandita Melati Putri**  ORCID 0000-0003-0839-7877

Aprovação da versão final do manuscrito. Concepção e planejamento do estudo, Elaboração e redação do manuscrito, Participação efetiva na orientação da pesquisa, Revisão crítica do manuscrito.