

Tecido emissor de infravermelho longo: Avaliação dos efeitos sobre a celulite

Far infrared emitting tissue: Evaluation of the effects on cellulite

Tejido emisor de infrarrojos lejanos: Evaluación de los efectos sobre la celulites

Recebido: 04/09/2024 | Revisado: 11/09/2024 | Aceitado: 11/09/2024 | Publicado: 17/09/2024

Rodrigo Fabrizzio Inácio¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1464-0466>

Universidade de São Caetano do Sul, Brasil

E-mail: rFabrizzio1@gmail.com

Maria Cecília da Costa Pinto¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1726-3854>

Centro Universitário Claretianos, Brasil

Universidade de São Caetano do Sul, Brasil

E-mail: ceciliapintopereira2009@hotmail.com

Marcela Sene-Fiorese¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3886-4667>

Universidade de São Caetano do Sul, Brasil

E-mail: senefiorese2006@gmail.com

Resumo

A celulite possui uma etiologia multifatorial e causa alterações significativas na camada subcutânea, incluindo edema, lipodistrofia e desvio fibroso do tecido conjuntivo. Essas mudanças estão relacionadas a fatores hormonais e à presença de mediadores inflamatórios. Neste contexto, o infravermelho longo (IVL) tem apresentado efeitos benéficos sobre o metabolismo e função celular, aumentando a biodisponibilidade de óxido nítrico (NO) e Ca²⁺, melhorando a circulação sanguínea. Este estudo objetivou avaliar os efeitos do uso de uma calça confeccionada com tecido emissor de IVL em mulheres com celulite. Esta pesquisa foi submetida e aprovada por Comitê de Ética em Pesquisa. Foram selecionadas 16 mulheres, sedentárias, de 30 a 55 anos, com grau 1 a 4 de celulite. As participantes receberam duas calças confeccionada com tecido emissor de IVL, tecnologia INFUSION (BEAUTYTECH®, Guariba, SP, Brasil). O uso da calça foi por um período de 6 horas diárias (8:00 as 18:00h), 5 vezes na semana, durante um mês. Avaliações antes e após tratamento foram realizadas (fotografia, ultrassom e termografia). Os dados quantitativos foram tabulados para realização da análise estatística. As imagens foram analisadas qualitativamente. O uso de uma calça confeccionada com tecido emissor de infravermelho longo (IVL), nas condições experimentais apresentadas, demonstrou promover uma discreta redução do edema e uma significativa diminuição da temperatura superficial. Esses efeitos resultaram em uma melhoria qualitativa na aparência das alterações cutâneas, incluindo a textura da pele e a profundidade das depressões. Os resultados preliminares indicam que essa tecnologia pode ser uma estratégia terapêutica promissora no tratamento da celulite.

Palavras-chave: Fotobiomodulação; Terapia com luz de baixa intensidade; Celulite; Estética.

Abstract

Cellulite has a multifactorial etiology and causes significant changes in the subcutaneous layer, including edema, lipodystrophy, and fibrous deviation of the connective tissue. These changes are related to hormonal factors and the presence of inflammatory mediators. In this context, far infrared (FIR) has shown beneficial effects on cellular metabolism and function, increasing the bioavailability of nitric oxide (NO) and Ca²⁺, and improving blood circulation. This study aimed to evaluate the effects of using pants made of FIR-emitting fabric in women with cellulite. This research was submitted to and approved by the Research Ethics Committee. Sixteen sedentary women aged 30 to 55 years, with grade 1 to 4 cellulite were selected. The participants received two pants made of FIR-emitting fabric, INFUSION technology (BEAUTYTECH®, Guariba, SP, Brazil). The pants were worn for a period of 6 hours a day (8:00 a.m. to 6:00 p.m.), 5 times a week, for one month. Assessments before and after treatment were performed (photography, ultrasound, and thermography). Quantitative data were tabulated for statistical analysis. The images were analyzed qualitatively. The use of pants made of long-infrared (IVL) emitting fabric, under the experimental conditions presented, was shown to promote a slight reduction in edema and a significant decrease in surface temperature. These effects resulted in a qualitative improvement in the appearance of skin changes, including

¹ Instituto Phorte, Universidade de São Caetano do Sul, USCS, Núcleo de Pós-Graduação em Estética, Brasil.

skin texture and the depth of depressions. Preliminary results indicate that this technology may be a promising therapeutic strategy in the treatment of cellulite.

Keywords: Photobiomodulation; Low-intensity light therapy; Cellulite; Aesthetics.

Resumen

La celulitis tiene una etiología multifactorial y provoca cambios significativos en la capa subcutánea, incluyendo edema, lipodistrofia y desviación fibrosa del tejido conectivo. Estos cambios están relacionados con factores hormonales y la presencia de mediadores inflamatorios. En este contexto, el infrarrojo largo (VIL) ha mostrado efectos beneficiosos sobre el metabolismo y la función celular, aumentando la biodisponibilidad del óxido nítrico (NO) y Ca²⁺, mejorando la circulación sanguínea. Este estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos del uso de pantalones confeccionados con tejido emisor de IVL en mujeres con celulitis. Esta investigación fue presentada y aprobada por el Comité de Ética en Investigación. Se seleccionaron 16 mujeres sedentarias, de 30 a 55 años, con grados 1 a 4 de celulitis. Los participantes recibieron dos pantalones confeccionados con tejido emisor de IVL, tecnología INFUSION (BEAUTYTECH®, Guariba, SP, Brasil). Los pantalones se usaron por un período de 6 horas al día (8:00 am a 6:00 pm), 5 veces por semana, durante un mes. Se realizaron valoraciones antes y después del tratamiento (fotografía, ecografía y termografía). Los datos cuantitativos se tabularon para realizar análisis estadísticos. Las imágenes fueron analizadas cualitativamente. El uso de pantalones confeccionados con tejido emisor de infrarrojo lejano (IVL), en las condiciones experimentales presentadas, demostró promover una ligera reducción del edema y una disminución significativa de la temperatura de la superficie. Estos efectos dieron como resultado una mejora cualitativa en la apariencia de los cambios de la piel, incluida la textura de la piel y la profundidad de las depresiones. Los resultados preliminares indican que esta tecnología puede ser una estrategia terapéutica prometedora en el tratamiento de la celulitis.

Palabras clave: Fotobiomodulación; Terapia de luz de baja intensidad; Celulitis; Estética.

1. Introdução

A Lipodistrofia Ginóide ou fibro edema gelóide conhecida popularmente conhecida como celulite, são modificações no tecido adiposo hipodérmico e na microcirculação, ocasionada por alterações dos tecidos sanguíneos oriunda de uma série de eventos complexos que abrangem epiderme, derme e tecido adiposo subcutâneo). É considerada um dos problemas estéticos mais importantes para as mulheres, com implicações psicológicas. Embora ainda faltem dados epidemiológicos exatos, a maioria dos estudos afirma que a celulite está presente em 80-90% das mulheres pós-púberes. Essa alta prevalência e a disponibilidade dos tratamentos aumentaram a demanda de pacientes (Hernandes et al., 2022; Atamoros et al., 2018; Manoel et al., 2014).

Pode ser clinicamente definida como uma alteração visível na pele, ocorrendo principalmente em mulheres, na região pélvica, abdômen e membros inferiores, caracterizando-se pelo efeito “casca de laranja”. Alterações importantes da celulite incluem depressões e áreas elevadas, com depressões correspondentes à retração da pele pelos septos fibrosos subcutâneos e áreas elevadas a projeções de gordura e estruturas subcutâneas para a superfície da pele. A frouxidão ou flacidez da pele agrava ainda mais as alterações da celulite (Tomczyk; Malara, 2023; Hernandez et al., 2022; Longhitano et al., 2020).

Fatores como obesidade, sobrepeso, gordura localizada e cutânea, o uso de contraceptivos hormonais, estresse, estilo de vida sedentário, hereditariedade, disfunções hormonais, gravidez, ingestão excessiva de cafeína e bebidas alcoólicas, nutrição inadequada, mudanças circulatórias e fatores mecânicos podem contribuir para o desenvolvimento da celulite (Gabriel et al., 2023; Atamoros et al., 2018; Manoel et al., 2014; Paula & David, 2011).

A etiologia da celulite ainda não está clara, sendo considerada como multifatorial e o seu tratamento tem como alvo o tecido adiposo hipodérmico e subcutâneo, a derme e os septos fibrosos com vários graus de sucesso e durabilidade da resposta (Bass, Kaminer, 2020). De fato, existem diferentes tipos de estratégias para o tratamento da celulite que agem na modulação da inflamação, estruturação da matriz de colágeno, aumento da circulação atuando na redução do edema e aumento do metabolismo celular (Sadick, 2019). Neste sentido, a fotobiomodulação apresenta-se como uma estratégia terapêutica não farmacológica capaz de aumentar a produção de ATP mitocondrial, a sinalização celular e a síntese do fator de crescimento, além de atenuar o estresse oxidativo (Hourelid, 2019; Heiskanen & Hamblin, 2018; Tsai & Hamblin, 2017; Calderhead &

Vasily, 2016; Barolet et al., 2016), podendo ser uma forma de tratamento da celulite.

Inicialmente, é importante saber que as aplicações terapêuticas da luz são dependentes da sua capacidade de penetração no tecido biológico; da deposição da energia. A luz é uma energia radiante que se propaga em ondas eletromagnéticas organizadas em comprimentos distintos, onde cada região do espectro eletromagnético apresenta fótons com diferentes concentrações de energias, que irão determinar o tipo de interação com os átomos e/ou moléculas presentes no tecido. São os fótons que transportam a energia contida nas radiações eletromagnéticas com propriedades de partícula e de onda. O espectro de radiação eletromagnética organiza-se em ordem crescente de energia, desta forma, quanto menor o comprimento de onda, maior será a energia do fóton. Além disso, cada comprimento de onda do espectro da luz visível está associado uma cor (Tsai & Hamblin, 2017).

Por sua vez, os raios infravermelhos (IV), localizados no espectro eletromagnético entre as micro-ondas e a faixa vermelha da luz visível apresentam subdivisões: IV curto (0,7-1,4 μm) e IV longo (3-100 μm), ambos são absorvidos pelos tecidos corporais humanos (Vatansever & Hamblin, 2012; Bashkatov et al., 2005) e possuem diversas aplicações terapêuticas, como auxiliar no tratamento de lesões musculares, tendinopatias, artrite, artrose e dores na coluna (Alves et al., 2013), imunomodulação, regeneração tecidual, cicatrização de feridas cutâneas (Anders et al., 2015), alívio da rigidez e fadiga da artrite reumatoide e espondilite anquilosante, tratamento de distúrbios oftálmicos, neurológicos e psiquiátricos (Tsai, Hamblin, 2017), melhorar a microcirculação (Yu et al., 2006), redução da gordura corporal (Sene-Fiorese et al., 2015; Conrado, Munin, 2011) e, ainda, reduzir a fadiga (Leung et al., 2011; de Brito Vieira et al., 2014).

Desta forma, o presente trabalho propõe o uso de uma calça confeccionada com fio de poliamida impregnado com nanopartículas cerâmicas emissoras de IVL, para testar a eficácia dessa estratégia de emissão na melhora da celulite.

2. Método

Foram selecionadas 16 participantes, mulheres, sedentárias, com idade de 30 a 55 anos, recrutadas através de divulgação veículos de comunicação (rádio, jornais, entre outros). Os critérios de inclusão foram: ter celulite de grau 1 a 4, de acordo com o critério padronizado por Hexsel (2009) e ser sedentária.

Os critérios de exclusão foram: ter realizado tratamento estético ou cosmético para celulite a menos de 1 ano; fazer uso de medicamentos ou chás diuréticos; estar em tratamento com uso de anti-inflamatórios e/ou corticóides. Além disso, as seguintes contraindicações foram consideradas como critério de exclusão: ser gestante ou estar amamentando, hipotireoidismo, diabetes, doenças circulatórias e uso de esteróides anabolizantes (Conrado & Munin, 2013).

Todas as participantes foram informadas acerca dos procedimentos metodológicos da pesquisa (protocolo experimental e análises) assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de autorização para uso da imagem. Esta pesquisa foi aprovada por um comitê de Ética em Pesquisa através da Plataforma Brasil, Parecer nº 6.334.563. Foram entregues duas unidades da calça confeccionada com tecido emissor de IVL para cada participante, sendo todas orientadas a usá-la por um período de 6 horas diárias, durante 5 vezes na semana, durante mês. O horário estabelecido para uso foi da 8:00 as 18:00h.

O tecido da calça possui gramatura 225 g/m², com 88% de fio impregnado de nanopartículas cerâmicas emissoras de IVL (EMANA®), e 12% de Elastano (Rhodia Poliamida Especialidades LTDA) idêntico ao utilizado no estudo de Gaspari (2018), tecnologia denominada INFUSION da empresa BEAUTYTECH® (Guariba, SP, Brasil). As características do IVL emitido pelo material foram testadas (radiômetro e FT-IR espectrofotômetro) por dois institutos independentes de medidas (*Institute for Technological Research*, SP - Brazil e *Korea Institute of Far Infrared Applied Estimation*, Seokchon-Dong, Songpa-GU, South Korea). A irradiância do material a 35°C foi de 134±6 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$; o comprimento de onda de 5-20 μm , a

potência $1,07 \pm 0,05$ W (Gaspari, 2018).

Baseado nos valores apresentados por Gaspari (2018), estima-se que a dose de energia irradiada no presente projeto foi de aproximadamente 23,112 KJ e dose de $2,90$ J/cm² em 6 horas de uso diária. Lembrando que o total de horas previsto de uso foi de 120 horas, distribuída ao longo dos dias de uso, com intervalos de 2 dias sem uso, a cada 30 horas de uso.

Antes e após o protocolo experimental, foram realizadas as seguintes avaliações em todas as participantes: Anamnese; Registro fotográfico corporal, com uma câmera digital Nikon P830, que foram posteriormente analisadas por dois pesquisadores independentes, utilizando uma escala Likert de cinco pontos para avaliação da aparência, textura, profundidade das depressões e resultado final. Termografia, utilizando câmera termográfica FLUKE®, cujas imagens analisadas posteriormente através do software Fluck Connect®. Todas as imagens foram tomadas na mesma distância, de preferência com usando as mesmas roupas piscina/praias ou roupas íntimas, com as participantes em pé, nas posições frontal e dorsal.

Também foi analisada a espessura da camada subcutânea adiposa de uma área pré-determinada da região glútea, utilizando o Ultrassom BX 2000 (BodyMetrix™) seguindo as orientações do fabricante. Como forma de controle de variável dependente, a composição corporal foi mensurada Bioimpedância (InBody120, Ottoboni) de acordo com as orientações da técnica.

Os valores de espessura do tecido adiposo subcutâneo e temperaturas médias foram tabulados em planilhas. A análise estatística foi realizada usando o programa STATISTICA versão 7.0 para Windows (StatSoft Inc.,Tulsa, OK). O teste de Kolmogorov–Smirnov foi aplicado para avaliar a suposição de normalidade para os dados. Dados paramétricos foram expressos como média, desvio padrão DP. Dados não paramétricos foram expressos como mediana (máximo e mínimo). O nível de significância foi definido em $p < 0,05$. Para analisar os efeitos da intervenção, ANOVA foi aplicada seguido pelo teste *post hoc* de *Tukey-Kramer Multiple Comparisons Test*.

As imagens fotográficas foram analisadas qualitativamente por dois pesquisadores especializados em estética independentes, de maneira cega, para avaliar as possíveis mudanças na aparência das alterações superficiais, na textura da pele, na profundidade das depressões e o resultado final do tratamento na região glútea. Para tal, utilizou-se os protocolos descritos por Hexsel (2009) e Kaminer et al. (2019), que foram adaptados para escala Likert de 5 pontos, onde os critérios foram: muita piora, piora, não melhorou ou piorou, melhorou e melhorou muito. As respostas foram tabuladas, sendo calculada a frequência percentual das suas ocorrências.

3. Resultados e Discussão

O uso de luz infravermelha longa possui diversos efeitos benéficos no tecido biológico, que têm sido amplamente estudados em contextos médicos e estéticos. Esta modalidade de terapia é particularmente atraente devido à sua capacidade de penetrar na pele e nos tecidos subjacentes, promovendo uma série de reações fisiológicas no sentido da homeostase tecidual, que podem resultar em melhora da saúde e da aparência da pele (Hernández-Bule et al., 2024; Glass, 2021, Hamblin, 2018; Hamblin, 2017; Hamblin, 2016).

Como anteriormente mencionado a etiologia da celulite ainda não está totalmente esclarecida, sendo considerada como uma condição multifatorial, que envolve a arquitetura da pele e do tecido conjuntivo, fatores inflamatórios, vasculares, endócrinos e genéticos (Vicente-Ruiz, 2023; Young & DiBernardo, 2021). Quanto a sua fisiopatologia, é complexa, envolvendo uma interação de fatores, dentre os quais podemos destacar as alterações edematosas e fibróticas no tecido adiposo (hipodérmico e subcutâneo), modificações no tecido conjuntivo, na microcirculação e nos processos inflamatórios (Tomczyk & Malara, 2023; Hernandes et al., 2022).

Neste contexto o Índice de Massa Corporal (IMC), não está diretamente relacionado com a ocorrência da celulite,

visto que esta tem sido reportada em pessoas cujo IMC é considerado eutrófico (Bass et al., 2023). Todavia, é sabido que o aumento do IMC tem forte associação com o aumento da espessura de ambas as camadas de gordura: aumento da altura da camada superficial e aumento do número de lóbulos de gordura na camada profunda (Gabriel et al., 2023; Hernandez et al., 2022).

No presente estudo o Índice de Massa Corporal e Percentual de Gordura das participantes foi mensurado com a finalidade de controle observacional, uma vez que estas podem afetar o fenômeno de observação da pesquisa (celulite) (Bass et al., 2023; Gabriel et al., 2023; Hernandez et al., 2022). Assim, na Tabela 1 pode ser verificado que não houve alterações significativas nesses parâmetros.

Tabela 1 - Sumário da Composição Corporal das Participantes.

	Pré-Tratamento	Pós-Tratamento
Índice de Massa Corporal (IMC) Kg/m ²	26,22 ± 3,53	26,16 ± 3,50
Percentual de Gordura Corporal (% G)	35,6 ± 5,45	35,17 ± 5,55

Fonte: Autoria própria (2024).

Pesquisas recentes têm aprimorado a compreensão dos fatores causais subjacentes à celulite. As quatro principais hipóteses incluem: o dimorfismo sexual na pele, resultante de fatores hormonais que causam afinamento dérmico; alterações no tecido da rede fibroseptal; modificações vasculares; e a inflamação (Bass et al., 2023; Bass, Kaminer, 2020).

No que se refere a inflamação, cabe destacar que os sinais clássicos do processo inflamatório são conhecidos desde a antiguidade, e incluem quatro manifestações principais: rubor, causado pela vasodilatação na área afetada, aumento o fluxo sanguíneo aumenta e resultando em uma coloração vermelha; calor: decorrente do aumento da temperatura local devido ao aumento da circulação sanguínea e à atividade metabólica das células inflamatórias na área afetada; dor: como resultado da liberação de mediadores químicos inflamatórios, como prostaglandinas e bradicininas, que sensibilizam as terminações nervosas e aumentam a percepção de dor na região inflamada. Edema (inchaço): que é o acúmulo de fluido no tecido intersticial, resultado do aumento da permeabilidade vascular e da saída de líquidos do sistema circulatório, provoca inchaço na área (Soares et al., 2023; Etienne et al., 2021; Nair et al., 2021).

Por sua vez, a hipótese da inflamação como um fator contribuinte para o desenvolvimento da celulite surgiu a partir da observação da sensibilidade aumentada ao beliscar a pele afetada. Sensibilidade que sugere que a inflamação de baixo grau nas estruturas septais pode levar à atrofia dérmica, enquanto a inflamação crônica é considerada um fator importante na formação de septos fibrosos. Além disso, a inflamação está associada ao dano endotelial observado na celulite (Bass et al., 2023; Bass & Kaminer, 2020).

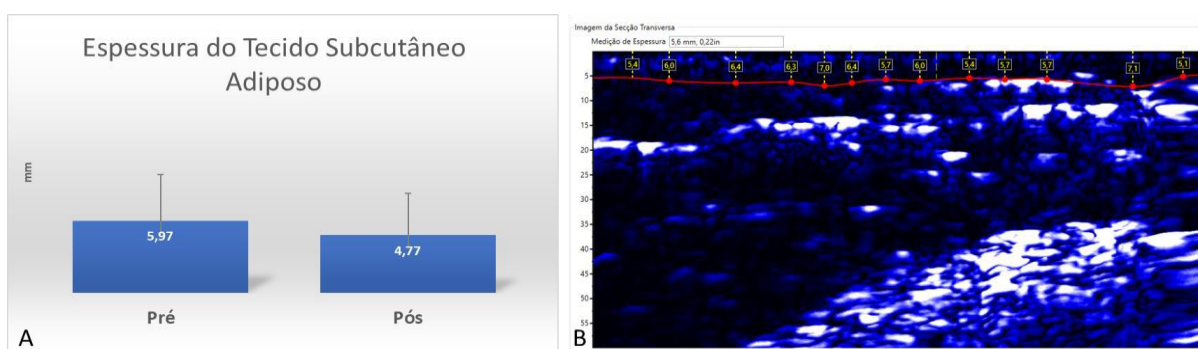
De acordo com Lopes-Martins et al. (2022) além da hipersensibilidade dolorosa, dor, edema, alterações de temperatura e infiltração de células inflamatórias, entre outros tem sido reportados. Os autores destacam que embora a celulite seja geralmente assintomática, os estágios mais graves podem ser acompanhados pelo aparecimento de nódulos dolorosos e aumento da temperatura local na derme e no tecido adiposo subcutâneo.

Quanto às alterações edematosas que ocorrem no tecido adiposo, alguns tratamentos para celulite buscam reduzir esse acúmulo de líquidos nos tecidos, estimulando-se o sistema linfático e circulatório (Tomczyk; Malara, 2023; Vicente-Ruiz, 2023; Gabriel et al., 2023). No presente estudo, a medida da espessura do tecido adiposo subcutâneo foi utilizada como medida duplamente indireta para avaliar o edema decorrente da celulite. Assim, verificamos que apesar de não apresentar diferenças estatísticas significantes na espessura pré versus pós tratamento com IVL, houve uma redução de 20% na espessura da camada

subcutânea na região glútea mensurada através do ultrassom (Figura 1).

Neste sentido, um dos principais efeitos do infravermelho longo é a promoção do aumento da circulação sanguínea. O calor gerado pela luz infravermelha provoca a dilatação dos vasos sanguíneos, mediada pelo óxido nítrico (NO), facilitando uma maior perfusão nas áreas tratadas (Leung et al., 2011; Conrado, Munin, 2011; Yu et al., 2006). Esse aumento no fluxo sanguíneo contribui para a oxigenação dos tecidos, possibilitando um transporte mais eficiente de nutrientes e uma remoção eficaz de resíduos metabólicos, que podem levar a redução do edema tecidual e além do potencial anti-inflamatório (Pastore et al., 2020; Vatansever, Hamblin, 2012; Leung et al., 2011).

Figura 1 - Valores médios da espessura (mm) da camada subcutânea da região glútea das participantes.



Onde: A. Valores médios das medidas de espessura do tecido subcutâneo das participantes. B. Imagem ilustrativa da avaliação da espessura subcutânea por ultrassom de uma participante. Fonte: Autoria própria (2024).

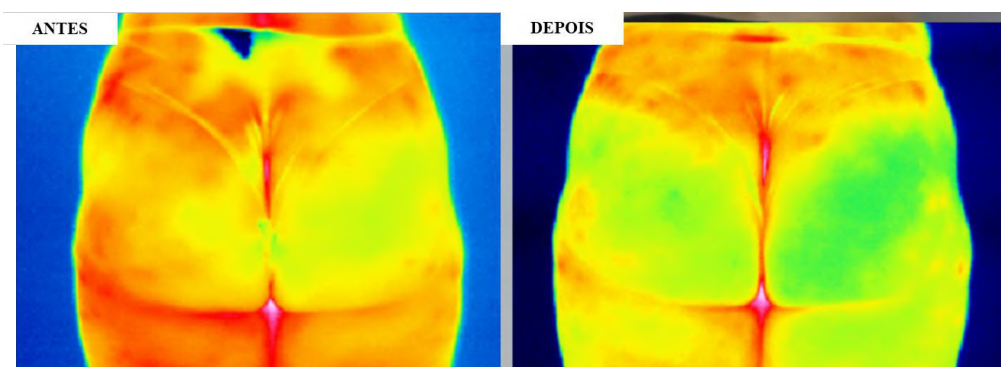
Além disso, como mencionado, o processo inflamatório está relacionado com o aumento da temperatura local e no caso da celulite, imagens termográficas tem sido utilizadas como ferramenta de avaliação de classificação e diagnóstico (Lopes-Martins et al., 2022; Mazurkiewicz et al., 2018; Wilczyński et al., 2017). Na presente pesquisa, as imagens termográficas das regiões anterior e posterior da coxa e da região glútea foram analisadas através do software Fluck Connect®, no qual foram determinados os valores médios de temperatura máxima em cada região. Como pode ser observado na Tabela 2, houve redução estatisticamente significativa da temperatura máxima após o tratamento com IVL nas três regiões analisadas. Essa redução na temperatura após o tratamento pode ser vista na Figura 2. A análise dessas imagens corroboram para confirmação da presença de inflamação na etiologia da celulite previamente publicadas (Lopes-Martins et al., 2022; Mazurkiewicz et al., 2018; Wilczyński et al., 2017).

Tabela 2 - Análise estatística das temperaturas máximas obtidas por termografia pré e pós do tratamento, nas seguintes regiões: anterior e posterior da coxa e glúteos.

Região	Pré-Tratamento	Pós-Tratamento	Valor de p
Anterior da coxa	35,21±1,17; IC 34,56: 35,87	33,06±1,57; IC 32,15: 33,97	0,001
Posterior da coxa	34,78±0,92; IC 34,27: 35,29	32,91±0,85; IC 32,42: 33,41	0,001
Glúteos	35,48±0,57; IC 35,16: 35,80	33,93±0,73; IC 33,51: 34,35	0,01

Onde: Valores apresentados em média ± desvio padrão e intervalo de confiança 95% (valor mínimo: valor máximo). Fonte: Autoria própria (2024).

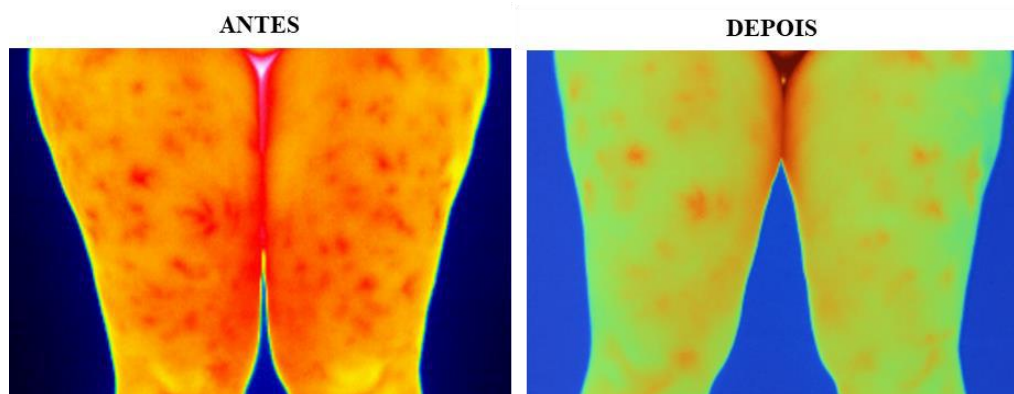
Figura 2 - Termografia da região glútea de uma participante.



Fonte: Autoria própria (2024).

Além disso, realizando-se durante a análise visual observou-se que cinco participantes apresentaram na avaliação inicial áreas pontuais onde a temperatura é maior. De acordo com Lopes-Martins et al. (2022) esse padrão é denominado como “dálmata” e está relacionado com distúrbios vasculares, como fluxo sanguíneo prejudicado ou estagnado, possivelmente resultantes de vasodilatação, podem levar à hipertermia, enquanto áreas fibróticas podem apresentar temperatura reduzida (hipotermia). Esses contrastes geram um ambiente altamente heterogêneo, que se reflete na aparência característica de dálmata com a qual pode apresentar diferentes temperaturas em uma mesma região. No presente estudo, o tratamento com IVL apresentou visual melhora nesse padrão das participantes, o qual está ilustrado pela Figura 3.

Figura 3 - Termografia ilustrando padrão “dálmata” observado na região anterior de coxa de uma participante .



Fonte: Autoria própria (2024).

Complementarmente, como visto em estudos que utilizaram “trajes” de IVL, os efeitos fisiológicos benéficos da entrega distribuída de uma alta energia (Gaspari, 2018; Youn et al., 2001;), é semelhante ao observada em estudos que utilizaram IV curto (Ferraresi et al., 2016; Nampo et al., 2016). É importante ressaltar que o infravermelho longo (IVL) emitido por esses materiais não causa alterações na temperatura do corpo. Isso assegura que os resultados observados em nosso estudo sejam independentes do aquecimento corporal e estejam relacionados exclusivamente à irradiação infravermelha longa (Leung, 2015; Vatansver, Hamblin, 2012).

No que se refere a classificação da celulite, sabe-se que esta é descrita em graus, onde no Grau 1, a celulite é somente percebida com compressão da pele ou contração muscular já que ainda não há alteração da sensibilidade ou dor. No Grau 2, a celulite já pode ser percebida mesmo sem a compressão do tecido, ficando ainda mais aparente com a compressão deste; no Grau 3 observa-se depressões na pele, em qualquer posição em que o indivíduo esteja, e esta já encontra-se enrugada e flácida

e com o relevo disforme devido às fibras do tecido conjuntivo estarem quase que totalmente danificadas. No Grau, tem-se edema elevado e desordenado apresentando pernas inchadas, pesadas e doloridas; aparecimento de fibroesclerose com perda acentuada da circulação; aumento das células gordurosas e depressões na pele devido a desorganização das fibras de colágeno e elastina do tecido conjuntivo (Atamoros et al., 2018; Manoel et al., 2014; Paula, David, 2011).

Na avaliação qualitativa das possíveis mudanças na aparência das alterações superficiais, na textura da pele, na profundidade das depressões da região glútea optou-se por utilizar os critérios de avaliação visual por imagem descritos por Hexsel (2009) e Kaminer et al. (2019). Do total de 32 avaliações fotográficas possíveis (16 participantes avaliados por dois pesquisadores especialistas independente), 29 foram consideradas para condição sem contração e 25 para com contração muscular. Essa perda amostral foi devido a problemas de resolução das imagens, que impediram a avaliação visual.

Desta forma, após o tratamento, em ambas as condições avaliadas (sem e com contração muscular) não foi reportado piora ou muita piora pelos avaliadores para todos os efeitos analisados. Na avaliação sem contração muscular (SC), verificou-se frequências superiores a 50% para “melhora” na aparência das alterações superficiais (58,62%), na textura da pele (58,62%), na profundidade das depressões (55,17%) e no resultado final do tratamento (55,17%). Por sua vez, nessa mesma condição, a neutralidade (não melhorou ou piorou), apresentando frequências entre 34,48% a 41, 38%, e o efeito de “muita melhora” apresentou frequências discretas de 3,45 e 6,90% (Tabela 3).

Por outro lado, na avaliação com contração muscular (CC), observamos que a neutralidade dos efeitos foi mais predominante, sendo 52% para aparência das alterações superficiais, 48% para textura da pele, 52% para profundidade das depressões e 56% para o resultado final do tratamento. Foram observadas frequências “melhora” de 20 a 52% e de “muita melhora” de 8 a 24% (Tabela 3). Frente a esses resultados, cabe destacar que avaliações qualitativas por imagens, mesmo em condições controladas, podem ser influenciadas pela percepção do avaliador. Contudo, os resultados da avaliação qualitativa indicam que o uso da calça com tecido emissor de IVL apresenta-se como um promissor tratamento para a celulite.

Tabela 3 - Frequência (%) dos efeitos observados após tratamento, na região glútea das participantes.

	Alterações na Pele			Textura			Profundidade das depressões			Avaliação do resultado final		
	Não melhorou nem piorou	Melhorou	Melhorou Muito	Não melhorou nem piorou	Melhorou	Melhorou Muito	Não melhorou nem piorou	Melhorou	Melhorou Muito	Não melhorou nem piorou	Melhorou	Melhorou Muito
SC	34,48%	58,62%	6,90%	37,93%	58,62%	3,45%	41,38%	55,17%	3,45%	37,93%	55,17%	6,90%
CC	52%	32%	16%	48%	44%	16%	52%	40%	8%	56%	20%	24%

Onde: SC: fotografia sem contração muscular; CC: fotografia com contração muscular. Fonte: Autoria própria (2024).

Os resultados da presente pesquisa são indicativos de que o uso da calça confeccionada com tecido emissor de IVL apresenta efeitos fisiológicos e estéticos positivos no tratamento da celulite. Destaca-se que, assim como no estudo de Conrado e Munin (2013), onde as voluntárias utilizaram um short de cintura alta confeccionado com (EMANA®) por pelo menos 8 horas por dia ou enquanto dormiam, durante 120 dias, não foram reportados eventos adversos durante o período experimental, não havendo risco de uma superdose de energia advinda do IVL, podendo este recurso terapêutico ser considerado seguro. Entretanto, novos estudos clínicos, controlados e randomizados precisam ser realizados, variando-se as condições experimentais, a fim de consolidar cientificamente os efeitos preliminares aqui apresentados, aprofundando o entendimento sobre como o IVL pode transformar a prática clínica.

4. Conclusão

O uso de uma calça confeccionada com tecido emissor de IVL, nas condições experimentais apresentadas, foi capaz de promover discreta redução do edema e significativa redução na temperatura superficial, decorrentes do processo de celulite, melhorando qualitativamente a aparência das alterações superficiais, a textura da pele, a profundidade das depressões. Esses resultados preliminares sugerem que essa tecnologia é uma estratégia terapêutica promissora para o tratamento da celulite. Frente ao exposto, sugere-se a realização de novos estudos, controlados, randomizados, buscando confirmar os efeitos de longo prazo do IVL no tratamento da celulite.

Conflito de Interesses

Não há conflito de interesses.

Referências

- Alves, A. C. A., Vieira, R. D. P., Leal-Junior, E. C. P., dos Santos, S. A., Ligeiro, A. P., Albertini, R., & de Carvalho, P. D. T. C. (2013). Effect of low-level laser therapy on the expression of inflammatory mediators and on neutrophils and macrophages in acute joint inflammation. *Arthritis research & therapy*, *15*, 1-11.
- Anders, J. J., Lanzafame, R. J., & Arany, P. R. (2015). Low-level light/laser therapy versus photobiomodulation therapy. *Photomedicine and laser surgery*, *33*(4), 183.
- Atamoros, F. M. P., Alcalá Pérez, D., Asz Sigall, D., Avila Romay, A. A., Barba Gastelum, J. A., de la Peña Salcedo, J. A., ... & Welsh Hernández, E. C. (2018). Evidence-based treatment for gynoid lipodystrophy: A review of the recent literature. *Journal of Cosmetic Dermatology*, *17*(6), 977-983.
- Barolet, D., Christiaens, F., & Hamblin, M. R. (2016). Infrared and skin: Friend or foe. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, *155*, 78-85.
- Bashkatov, A. N., Genina, E. A., Kochubey, V. I., & Tuchin, V. V. (2005). Optical properties of human skin, subcutaneous and mucous tissues in the wavelength range from 400 to 2000 nm. *Journal of Physics D: Applied Physics*, *38*(15), 2543.
- Bass, L. S., & Kaminer, M. S. (2020). Insights into the pathophysiology of cellulite: a review. *Dermatologic Surgery*, *46*, S77-S85.
- Bass, L. S., Hibler, B. P., Khalifian, S., Shridharani, S. M., Klibanov, O. M., & Moradi, A. (2023). Cellulite pathophysiology and psychosocial implications. *Dermatologic Surgery*, *49*(4S), S2-S7.
- Calderhead, R. G., & Vasily, D. B. (2016). Low level light therapy with light-emitting diodes for the aging face. *Clinics in plastic surgery*, *43*(3), 541-550.
- Conrado, L. A. L., & Munin, E. (2013). Reductions in body measurements promoted by a garment containing ceramic nanoparticles: a 4-month follow-up study. *Journal of Cosmetic Dermatology*, *12*(1), 18-24.
- de Brito Vieira, W. H., Bezerra, R. M., Queiroz, R. A. S., Maciel, N. F. B., Parizotto, N. A., & Ferraresi, C. (2014). Use of low-level laser therapy (808 nm) to muscle fatigue resistance: a randomized double-blind crossover trial. *Photomedicine and Laser Surgery*, *32*(12), 678-685.
- Etienne, R., Viegas, F. P. D., & Viegas Jr, C. (2021). Aspectos fisiopatológicos da inflamação e o planejamento de fármacos: uma visão geral atualizada. *Revista Virtual de Química*, *13*(1).
- Ferraresi, C., Huang, Y. Y., & Hamblin, M. R. (2016). Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance?. *Journal of biophotonics*, *9*(11-12), 1273-1299.
- Gabriel, A., Chan, V., Caldarella, M., Wayne, T., & O'Rorke, E. (2023). Cellulite: current understanding and treatment. In *Aesthetic Surgery Journal Open Forum* (p. ojad050). Oxford University Press.
- Gaspari, A. F. (2018). *Tecido emissor de infravermelho longo: efeito sobre o desempenho aeróbio e mecanismos relacionados* (Doctoral dissertation, [sn]). Faculdade de Educação Física- Universidade Estadual de Campinas, 2018.
- Glass, G. E. (2021). Photobiomodulation: A review of the molecular evidence for low level light therapy. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, *74*(5), 1050-
- Hamblin, M. R. (2016). Photobiomodulation or low-level laser therapy. *Journal of biophotonics*, *9*(11-12), 1122.
- Hamblin, M. R. (2017). Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. *AIMS biophysics*, *4*(3), 337.
- Hamblin, M. R. (2018). Mechanisms and mitochondrial redox signaling in photobiomodulation. *Photochemistry and photobiology*, *94*(2), 199-212.
- Heiskanen, V., & Hamblin, M. R. (2018). Photobiomodulation: lasers vs. light emitting diodes?. *Photochemical & Photobiological Sciences*, *17*(8), 1003-1017.

- Hernandes, A. S. N., Dos Santos, G. F., & Vila, M. M. D. C. (2022). Celulite: uma breve revisão/Cellulite: a brief review. *Brazilian Journal of Development*, 8(1), 4201-4212.
- Hernández-Bule, M. L., Naharro-Rodríguez, J., Bacci, S., & Fernández-Guarino, M. (2024). Unlocking the Power of Light on the Skin: A Comprehensive Review on Photobiomodulation. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(8), 4483.
- Hexsel, D. M., Dal'Forno, T., & Hexsel, C. L. (2009). A validated photonumeric cellulite severity scale. *Journal of the European academy of dermatology and venereology*, 23(5), 523-528.
- Hourel, N. N. (2019). The use of lasers and light sources in skin rejuvenation. *Clinics in dermatology*, 37(4), 358-364.
- Kaminer, M. S., Casabona, G., Peeters, W., Bartsch, R., Butterwick, K., Chao, Y. Y. Y., & Kerscher, M. (2019). Validated assessment scales for skin laxity on the posterior thighs, buttocks, anterior thighs, and knees in female patients. *Dermatologic Surgery*, 45, S12-S21.
- Leung, T. K., Lee, C. M., Tsai, S. Y., Chen, Y. C., & Chao, J. S. (2011). A pilot study of ceramic powder far-infrared ray irradiation (cFIR) on physiology: observation of cell cultures and amphibian skeletal muscle. *Chin J Physiol*, 54(4), 247-54.
- Leung, T. K. (2015). In vitro and in vivo studies of the biological effects of bioceramic (a material of emitting high performance far-infrared ray) irradiation. *Chin J Physiol*, 58(3), 147-155.
- Longhitano, S., Galadari, H., Cascini, S., Shaniko, K., Chester, J., Farnetani, F., ... & Guida, S. (2020). A validated photonumeric cellulite severity scale for the area above the knees: the knee cellulite severity score. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 34(9), 2152-2155.
- Lopes-Martins, R. A. B., Barbaroto, D. P., Da Silva Barbosa, E., Leonardo, P. S., Ruiz-Silva, C., & Arisawa, E. A. L. S. (2022). Infrared thermography as valuable tool for gynoid lipodystrophy (cellulite) diagnosis. *Lasers in Medical Science*, 37(6), 2639-2644.
- Manoel, C. D. A., Paolillo, F. R., & MENEZES, P. F. C. D. (2014). Conceitos fundamentais e práticos da fotoestética. *Compacta*.
- Mazurkiewicz, J., Bauer, J., Mosion, M., Migasiewicz, A., & Podbielska, H. (2018). Severity of cellulite classification based on tissue thermal imaging. In *Artificial Intelligence and Soft Computing: 17th International Conference, ICAISC 2018, Zakopane, Poland, June 3-7, 2018, Proceedings, Part II 17* (pp. 179-190). Springer International Publishing.
- Nair, A., Thankachen, R. U., Raj, J., & Gopi, S. (2021). Inflammation, symptoms, benefits, reaction, and biochemistry. In *Inflammation and Natural Products* (pp. 1-19). Academic Press.
- Nampo, F. K., Cavalheri, V., dos Santos Soares, F., de Paula Ramos, S., & Camargo, E. A. (2016). Low-level phototherapy to improve exercise capacity and muscle performance: a systematic review and meta-analysis. *Lasers in medical science*, 31(9), 1957-1970.
- Pastore, D., Pacifici, F., Ciao, G., Bedin, V., Pasquantonio, G., & Della-Morte, D. (2020). Far infrared technology (FIT) therapy patches, protects from inflammation, oxidative stress and promotes cellular vitality. *Current pharmaceutical design*, 26(34), 4323-4329.
- Paula, R. F. D., David, R. B., & Schneider, A. P. (2011). Lipodistrofia ginoide: conceito, etiopatogenia e manejo nutricional. *Rev Bras Nutr Clin*, 26(3), 202-6.
- Sadick, N. (2019). Treatment for cellulite. *International journal of women's dermatology*, 5(1), 68-72.
- Sene-Fiorese, M., Duarte, F. O., de Aquino Junior, A. E., Campos, R. M. D. S., Masquio, D. C. L., Tock, L., & Bagnato, V. S. (2015). The potential of phototherapy to reduce body fat, insulin resistance and "metabolic inflexibility" related to obesity in women undergoing weight loss treatment. *Lasers in surgery and medicine*, 47(8), 634-642.
- Soares, C. L. R., Wilairatana, P., Silva, L. R., Moreira, P. S., Barbosa, N. M. M. V., da Silva, P. R., & Felipe, C. F. B. (2023). Biochemical aspects of the inflammatory process: A narrative review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 168, 115764.
- Tomczyk, J., & Malara, B. (2023). Modern methods of cellulite diagnosis and treatment. *Aesth Cosmetol Med*, 12(4), 143-149.
- Tsai, S. R., & Hamblin, M. R. (2017). Biological effects and medical applications of infrared radiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 170, 197-207.
- Vatanserver, F., & Hamblin, M. R. (2012). Far infrared radiation (FIR): Its biological effects and medical applications: Ferne Infrarotstrahlung: Biologische Effekte und medizinische Anwendungen. *Photonics & lasers in medicine*, 1(4), 255-266.
- Vicente-Ruiz, M. (2023). Cellulite: Etiology and Treatment. In *Post-maternity Body Changes: Obstetric Fundamentals and Surgical Reshaping* (pp. 733-749). Cham: Springer International Publishing.
- Wilczyński, S., Koprowski, R., Deda, A., Janiczek, M., Kuleczka, N., & Błońska-Fajfrowska, B. (2017). Thermographic mapping of the skin surface in biometric evaluation of cellulite treatment effectiveness. *Skin Research and Technology*, 23(1), 61-69.
- Yu, S. Y., Chiu, J. H., Yang, S. D., Hsu, Y. C., Lui, W. Y., & Wu, C. W. (2006). Biological effect of far-infrared therapy on increasing skin microcirculation in rats. *Photodermatology, photoimmunology & photomedicine*, 22(2), 78-86.
- Youn, S. W., Kim, Y. S., Lee, M. C., & Chung, D. S. (2001). An Investigation of the Effectiveness of Far Infrared Ray Functional Sportswear as an Ergogenic Aid to Aerobic Capacity and Recovery from Fatigue. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 13(1).
- Young, V. L., & DiBernardo, B. E. (2021). Comparison of cellulite severity scales and imaging methods. *Aesthetic surgery journal*, 41(6), NP521-NP537.