

## Artigos de Revisão

### Autores:

Lívia Arroyo Trídico<sup>1</sup>  
Carlos Roberto Antonio<sup>2</sup>

- <sup>1</sup> Serviço de Dermatologia, Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto (SP), Brasil.
- <sup>2</sup> Cirurgia Dermatológica da Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto (SP), Brasil.

### Correspondência:

Lívia Arroyo Trídico  
Av. Arthur Nonato, 4235 -Nova Re-  
dentora  
15090-040 São José do Rio Preto (SP),  
Brasil  
E-mail: latridico@terra.com.br

Data de recebimento: 26/06/2019

Data de aprovação: 20/11/2019

Trabalho realizado na Faculdade de  
Medicina de São José do Rio Preto,  
São José do Rio Preto (SP), Brasil.

Suporte Financeiro: Nenhum.

Conflito de interesse: Nenhum.



# Lasers quality switched (Q-switched): revisão de suas variações e principais aplicabilidades clínicas

Quality-switched laser (Q-switched): review of their variations and  
main clinical applicabilities

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.5935/scd1984-8773.20191141419>

## RESUMO

Os lasers Q-switched são amplamente utilizados em Dermatologia a fim de tratar uma das queixas mais comuns da rotina dermatológica: as lesões pigmentadas. Os diversos pigmentos, alvos de tratamento a laser na pele, apresentam características diferentes quanto a coloração, tamanho, localização no tecido e origem. Sendo assim, os lasers Q-switched podem interagir com os pigmentos de várias maneiras. Desde o surgimento da tecnologia Q-switched, diferentes e novas formas de utilização têm surgido. A compreensão dos mecanismos de ação envolvidos e de suas principais aplicabilidades clínicas é importante para otimizar resultados terapêuticos.

**Palavras-Chave:** Lasers; Melanose; Pigmentação da pele; Tatuagem

## ABSTRACT

Q-switched lasers are widely used in dermatology to treat one of the most common complaints of dermatological routine: the pigmented lesions. The several pigments, targets of laser treatment on the skin, have different characteristics as color, size, tissue location, and origin. Q-switched lasers can interact with the pigments in various ways. Since the emergence of Q-switched technology, different and new ways of use have emerged. Understanding the mechanisms of action involved and their main clinical applicabilities is essential to optimize the therapeutic outcomes.

**Keywords:** Lasers; Tattooing; Melanosis; Skin pigmentation

## INTRODUÇÃO

Os lasers *quality switched* ou *Q-switched* ganharam evidência na década de 1990, período em que diversos estudos demonstraram sua eficácia em atingir pigmentos localizados na derme, tais como tinta de tatuagem e lesões de pele pigmentadas benignas. Antes do surgimento dos lasers *Q-switched*, acreditava-se que os lasers se limitavam a tratar lesões restritas à superfície da pele. Dessa forma, os lasers *Q-switched* surpreenderam pela sua capacidade de atingir, de forma seletiva, os pigmentos dérmicos. O nome *Q-switched* está relacionado ao mecanismo usado para controlar a saída de luz, uma vez que concentra toda a energia em rajadas intensas ou séries de pulsos, modulando as perdas intracavitárias, o chamado fator Q do ressonador a laser.<sup>1</sup>

Existem três tipos de *laser Q-switched* que são da ordem de nanossegundos, porém variam em comprimentos de onda. São eles o *Q-switched Ruby* (694nm e 20ns), *Q-switched Alexandrita* (775nm e 50ns) e *Q-switched Nd:YAG* (1064nm e 5 a 15ns).<sup>2</sup> Os comprimentos de onda maiores são melhores para tratar lesões na derme devido a maior capacidade de penetração e menor absorção epidérmica. Já as lesões pigmentadas da epiderme respondem melhor a comprimentos de onda menores. Dessa forma, as indicações de tratamento com os *lasers Q-switched* são diversas: efélides, máculas café com leite, lentigos, nevo de Ota, melasma, tatuagens, entre outros.<sup>3</sup>

O tratamento de alvos pigmentares com *laser* envolve a destruição seletiva de uma determinada estrutura. Dessa forma, pela teoria da fotodermólise seletiva, duas condições são necessárias: o *laser* precisa ter um comprimento de onda que seja altamente absorvido pelo alvo em relação ao tecido normal adjacente e a duração de pulso usada deve ser menor que o tempo de o calor escapar aos tecidos adjacentes por condução. Assim, os *lasers Q-switched* são classificados como *lasers* pulsados com pulso curto em nanossegundos. Os *lasers* pulsados buscam destruir uma certa estrutura, diferindo-se dos *lasers* de onda contínua em que o objetivo do tratamento está em atingir todo o tecido superficial, fornecendo fluxo constante de luz medido em watts. Além disso, outros tipos de *lasers* pulsados também atuam em alvos pigmentares: o *pulsed dye laser* age na hemoglobina e os *lasers* de pulso longo (Nd:YAG, Alexandrita e Diodo) atuam na remoção de pelos.<sup>1,3</sup>

Os diversos pigmentos-alvo de tratamento a *laser* na pele apresentam características diferentes quanto a coloração, tamanho, localização no tecido e origem. Dessa forma, os *lasers Q-switched* apresentam várias maneiras de interagir com os pigmentos. Buscamos com este estudo esclarecer e diferenciar as diversas maneiras de utilização dos *lasers Q-switched*.

### MECANISMO DE AÇÃO PRINCIPAL

A teoria da fotodermólise seletiva é o princípio primário para destruição de pigmentos com mínimo dano ao tecido subjacente. Ela se baseia na entrega de energia suficiente para o alvo, porém com duração de pulso menor que o tempo de relaxamento térmico do tecido-alvo, ou seja, tempo que o cromóforo aquecido leva para dissipar metade do calor absorvido ao tecido subjacente. Dessa forma é possível atingir o alvo, preservando-se as estruturas ao redor do mesmo.<sup>4</sup>

A duração de pulso dos *lasers Q-switched* é tão curta que pigmentos extremamente pequenos de 10 a 100nm são aquecidos até sua fragmentação, porém antes que seu calor seja dissipado à pele ao redor, prevenindo o aquecimento do tecido, o que poderia levar a queimaduras ou cicatrizes. Os principais mecanismos de destruição dos pigmentos com o *laser Q-switched* são por ondas de choque e/ou dano por cavitação, que são efeitos físicos fotomecânicos produzidos pela expansão térmica e/ou gradientes extremos de temperaturas criados dentro dos melanossomos ou dos pigmentos de tatuagem.<sup>4</sup>

Após a fragmentação das partículas de pigmento, a fagocitose realizada pelos macrófagos é o principal método de eliminação. Os fragmentos rompidos são dirigidos por macrófagos teciduais para os canais linfáticos ou para os linfonodos regionais. Alguns fragmentos podem ser eliminados transepidermicamente à medida que a crosta pós-tratamento é eliminada.<sup>5</sup>

Diferentes pigmentos requerem diferentes comprimentos de onda, por exemplo, os pigmentos de tatuagem verde são absorvidos pelos *lasers Alexandrita* e *Ruby*, enquanto *lasers* de 532nm atuam apenas no tratamento de lesões pigmentadas localizadas na epiderme. O *laser* precisa penetrar na pele em profundidade suficiente para atingir o alvo e deve ser altamente absorvido pelo pigmento. Pigmentos mais superficiais são mais bem tratados com comprimento de onda mais curto, enquanto comprimentos de onda maiores atuam mais profundamente.<sup>4</sup>

Além da variação de comprimento de onda, os *lasers Q-switched* variam quanto a duração de pulso e fluência, características que são fundamentais no entendimento de sua aplicabilidade clínica.

### Q- SWITCHED DE PULSO CURTO E DE PULSO EXTREMAMENTE CURTO

Como relatado inicialmente, todos os *lasers Q-switched* apresentam duração de pulso da ordem de nanossegundos, ou seja, são de pulso curto, porém existe uma variação na duração dos pulsos curtos de nanossegundos. Essa variação traz consigo diferentes resultados terapêuticos e indicações clínicas. São eles:

*Q-switched* de pulso curto

*Q-switched* de pulso extremamente curto

A diferenciação do *Q-switched* de pulso extremamente curto em relação ao *Q-switched* de pulso curto surgiu recentemente após o desenvolvimento de novos aparelhos capazes de gerar picos extremamente altos que variam em megawatts, porém apresentam pulsos ainda menores que os primeiros aparelhos de *laser Q-switched*.<sup>3,6</sup> Poucos sistemas de *laser* são capazes de gerar pulsos únicos tão altos. Muitos aparelhos necessitam de dois ou mais pulsos para atingir pulsos tão altos quanto o *laser Q-switched* de pulso extremamente curto.<sup>6,7</sup>

Os *Q-switched* de pulso extremamente curto escapam do fenômeno de blindagem óptica que consiste na indução da formação de plasma na pele quando o *laser* atinge o pigmento, fazendo com que múltiplos pulsos de energia sejam incapazes de tratar efetivamente as camadas de pigmento mais profundas. Sendo assim, um único pulso mais curto e alto é capaz de atingir maior extensão do pigmento, potencializando o efeito da sessão. Cencic e colaboradores, 2010, compararam o *laser Q-switched* de pulso extremamente curto e único com *Q-switched* de múltiplos pulsos curtos e concluíram que os *Q-switched* de pulso extremamente curto são capazes de aumentar a entrega de energia, gerando um efeito fotoacústico ainda maior que quebra mais quantidade de pigmento em maior extensão do que pulsos mais curtos e múltiplos que não conseguem atingir todo o pigmento devido ao fenômeno de blindagem óptica.<sup>3,7,8</sup>

Nos pulsos extremamente curtos existe maior homogeneidade do feixe de *laser*. Eles são utilizados principalmente para tratamento de tatuagens a fim de minimizar dano epidérmico, reduzir sangramento e alterações da textura da pele.<sup>6</sup> Também podem ser utilizados para outras lesões pigmentadas, tais como efélides e nevos de Ota, atuando em pigmentos localizado na derme e epiderme. A fluência máxima atingida é de 15J/cm<sup>2</sup> com 1064nm, e, geralmente, o número de sessões necessárias para eficácia terapêutica é melhor com o uso do *Q-switched* de pulso extremamente curto.<sup>3</sup>

### Q-SWITCHED TERMOLÍTICO E SUBTERMOLÍTICO

O mecanismo de ação do *laser* Nd:YAG *Q-switched* (pulso curto, nanossegundos) é diferente do Nd:YAG pulso longo (milissegundos). Porém, sabemos que, no caso do pulso longo, a energia do *laser* dissipa-se conforme aquece as áreas ao redor do feixe aplicado e esse calor é capaz de estimular colágeno trazendo efeitos no tratamento de ríides e fotodano<sup>9</sup> enquanto, no caso do *Q-switched* (nanossegundos), a energia não tem tempo de ser dissipada ao tecido adjacente e fica concentrada no alvo (pigmento).

Pulsos de *Q-switched* de energia acima de 5J/cm<sup>2</sup> causam efeito termolítico ao explodir o pigmento-alvo, o que leva ondas de choque aos tecidos circundantes. Dessa forma, a pele sofre dano físico e não térmico. Esse dano físico pode levar à expressão de colágeno III e conseqüente rejuvenescimento cutâneo. Atualmente, sabe-se que, quando o Nd:YAG *Q-switched* é realizado com energia abaixo de 5mJ/cm<sup>2</sup>, ou seja, abaixo do efeito termolítico, também podem ocorrer efeitos terapêuticos à pele envelhecida, uma vez que o *laser* ainda é absorvido pelos pigmentos sem a capacidade de provocar as ondas de choque do efeito termolítico, caracterizando, assim, o *Q-switched* subtermolítico.<sup>10,11</sup>

Em geral, os efeitos vistos em tratamentos termolíticos são semelhantes aos *lasers* ablativos clássicos (Er:YAG e CO<sub>2</sub>) com menos efeitos colaterais. Com o uso de fluências subtermolíticas, os efeitos de estímulo de colágeno são menos pronunciados, porém há total ausência de *downtime* (presente em modalidades ablativas e termolíticas).<sup>11</sup> Sendo assim, seguindo essa linha de pensamento, o *laser Q-switched* Nd:YAG subtermolítico poderia atuar em nível “subcelular”, uma vez que quebra apenas pigmentos e não células, sendo denominado “termólise subcelular seletiva”.<sup>12,13</sup> Acredita-se que o mecanismo de ação da termólise subcelular seletiva também envolva bioestimulação.<sup>12,13</sup>

Lukac e colaboradores, 2010, e Liu e colaboradores, 2008, mostraram que a terapia com *laser Q-switched* com baixa fluência (subtermolítica) é segura e eficaz no melasma.<sup>14,15</sup> Pode-se esperar um clareamento dos casos de melasma epidérmico de 50% e de melasma dérmico ou mistos de 30 a 50% com o uso de *Q-switched* de baixa fluência.<sup>12</sup> Jeong e colaboradores, 2010, relataram que, com o uso de *Q-switched* subtermolítico (1,6J/cm<sup>2</sup> de fluência, ponteira de 7mm, oito sessões com intervalos semanais) associado à fórmula tríplice diária, houve melhora mais significativa do melasma em pacientes tratados com o *laser* do que com a fórmula isolada.<sup>16</sup>

A terapia com *laser Q-switched* subtermolítico também é utilizada com segurança e eficácia no rejuvenescimento de pele fotoenvelhecida, embora os resultados não sejam tão evidentes quanto os resultados obtidos com *lasers* ablativos. Foi demonstrada melhora de 20 a 35% em redução de poros, tônus cutâneo e textura da pele em pesquisa que tratou os pacientes com quatro sessões ou mais e fluências que variaram de 1,5 a 3,5J/cm<sup>2</sup>.<sup>12</sup> Kalil e colaboradores, 2016, avaliaram os resultados de quatro sessões de NdYAG 1064nm *Q-switched* no estímulo de colágeno da pele da face de quatro pacientes que obtiveram melhora nas rugas, poros e firmeza da pele (ponteira 7mm, frequência 5Hz, energia utilizada na primeira sessão foi de 600mJ, com aumento para 900mJ na segunda e para 1200mJ na terceira e quarta sessões).<sup>17</sup>

### Q-SWITCHED E LASERS PICOSECOND

Sabemos que no tratamento a *laser* com *Q-switched* para remoção de pigmentos, a duração de pulso do *laser* é menor que o tempo de relaxamento térmico do pigmento. Sendo assim, ocorre o que é chamado de “lock-in” térmico, ou seja, a estrutura é aquecida em um tempo tão curto que a temperatura aumenta sem que o calor se disperse, ficando “preso” no pigmento. Quando uma partícula é aquecida em um tempo extremamente curto, o stress gerado dentro dela não tem tempo suficiente para se disseminar. Sendo assim, ocorre o “stress de lock-in” e, se ele for alto o suficiente, irá causar a fragmentação da partícula de pigmento.<sup>18,19</sup> Acredita-se que o limite de tempo para que o “stress de lock-in” ocorra seja ligeiramente menor que 1ns.

Dessa forma, segundo Kasai, 2016, quando um *laser Q-switched* é utilizado, a principal reação que ocorre é a fotodermólise, com um leve efeito fotomecânico. Porém, quando um *laser* de picossegundos é usado, ocorre a destruição fotoacústica da partícula em maior escala, caracterizando o “stress lock-in” com menor efeito fototérmico, o que traz mais destruição das partículas-alvo.<sup>2</sup> Assim, o que ocorre com os *lasers* de picossegundos é que as partículas de pigmento são quebradas em tamanhos ainda menores do que com os *lasers* de nanossegundos, simplesmente pelo aumento do efeito fotomecânico e redução do efeito fototérmico.<sup>20</sup>

Diante da redução de pulso de nanossegundos para picossegundos, o surgimento dos *lasers* de picossegundos permitiu a destruição mais eficiente e eficaz das partículas de pigmento, além de apresentar menos efeitos colaterais.<sup>2</sup> Porém, diante do surgimento recente dessa tecnologia, algumas questões ainda precisam ser esclarecidas.

Embora teoricamente seja conhecido que os *lasers* de picossegundos são mais eficazes em quebrar os pigmentos do que os *lasers* de nanossegundos, não se sabe exatamente qual faixa de pulso é melhor para a remoção dos pigmentos. Outra questão sobre os *lasers* de picossegundos é a dependência da cor, pois, pelo fato de atuar mais fortemente no efeito fotoacústico, pensava-se que os *lasers* de picossegundos agissem na remoção de pigmentos, independentemente da cor da partícula. Porém, na prática atual, embora haja menos dependência de cor do que nos *lasers* de nanossegundos, ela também existe nos picossegundos.<sup>21</sup> Além disso, a questão do custo alto associada ao *laser* de picossegundos é fator limitante para sua prática clínica.<sup>22</sup>

Choi e colaboradores, 2018, compararam *lasers* de nanossegundos e de picossegundos na remoção de pigmentos de tatuagem em modelo animal. Nd:YAG Q-switched e Nd:YAG picossegundos foram avaliados, evidenciando maior eficácia do *laser* de picossegundos, com menos efeitos colaterais, além da capacidade de remover alguns pigmentos de coloração não preta.<sup>22</sup>

Zhang e demais autores, 2018, compararam o *laser* Alexandrita de picossegundos ao *laser* Nd:YAG de nanossegundos para remoção de tatuagem preta azulada realizada há mais de 10 anos nas pálpebras de 72 pacientes. Foram realizadas uma a quatro sessões e não houve diferença significativa nos resultados entre os dois tipos de *lasers*.<sup>23</sup>

Vachiramon *et al.*, 2018, compararam Nd:YAG 532nm de nanossegundos a Nd:YAG 532nm de picossegundos para tratar lentigo solar. Foram randomizadas e tratadas com uma única sessão 30 lesões. Na avaliação em seis e 12 semanas após o início das sessões, os dois tratamentos clarearam as lesões, embora os pacientes estivessem mais satisfeitos com as lesões tratadas com *laser* de picossegundos. Os eventos adversos foram semelhantes nos dois grupos. Os autores concluíram que os dois *lasers* são seguros e eficazes no tratamento de lentigo solar, porém, devido ao custo/ benefício, o *laser* de nanossegundo permanece como tratamento principal e o *laser* de picossegundo pode ser considerado opção terapêutica.<sup>24</sup>

Sendo assim, mais estudos são necessários para definir as principais diferenças terapêuticas e melhores indicações entre o uso de *laser* de nanossegundos e picossegundos ao abordar tratamento de pigmentos.

## Q-SWITCHED E APLICABILIDADES CLÍNICAS

### Lesões pigmentadas da epiderme:

Efêlides, lentigos solares e queratoses seborreicas podem ser tratados de maneira eficaz com *lasers* Q-switched. O tempo de cicatrização e o perfil de efeitos colaterais entre estes *lasers* são similares, mas a ausência de púrpura após o tratamento com o Q-switched Ruby (694nm) e Alexandrita (755nm) torna-os levemente preferidos, especialmente quando se trata de lesões faciais. Uma ou duas sessões de tratamento são, geralmente, suficientes para clarear a maior parte dos lentigos, embora tratamentos mais longos sejam ocasionalmente exigidos em lesões resistentes e maiores. As maiores preocupações do tratamento são as mudanças pigmentares no pós-operatório, tais como hipopigmentação e hiperpigmentação. A hiperpigmentação pós-inflamatória é mais frequente em indivíduos de pele fototipo III e IV, assim como em indivíduos com pele bronzeada. O risco de hipopigmentação é mais alto com o *laser* de Ruby Q-switched do que com o *laser* Alexandrita Q-switched ou o *laser* Nd:YAG 1064nm Q-switched. Em relação às manchas café com leite, o clareamento é alcançado após sessões repetidas de *laser* Q-switched, pois, conforme o tratamento progride, a uniformidade de cor é interrompida, e a mancha passa a apresentar um padrão salpicado de pequenas máculas, até clarear completamente.<sup>25</sup>

### Lesões pigmentadas da derme e epiderme/derme combinadas:

Até o desenvolvimento dos *lasers* com pulso curto, não

havia tratamento efetivo para as melanocitoses dérmicas como o nevo de Ota, nevo de Ito e mancha mongólica. A terapia com *laser* Q-switched tornou-se o tratamento de escolha para estes tipos de lesões pigmentares. O *laser* Ruby, Alexandrita e Nd:YAG Q-switched são capazes de alcançar as células melanocíticas dérmicas na derme, produzindo clareamento lesional significativo ou completo após uma média de quatro a oito sessões. Nevos de Becker apresentam resultados variáveis com *lasers* Q-switched, uma vez que hipopigmentação, remoção incompleta e recidiva ocorrem frequentemente. Apesar de as células pigmentadas dos nevos serem desorganizadas após a exposição ao *laser* Q-switched, quantidade significativa de pigmentos persiste nas estruturas anexais. As razões para esta resposta pobre e alta taxa de recidiva provavelmente relacionam-se à complexa natureza hamartomatosa dos nevos de Becker e suas dependências hormonais, demonstradas pelo aumento da atividade de seus receptores androgênicos. Sendo assim, a melhor abordagem no tratamento destas lesões é a combinação de um *laser* Q-switched e um *laser* com pulso mais longo, específico ao pigmento para remover concomitantemente a pigmentação epidérmica e os pelos da lesão.<sup>25</sup>

No caso de melasma, a terapia com *laser* Q-switched com baixa fluência (subtermolítica) traz resultados eficazes. No melasma epidérmico, observam-se maiores taxas de clareamento do que em melasma dérmico ou misto.<sup>12</sup> A ausência de clareamento completo do melasma está, provavelmente, relacionada à falha no controle dos mecanismos básicos fisiopatológicos da hiper-melanose, como influência genética, exposição ao sol e fatores hormonais.

### Tatuagens:

O tratamento de tatuagens com *laser* depende do tipo e do conteúdo de pigmento. Tatuagens amadoras exigem menos sessões de tratamentos, porque, geralmente, são constituídas de um único pigmento baseado em carbono. Tatuagens profissionais são mais resistentes ao tratamento a *laser*, porque são mais densamente pigmentadas e podem conter pigmentos múltiplos e menos receptivos, particularmente das cores amarelo e verde-escuro. O comprimento de onda ideal deve ser considerado de acordo com as cores presentes nas tatuagens, uma vez que a afinidade dos diferentes pigmentos varia conforme os comprimentos de onda utilizados, como demonstrado no quadro 1.<sup>5,25</sup>

QUADRO 1: SELEÇÃO DE LASER PARA DIFERENTES CORES DE PIGMENTO DE TATUAGEM

Cores de pigmento da tatuagem	Laser
Azul/Preto	Q-switched Ruby (694nm) / Q-switched Alexandrita (755nm) / Q-switched Nd:YAG (1064nm)
Verde	Q-switched Alexandrita (755nm) / Q-switched Ruby (694nm)
Vermelho/ laranja/ Violeta	Q-switched frequência dobrada Nd:YAG (532nm) / Pigmented pulsed dye (510nm)
Amarelo	Pigmented pulsed dye (510nm)

### **Rejuvenescimento:**

Lasers *Q-switched* em múltiplas passadas com baixa fluência são utilizados para rejuvenescimento facial com o objetivo de estimular os fibroblastos dérmicos a realizarem a neocolagênese propiciando melhora do tônus e textura da pele, redução de poros, secreção sebácea, ríntides e discromias.<sup>17</sup> Goldberg realizou estudo-piloto pioneiro descrevendo o uso do *laser Q-switched* Nd:YAG 1064nm para tratamento de ríntides faciais, observando melhora na textura, na elasticidade cutânea e nas ríntides após três tratamentos mensais. Em análise histológica em seis pacientes tratados com uma sessão de *laser Q-switched* Nd:YAG houve melhora na elastose solar, na organização das fibras colágenas e aumento na espessura da derme papilar.<sup>26,27</sup>

### **CONCLUSÃO**

Os *lasers Q-switched* são amplamente utilizados em Dermatologia para tratar uma das queixas mais comuns da rotina dermatológica: as lesões pigmentadas. Dessa maneira, desde seu surgimento, novas descobertas e diferentes formas de utilização estão em crescimento constante. A fim de otimizar o uso dessa tecnologia, é fundamental compreender mecanismos de ação envolvidos e suas principais aplicabilidades clínicas. ●

## REFERÊNCIAS

1. Kasai K. Tattoo. Introduction to Q switched laser treatment. Bunkodo. 2008;86-97.
2. Kasai K. Picosecond Laser Treatment for Tattoos and Benign Cutaneous Pigmented Lesions (Secondary publication). *Laser Ther.* 2017;26(4):274-81.
3. Goel A. Clinical applications of Q-switched NdYAG laser. *Indian J Dermatol Venereol Leprol.* 2008;74(6):682-6.
4. Anderson RR, Parrish JA. Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science.* 1983;220(4596):524-7.
5. Barua S. Laser-tissue interaction in tattoo removal by q-switched lasers. *J Cutan Aesthet Surg.* 2015;8(1):5-8.
6. Kozarev J. Fotona QX MAX: A versatile and powerful device for the treatment of pigment - *Aesthetic Trends & Technologies*, 2010.
7. Cencic B, Lukac M, Marincek M, Vizintin Z. High Fluence, High Beam Quality Q-Switched Nd:YAG Laser with Optoflex Delivery System for Treating Benign Pigmented Lesions and Tattoos. *J Laser Health Academy.* 2010;(1):9-18.
8. Aesthetic Buyers Guide: "RevLite EO Q-switched Nd:YAG Laser Features PhotoAcoustic Therapy Pulse";2007. p26.
9. Liu H, Dang Y, Wang Z, Chai X, Ren Q. Laser induced collagen remodeling: A comparative study in vivo on mouse model. *Lasers Surg Med.* 2008;40(1):13-9.
10. Chan NPY, Ho SGY, Shek SYN, Yeung CK, Chan HH. A case series of facial depigmentation associated with low fluence Q-switched 1,064-nm Nd:YAG laser for skin rejuvenation and melasma. *Lasers Surg Med.* 2010;42(8):712-19.
11. Bevec T, Lukac M. Clinical Results in Thermolytic and Sub-Thermolytic Q-Switched Nd:YAG Skin Rejuvenation *J Laser and Health Academy.* 2011; (1).
12. Bevec T. Treating Melasma with Sub-Thermolytic Q-Switched Nd:YAG. *J Laser and Health Academy.* 2011; (1).
13. Polnikorn N. Treatment of refractory dermal melasma with the MedLite C6 Q-switched Nd:YAG laser: Two case reports. *J Cosmet Laser Ther.* 2008;10(3):167-73.
14. Liu H, Dang Y, Wang Z, Chai X, Ren Q. Laser induced collagen remodeling: A comparative study in vivo on mouse model. *Lasers Surg Med.* 2008;40(1):13-9.
15. Lukac M, Sult T, Zabkar J, Gorjan M, Vizintin Z. Parameters for the New FRAC3 Nd:YAG Laser Skin Treatment Modality. *J Laser Health Academy.* 2010;2010(1):47-55.
16. Jeong SY, Shin JB, Yeo UC, Kim WS, Kim IH. Low-fluence Q-switched neodymium-doped yttrium aluminum garnet laser for melasma with pre- or post-treatment triple combination cream. *Dermatol Surg.* 2010;36(6):909-18.
17. Kalil CL, Campos V, Reinehr CPH, Chaves CRP. Laser toning and drug delivery: a pilot study using laser Q-switched laser 1064nm. *Surg Cosmet Dermatol.* 2016;8(2):142-6.
18. Kasai K. Danger of low fluence Q switched Nd:YAG laser treatment for melasma-so called "laser toning". *J Japan Soc Laser Surg Med.* 2016;36(4):430-5.
19. Kasai K. Melasma. In: Kasai K, editors. *Treatment of Pigmented Lesions.* Hongo Bunkyo-ku: Bunkodo; 2015. p. 121-72.
20. Saedi N, Metelitsa A, Petrell K, Arndt KA, Dover JS. Treatment of Tattoos With a Picosecond Alexandrite Laser: A Prospective Trial. *Arch Dermatol.* 2012;148(12):1360-3.
21. Kasai K. Treatment strategy of melasma: The importance of conservative treatment taking into consideration of the essential qualities of melasma. *Pepars.* 2016;110:73-8.
22. Choi MS, Seo HS, Kim JG, Choe SJ, Park BC, Kim MH, et al. Effects of picosecond laser on the multi-colored tattoo removal using Hartley guinea pig: A preliminary study. *PLoS One.* 2018;13(9):E0203370.
23. Zhang M, Huang Y, Lin T, Wu Q. Comparison of treatment with an Alexandrite picosecond laser and Nd:YAG nanosecond laser for removing blue-black Chinese eyeliner tattoos. *J Cosmet Laser Ther.* 2018;20(7-8):415-8.
24. Vachiramon V, Iamsung W, Triyangkulsri K. Q-switched double frequency Nd:YAG 532-nm nanosecond laser vs. double frequency Nd:YAG 532-nm picosecond laser for the treatment of solar lentigines in Asians. *Lasers Med Sci.* 2018;33(9):1941-7.
25. Antonio CR. *Laser: Princípios básicos e avançados.* Ipele: Livro Online, Set 2018;Cap 60
26. Goldberg DJ, Whitworth J. Laser skin resurfacing with the Q-switched Nd:YAG laser. *Dermatol Surg Off Publ Am Soc Dermatol Surg Al.* 1997;23(10):903-7
27. Goldberg DJ, Silapunt S. Histologic evaluation of a Q-switched Nd:YAG laser in the nonablative treatment of wrinkles. *Dermatol Surg Off Publ Am Soc Dermatol Surg Al.* 2001;27(8):744-6.

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES:

**Livia Arroyo Trédico** |  ORCID 0000-0002-7743-4195

Contribuição: Concepção e planejamento do estudo; elaboração e redação do manuscrito; revisão crítica da literatura.

**Carlos Roberto Antonio** |  ORCID 0000-0001-9243-8293

Contribuição: Concepção e planejamento do estudo; revisão crítica da literatura; revisão crítica do manuscrito.