

ARTIGO CIENTIFICO HOLONYAK

Depilação com Diodo Emissor de Luz (LED) de Alta Potência

Avaliação por Termografia Infravermelha: um estudo piloto

Recebido: 09/09/2021 | Avaliado: 15/09/2021 | Aceito: 17/09/2021 | Publicado: 26/09/2021

Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4942-988X>
Universidade Brasil, Brasil E-mail: ralopesmartins@gmail.com

Débora Rodrigues de Moraes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4768-9330>
Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento Adoxy, Brasil
E-mail: fisio.deborarodrigues@gmail.com

Felicia Cadenas de Paiva Bueno

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1283-7628>
Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento Adoxy, Brasil
E-mail: feliciabueno44@gmail.com

Mayara Oguri

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7473-3125>
Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento Adoxy, Brasil
E-mail: Mah_oguri@yahoo.com.br

Ingrid Batista de Souza Gallacci

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7577-5271>
Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento Adoxy, Brasil
E-mail: fisio.ingridsouza@outlook.com

Aline Cirino de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5554-3198>
Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento Adoxy, Brasil
E-mail: cirino_aline@hotmail.com

Patrícia Sardinha Leonardo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7662-7702>
Universidade do Vale do Paraíba, Brazil.
E-mail: patyssardinha@gmail.com

Carlos Ruiz da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6331-6032>
Universidade Brasil, Brazil
E-mail: fisioCarlosruiz@gmail.com

Resumo

Introdução. A fotodepilação usa diferentes fontes de luz para remover pelos indesejáveis. As fontes de luz mais comuns usadas para depilação permanente são os lasers de diodo e a luz intensa pulsada. A depilação com luz assistida baseia-se na destruição da unidade folicular. A capacidade de remover pelos sem danificar a pele ao redor tem por base a fototermólise seletiva, no entanto, a ocorrência de efeitos colaterais como dor e queimação na pele é relatada para lasers e luz intensa pulsada. **Objetivo.** Aqui nós investigamos em um estudo piloto de uma tecnologia recentemente aprovada de LED de alta potência com sonda resfriada, possíveis mudanças na temperatura da pele avaliadas por termografia infravermelha, bem como sensibilidade aguda e depois de 24h e dor por Escala Visual Analógica. **Métodos.** Cinco participantes sem restrições de fototipo de pele foram incluídas no estudo piloto. A temperatura da pele foi monitorada antes e depois (30s, 5min e 10min) após a fotodepilação com LED, além de dor instantânea e depois de 24h. **Resultados.** Nenhum aumento significativo na temperatura da pele e nenhuma dor depois de 24h ou quaisquer efeitos colaterais foram relatados. A dor aguda durante o procedimento variou de 2 a 4 (EVA). **Conclusão.** LED de alta potência com sonda resfriada parece ser uma tecnologia segura e eficiente para fotodepilação. **Palavras-chave:** Fotodepilação; LED; LASER; Remoção de Pelos.

Introdução

A fotodepilação é um termo genérico atualmente empregado para denominar um método comum usando diferentes fontes de luz para remover pêlos corporais indesejados, inclusive no hirsutismo androgênico (Matheson & Bain, 2019). Um corpo sem pelos é uma tendência moderna tanto para mulheres quanto para homens. As fontes de luz mais comuns utilizadas para a depilação permanente são os lasers de diodo, a luz intensa pulsada (LIP) (Marijke et al, 2019; Zandi & Lui, 2013) e, mais recentemente, os LEDs. A fotodepilação assistida por laser foi originalmente descrita em 1996 e o mecanismo proposto baseia-se na destruição da unidade folicular (Grossman et al, 1996). Durante a última década, a depilação a laser tornou-se um meio aceito e popular de obter redução de pelos (Aimonetti & Ribot-Ciscar, 2016; Ibrahim et al, 2011). Durante a fotodepilação a luz é seletivamente absorvida pela melanina no folículo piloso (FP) em crescimento, resultando em um aumento local da temperatura. A capacidade de remover os pelos sem danificar a pele circundante é baseada na fototermólise seletiva (Anderson & Parrish, 1983; Altshuler et al, 2001). Esse aumento de temperatura depende dos parâmetros da fonte de luz (comprimento de onda, duração do pulso e densidade de energia) e das propriedades do folículo capilar (Ayatollahi et al, 2019).

O laser de diodo tem se mostrado um método eficaz para depilação, porém a segurança de pacientes com diferentes tipos e cores de pele é questionável devido ao dano térmico ser o principal efeito colateral. Segundo Cohen et al (2021), a fotodepilação a laser é responsável por poucos efeitos colaterais. No entanto, os autores mencionam que seus resultados são limitados pelo pequeno número de ensaios clínicos controlados e de longa duração.

Essencialmente, a depilação induzida por laser depende dos efeitos da interação da luz com o cromóforo que pode ser encontrado no cabelo, mas também na pele em diferentes quantidades. O conteúdo da melanina está frequentemente relacionado aos efeitos colaterais da fotodepilação (Atta-Motte & Zaleska, 2020). A literatura relata tais efeitos adversos e complicações decorrentes da fotodepilação, incluindo hiperqueratose paradoxal, descoloração pós-inflamatória, agravamento da acne, erupção cutânea tipo rosácea, vermelhidão difusa prolongada, sensação de queimadura na pele, pele queimada e outros (Zaleska & Atta-Motte, 2019; Honeybrook et al, 2018; Bibilash et al, 2017; Radmanesh, 2009; Radmanesh et al, 2008). Os médicos raramente analisam a origem étnica dos pacientes, o que pode resultar em vários efeitos colaterais causados principalmente por aumentos excessivos de temperatura. Os tipos de pele IV-V exigem atenção e parâmetros de luz especiais de fotodepilação (Tahiliani & Tahiliani, 2016). Pacientes submetidos a procedimentos de redução de pelos a laser podem apresentar irritação da pele, eritema, edema, hipersensibilidade pós-operatória e possíveis queimaduras manifestadas por bolhas e escaras. Atta-Motte e Zaleska (2020) relatam que a ocorrência de queimaduras depende da etnia e do número de tratamentos. O aumento da temperatura da pele parece ser um dos fatores mais importantes responsáveis por queimaduras e lesões relacionadas a queimaduras. Nesse contexto, a prevenção do aumento da temperatura da pele pode ser uma estratégia eficaz para prevenir os efeitos colaterais provocados pela fotodepilação. Aqui nós investigamos, em um estudo piloto, os efeitos da depilação (das pernas) induzida por LED na temperatura da pele, usando termografia infravermelha. Também analisamos a dor e desconforto imediato e em 24h, de 6 voluntárias do sexo feminino (12 pernas).

Metodologia

O estudo foi desenvolvido e conduzido de acordo com a Declaração de Helsinque e princípios das Boas Práticas Clínicas (BPC). Todas as voluntárias foram plenamente informadas sobre o procedimento e seus efeitos colaterais e o consentimento por escrito para participar do estudo foi assinado pelas voluntárias no início do estudo. Este é um estudo piloto realizado para avaliar possíveis aumentos de temperatura. A tecnologia baseada em LED para depilação (Holonyak®) é aprovada para uso comercial pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Seis participantes do sexo feminino (20-40 anos) foram submetidas a 6 sessões mensais de depilação induzida por LED. Elas foram instruídas a evitar qualquer produto cosmético por pelo menos 24h antes da irradiação com LED e depilar as pernas 24 a 48h antes da irradiação. As voluntárias, ao chegarem ao laboratório, foram acomodadas em maca hospitalar por um período de 15 minutos para aclimação às condições ambientais. A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar foram registradas e inseridas no software da câmera termográfica para correções e calibrações automáticas. Foram registradas imagens termográficas das condições basais após a aclimação, bem como uma imagem após a aplicação do gel de contato e também após a irradiação com LED (30s, 5min e 10min). Um total de cinco imagens para cada participante foram gravadas para análise da temperatura da pele.

Critério de Inclusão

Índice de Massa Corporal ($IMC = \text{Peso}/\text{Altura}^2$) até 29,9 kg/m²; ter ciclos anticoncepcional oral nos últimos 3 meses, peso estável por pelo menos 3 meses (variação inferior a 2,0 kg); sedentária e sem usar cosméticos que atuam na circulação local. As participantes foram convidadas a abster-se de usar qualquer produto cosmético com retinóides, dimetilaminoetanol (DMAE), alfa-hidroxiácido (AHA) ou beta-hidroxiácido (BHA) por 1 mês antes do início do estudo.

Critério de Exclusão

Foram considerados critérios de exclusão os seguintes fatores: a) patologia ou lesão nas pernas; b) gravidez possível ou confirmada; c) prótese metálica próxima ao local da irradiação; d) menopausa; e) qualquer cirurgia recente na área de aplicação do LED; f) uso de medicamentos como anti-inflamatórios não esteroides (AINEs), corticosteróides ou antibióticos durante o período do estudo; g) histórico de fotossensibilidade; h) porfiria ou qualquer outra doença hematológica.

Aquisição de Imagem Termográfica

A aquisição das imagens foi realizada com a câmera S65 (sistema FLIR, Suécia). A câmera FLIR S65 possui faixa de medição de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, precisão de 1%, sensibilidade de $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$, banda espectral infravermelha de 7,5 e $13\text{ }\mu\text{m}$, taxa de atualização de 60 Hz, foco automático e resolução de 320×240 pixels. A câmera foi montada em um tripé e alinhada perpendicularmente à superfície de interesse. A distância até o local foi ajustada para 50 cm, permitindo ter um amplo campo de visão. A temperatura do quadril foi monitorada antes (temperatura basal) e após a irradiação em três tempos diferentes (30s, 5min e 10min).

Condições Ambientais

Todas as medições foram realizadas em ambiente controlado com temperatura ajustada para $21 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $60 \pm 5\%$. As imagens da visão póstero-lateral dos membros inferiores foram obtidas no período da manhã com o objetivo de padronização fisiológica. As imagens térmicas foram analisadas uma a uma no software do equipamento. A temperatura média e a amplitude máxima, correspondentes à diferença entre os extremos, foram calculadas a partir das imagens originais. Todas as imagens foram analisadas por um fisioterapeuta que não foi informado sobre o horário da imagem. Ao final das análises, as imagens foram identificadas e os valores registrados em um arquivo Excel.

Tratamento LED (Holonyak)

Foi utilizado um equipamento LED de alta potência (Holonyak® – Adoxy Equipments – Sorocaba – SP). O LED permite que o terapeuta personalize os parâmetros de iluminação de acordo com a sensibilidade dos pacientes. As características técnicas estão descritas abaixo na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros do LED

Fonte de Luz	NIR LED
Comprimento de onda	780–850 nm
Potência total	1200 W
Potência de saída	840 W
Modo de operação	Varredura ou Disparo único
Largura de pulso	5–750 ms ajustável
Fluência	5–100 J/cm ² ajustável
Tamanho do ponto	17x22 mm
Resfriamento do ponto	10 a -15 °C

Todas as participantes foram submetidas a um teste inicial de sensibilidade à irradiação do LED, a fim de determinar parâmetros adequados a cada participante. O teste de sensibilidade foi realizado nos modos estacionário e de varredura. No modo de varredura, o teste começou com os seguintes parâmetros – temperatura a 10 °C, fluência de 5 J/cm² e frequência 2-3 Hz. As aplicações foram realizadas pelo mesmo fisioterapeuta em uma velocidade de varredura constante de 5 cm/s. As participantes foram instruídas a relatar o momento em que começaram a sentir o disparo do LED. A fluência foi ajustada para não causar desconforto à participante, considerando que podemos observar diferentes sensibilidades à técnica. Para tanto, a fluência foi aumentada gradativamente até o limite tolerável, sem muito desconforto para a participante. Imediatamente após a aplicação, a participante avaliou o grau de dor ou desconforto, utilizando a escala visual analógica de dor. No modo estacionário o teste de sensibilidade iniciou com temperatura da sonda em 10 °C, fluência de 10 J/cm² e frequência de 0,8 Hz. Nenhuma restrição de fototipo foi aplicada. A fluência foi aumentada gradativamente até o limite tolerável, sem muito desconforto para a participante. Imediatamente após a aplicação, a participante avaliou o grau de dor ou desconforto, utilizando a escala visual analógica de dor.

Avaliação da Dor ou Desconforto

A dor ou desconforto local foi avaliado no momento da aplicação da irradiação LED e 24h após a aplicação. Para essa avaliação, foi utilizada uma escala visual analógica de dor com valores de 0 a 10, sendo 0 sem dor e 10 com dor insuportável.

Análise Estatística

Para a repetibilidade, a média e o erro médio foram expressos em proporção à média para cada parâmetro térmico e para cada medição. O teste ANOVA foi utilizado para comparar os resultados entre cada medida.



Resultados

Termografia Infravermelha

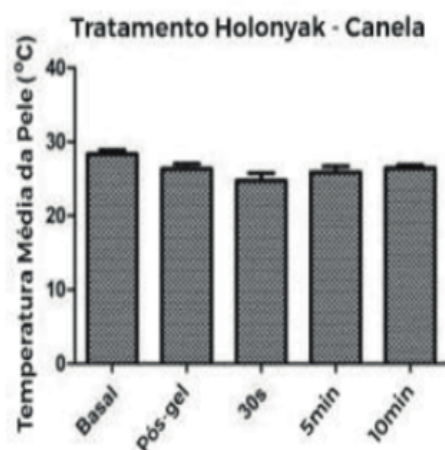
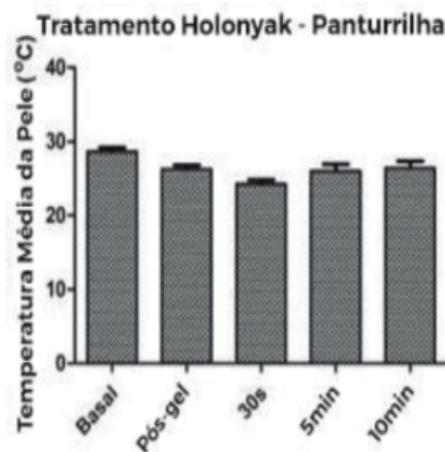
A fotodepilação foi realizada nos membros inferiores, do joelho até a região da panturrilha e canela. No modo varredura foi realizada uma passagem simples (uma vez) em cada direção e as mudanças de temperatura podem ser observadas na Figura 1. A temperatura média foi registrada como basal, pós-gel, 30s, 5min e 10min após a irradiação do LED. Não foram observadas alterações significativas, tanto na panturrilha quanto na canela, após o procedimento de fotodepilação com LED, mesmo quando analisada imediatamente após a irradiação (30s). Figura 1: Temperatura média da pele de cinco pessoas na parte inferior das pernas, superfícies anterior e posterior em cinco momentos diferentes. Antes (basal e pós-gel) e após a irradiação com LED (30s, 5min e 10min). Os resultados são apresentados como média + desvio padrão. O valor foi considerado se $P < 0,05$.

Fonte: Autores.

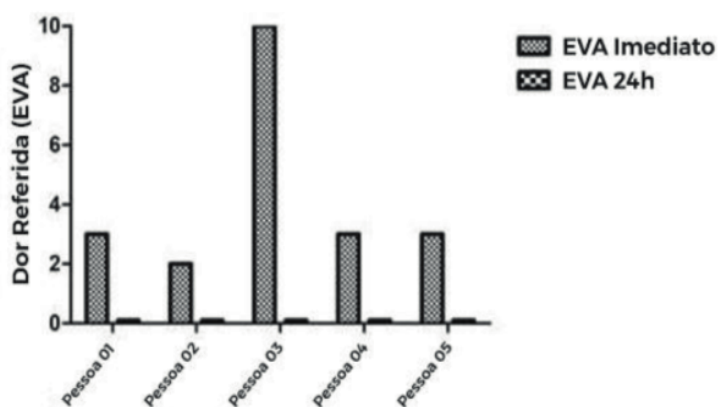
Dor (Escala Visual Analógica)

Dor ou desconforto foram analisados como dor referida na Escala Visual Analógica (EVA) durante a irradiação com LED e 24h após o procedimento. A Figura 2 demonstra que, em quatro das cinco pessoas, a dor durante o procedimento foi leve (variando de 2 a 3). Com exceção de uma pessoa, que apresentou extrema sensibilidade devido ao período pré-menstrual. Como podemos observar na Figura 2, nenhuma das participantes relatou dor ou desconforto 24h após o procedimento.

TEMPERATURA DA PELE



DOR OU DESCONFORTO (EVA)



Fonte:
Autores.

As participantes também foram questionadas sobre quaisquer outros sintomas, mas nenhuma relatou qualquer outro possível desconforto após 24 ou 48h. Figura 2: Dor ou desconforto imediatamente após a irradiação com LED e 24h após o tratamento, analisado através da Escala Visual Analógica (EVA).

Discussão

A fotodepilação induzida por laser é utilizada há muitos anos como uma alternativa de depilação permanente. Pacientes que se submetem à depilação a laser, em geral, apresentam irritação na pele, eritema, alguma forma de edema e até possíveis queimaduras, dependendo do fototipo e da técnica de irradiação (Gan & Graber, 2013). Também foram relatadas alterações pigmentares como hiperpigmentação, além de cicatrizes, púrpura, foliculite, cianobactéria, prurido ou urticária (Royo et al, 2011; Gan & Graber, 2013; Agarwal et al, 2016).

De acordo com Atta-Motte & Zaleska (2020), 53% dos participantes de estudos de fotodepilação induzida por laser tiveram efeitos colaterais, 40,9% tiveram efeitos colaterais únicos e 12,10% tiveram múltiplos efeitos colaterais. Segundo os autores desta recente análise, 44,1% das pacientes apresentaram sensibilidade, 24,1% queimaduras, 24,1% hiperpigmentação e 14,5% eritema. A irritação da pele foi observada apenas em 2,8% das pacientes. Segundo os autores, a gravidade da ocorrência de efeitos colaterais consistentemente depende da etnia das participantes, principalmente com relação a dor, sensibilidade e queimaduras. Notou-se também que a gravidade dos efeitos colaterais parece estar relacionada ao número de sessões, com a maioria dos efeitos indesejáveis relatados após cinco ou seis sessões. Em nosso estudo piloto, todas as cinco participantes foram submetidos a, pelo menos, cinco sessões e até oito sessões, com quaisquer efeitos colaterais relatados.

A maioria dos estudos publicados foi baseada em fototipos de pele baixos e tende a excluir fototipos mais altos, devido à razão óbvia de que a pele escura é mais vulnerável a efeitos colaterais como dor e queimaduras. Em nosso estudo piloto não houve restrições quanto ao fototipo da pele. No entanto, apenas uma participante do fototipo VI foi incluída, mas nenhum efeito colateral foi relatado. Esses dados validam a introdução de uma nova tecnologia de fotodepilação induzida por LED, com base nos parâmetros atuais. Um comprimento de onda larga, juntamente com a possibilidade de personalizar a largura e a frequência do pulso, permitem melhor ajustar ou personalizar o tratamento para cada paciente. Além disso, o eficiente sistema de resfriamento com temperaturas tão baixas quanto -15 oC evita qualquer tipo de aquecimento ou queimadura na pele.

É necessário um ensaio clínico randomizado e duplo-cego de longa duração (10 sessões) com uma amostra maior de participantes, comparando as tecnologias Laserx-LED, para estabelecer a eficiência e os efeitos colaterais de cada tipo de tratamento.

Conclusões

O presente estudo, ainda inicial no formato de um estudo piloto, foi capaz de revelar que a técnica de fotodepilação com LED usando um aplicador resfriado não apresentou aumento significativo na temperatura da pele das participantes. Além disso, nenhum efeito adverso como dor, queimaduras ou hipersensibilidade foi relatado 24h após o tratamento. A possibilidade de personalizar totalmente a fotodepilação com luz LED aponta na direção de diminuir a ocorrência de efeitos colaterais.

Em resumo, o próximo passo é realizar um teste clínico controlado, especialmente projetado para comparar a tradicional fotodepilação a laser de alta potência com a nova tecnologia LED de alta potência. Os fototipos IV-VI serão a prioridade dos estudos futuros, a fim de investigar possíveis efeitos colaterais e vantagens do LED de alta potência – Holonyak.

Agarwal, M.; Velaskar, S.; Gold, M. H. (2016) Efficacy of a low fluence, high repetition rate 810nm diode laser for permanent hair reduction in Indian patients with skin types IV-VI. *J Clin Aesthet Dermatol.* 9(11):29-33.

Aimonetti, J.; Ribot-Ciscar, E. (2016) Pain management in photoepilation. *J Cosmet Dermatol.* 15(2):194-9.

Altshuler, G. B.; Anderson, R. R.; Manstein, D.; Zenzie, H. H.; Smirnov, M. Z. (2001) Extended theory of selective photothermolysis. *Lasers Surg Med.* 29:416-432.

Anderson, R. R.; Parrish, J. A. (1983) Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science.* 220:524-527.

Atta-Motte, M.; Załęska, I. (2020) Diode Laser 805 Hair Removal Side Effects in Groups of Various Ethnicities – Cohort Study Results. *J Lasers Med Sci.* 11(2):132-137.

Ayatollahi, A.; Samadi, A.; Rajabi-Estarabadi, A.; Yadangi, S.; Nouri, K.; Firooz, A. (2019) Comparison of efficacy and safety of a novel 755nm diode laser with conventional 755nm alexandrite laser in reduction of axillary hairs. *Lasers in Medical Science* <https://doi.org/10.1007/s10103-019-02829-x>.

Bibilash, Bs.; Chittoria, R. K.; Thappa, D. M.; Mohapatra, D. P.; Frijji, Mt.; Dineshkumar, S.;

Pandey, S. (2017) Are lasers superior to lights in the photoepilation of Fitzpatrick V and VI skintypes? – A comparison between Nd:YAG laser and intense pulsed light. *J Cosmet Laser Ther.* 19(5):252-255.

Cohen, M.; Austin, E.; Masub, N.; Kurtti, A.; George, C.; Jagdeo, J. (2021) Home-based devices in dermatology: a systematic review of safety and efficacy. *Arch Dermatol Res.* 2021.10.1007/s00403-021-02231-0.

Gan, S. D.; Graber, E. M. (2013) Laser hair removal: a review. *Dermatol Surg.* 39(6):823-38. 10.1111/dsu.12116.

Grossman, M. C.; Dierickx, C.; Farinelli, W.; Flotte, T.; Anderson, R. R. (1996) Damage to hair follicles by normal-mode ruby laser pulses. *J Am Acad Dermatol.* 35(6):889-894.

Honeybrook, A.; Crossing, T.; Bernstein, E.; Bloom, J., & Woodward, J. (2018) Long-term outcome of a patient with paradoxical hypertrichosis after laser epilation. *J Cosmet Laser Ther.* 20(3):179-183.

Ibrahimi, O. A., Avram, M. M.; Hanke, C. W.; Kilmer, S. L.; Anderson, R. R. (2011) Laser hair removal. *Dermatol Ther.* 24:94-107.

Marijke, A. van; Vlimmeren, A.; Raafs, B.; Westgate, G.; Linda, Beijens, G. M.; Uzunbajakava, N. E. (2019) Dose-response of Human Follicles During Laser-Based Hair Removal: Ex Vivo Photoepilation Model with Classification System Embracing Morphological and histological Features. *Lasers Surg Med.* 51(8):735-741.

Matheson, E.; Bain, J. (2019) Hirsutism in Women. *Am Fam Physician.* 1,100(3):168-175.

Radmanesh, M. (2009) Paradoxical hypertrichosis and terminal hair change after intense pulsed light hair removal therapy. *J Dermatolog Treat.* 20(1):52-4.

Radmanesh, M.; Azar-Beig, M.; Abtahian, A.; Naderi, A. H. (2008) Burning, paradoxical hypertrichosis, leukotrichia and folliculitis are four major complications of intense pulsed light hair removal therapy. *J Dermatolog Treat.* 19(6):360-3.

Royo, J.; Urdiales, F.; Moreno, J.; Al-Zarouni, M.; Cornejo, P.; Trelles, M. A. (2011) Six-month follow-up multicenter prospective study of 368 patients, phototypes III to V, on epilation efficacy using an 810nm diode laser at low fluence. *Lasers Med Sci.* 26(2):247-55.

Tahiliani, S. T.; Tahiliani, H. S. (2016) Prospective Evaluation of the Safety and Efficacy of a 1060nm Large Spot Size, Vacuum-Assisted Hair Removal Diode Laser System in Asian/Pacific Fitzpatrick's Skin Types IV-V Patients. *J Drugs Dermatol.* 15(11):1427-1434.

Załęska, I.; Atta-Motte, M. (2019) Aspects of Diode Laser (805nm) Hair Removal Safety in a Mixed-Race Group of Patients. *J Lasers Med Sci.* 10(2):146-152.

Zandi, S.; Lui, H. (2013) Long-term removal of unwanted hair using light. *Dermatol Clin.* 31(1):179-91.

Artigo Original