

Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Biociências  
BIOMEDICINA

**EDUARDA SAMILLYE DE LIMA FIGUEIREDO BARROS**

**LASERS: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES NA ESTÉTICA: UMA REVISÃO**

RECIFE

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Barros, Euarda Samillye de Lima Figueiredo.

LASERS: FUNDAMENTOS e APLICAÇÕES NA ESTÉTICA: UMA  
REVISÃO / Euarda Samillye de Lima Figueiredo Barros. - Recife, 2018.  
58 : il., tab.

Orientador(a): Isvânia Serefin Lopes

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro de Biociências, Biomedicina, 2018.

Inclui referências, anexos.

1. LASER. 2. Estética. 3. Biomedicina estética. 4. Tratamentos estéticos.  
5. Saúde estética. I. Lopes, Isvânia Serefin . (Orientação). II. Título.

610 CDD (22.ed.)

2018

**EDUARDA SAMILLYE DE LIMA FIGUEIREDO BARROS**

**LASERS: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES NA ESTÉTICA: UMA REVISÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Biomedicina, Área de Concentração de Biofísica e Radiobiologia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Biomedicina.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Isvânia Serafim Lopes

RECIFE

2018

**EDUARDA SAMILLYE DE LIMA FIGUEIREDO BARROS**

**LASERS: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES NA ESTÉTICA: UMA REVISÃO**

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Profa. Dra. Isvânia Maria Serafim da Silva Lopes**

Orientadora

Departamento de Biofísica e Radiobiologia – CB/UFPE

---

**Professor Me. Leandro Álvaro de Alcantara Aguiar**

1º Membro da comissão avaliadora

Centro de Biociências - UFPE

---

**Ma. Ruany Cristyne de Oliveira Silva**

2º Membro da comissão avaliadora

Centro do Biociências - UFPE

---

**Profa. Dra. Maria Teresa Jansen de Almeida Catanho**

Suplente da comissão avaliadora

Departamento de Biofísica e Radiobiologia -CB/UFPE

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me sustentar ao longo de toda a caminhada.

Agradeço também:

Aos meus pais por confiarem em mim durante todo curso.

Aos amigos que me encorajaram a terminar.

A minha orientadora que se disponibilizou a me acompanhar nesse trajeto.

A todos que participaram direta e indiretamente desse trabalho.

## RESUMO

O laser tem sido utilizado há bastante tempo para tratamento de doenças e também com finalidade estética. Tendo em vista a possível habilitação do profissional biomédico para tratamentos estéticos, o trabalho apresenta como objetivo principal trazer uma revisão de literatura sobre os tipos de laser, suas aplicações e verificar a capacidade do biomédico realizar esse tipo de procedimento ao final do curso. Foi analisada a aplicação do laser em três tratamentos: para estrias, celulites e remoção de tatuagens, através de artigos publicados entre o ano de 2013 e o ano de 2018 para assegurar uma discussão das técnicas mais atuais de tratamento. Concluiu-se que o laser vem sendo amplamente utilizado em tratamentos na dermatologia/ estética desde sua descoberta e introdução na área. Também se conclui que a especialização em biomedicina é de fundamental importância para que as técnicas sejam realizadas da forma mais segura e eficaz para o paciente.

**Palavras-chave:** LASER; Estética; Biomedicina estética; Tratamentos estéticos.

## **ABSTRACT**

The laser has been used for a long time for the treatment of dents and also for the aesthetic purpose. In view of the possible qualification of professional biomedical practitioners for aesthetic treatments, the main objective of this paper is to review the literature on types of lasers, their applications and to verify the ability of the biomedical practitioner to perform this type of procedure at the end of the course. The application of laser in three treatments was analyzed: for stretch marks, cellulite and tattoo removal through articles published between 2013 and 2018 to ensure a discussion of the most current treatment techniques. It was concluded that laser has been widely used in treatments in dermatology/aesthetics since its discovery and introduction in the area. It is also concluded that specialization in biomedicine is of fundamental importance for the techniques to be performed in the safest and most effective way for the patient.

**Key-words:** LASER; Estetic; aesthetic biomedicine; aesthetic treatments.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Modelo Atômico de Rutherford e Rutherford-Bohr                                                                                                                                                                                                                | 12 |
| Figura 2 - Esquema laser e suas partes                                                                                                                                                                                                                                   | 15 |
| Figura 3 - lâmpada de Finsen                                                                                                                                                                                                                                             | 16 |
| Figura 4 - Modos de vibração da molécula do CO <sub>2</sub> . (B) Modo de estiramento simétrico. (C) Modo de flexão. (D) Modo de estiramento assimétrico.                                                                                                                | 20 |
| Figura 5 - Estrutura cristalina de uma granada de Mg <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> obtida naturalmente.                                                                                                                                  | 21 |
| Figura 6 - Granada de ítrio-alumínio (YAG, Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> ) (a); Granada de ítrio-alumínio dopada com neodímio (Nd:YAG)(b).                                                                                                              | 22 |
| Figura 7 - Estrutura da pele.                                                                                                                                                                                                                                            | 25 |
| Figura 8 - Interação da luz com o tecido.                                                                                                                                                                                                                                | 28 |
| Figura 9 - Área antes do tratamento (presença de adipócitos)                                                                                                                                                                                                             | 35 |
| Figura 10 - Área tratada                                                                                                                                                                                                                                                 | 36 |
| Figura 11 - Celulite antes e após o laser em mulher de 54 anos                                                                                                                                                                                                           | 37 |
| Figura 12 - Celulite antes e após tratamento a laser em mulher de 35 anos                                                                                                                                                                                                | 38 |
| Figura 13 - Celulite antes e após tratamento em mulher de 39 anos                                                                                                                                                                                                        | 39 |
| Figura 14 - Celulite antes e após tratamento em mulher de 39 anos                                                                                                                                                                                                        | 39 |
| Figura 15 - Melhora clínica no tratamento de estrias seis meses após dois tratamentos com pulso curto e suave (A) e apenas pulso curto (B).                                                                                                                              | 41 |
| Figura 16 - lado direito do abdome tratado com laser, lado esquerdo não tratado.                                                                                                                                                                                         | 42 |
| Figura 17 - Antes do tratamento                                                                                                                                                                                                                                          | 43 |
| Figura 18 - Após o tratamento                                                                                                                                                                                                                                            | 43 |
| Figura 19 - Fotografia de abdome de paciente antes do tratamento (A) e seis meses de seguimento após o tratamento (B). A melhora foi classificada pela paciente como excelente. Paciente antes do tratamento (C) e seis meses de seguimento ao tratamento (D). A melhora | 44 |
| Figura 20 - Tatuagem antes e imediatamente após a primeira sessão com branqueamento resultante da ação do LASER. A terceira imagem mostra a mesma tatuagem após 5 sessões de tratamento.                                                                                 | 46 |
| 21: Tatuagem antes do tratamento; imediatamente depois e após cinco sessões ao final do tratamento.                                                                                                                                                                      | 46 |

Figura 22 - Fotografia de tatuagem amadora. Fotos antes do tratamento, depois da primeira aplicação e ao fim das três aplicações. 46

Figura 23 - colocar titulo 47

## LISTA DE TABELAS

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Fototipos                | 18 |
| Tabela 2 - Lasers e suas indicações | 18 |
| Tabela 3 - Artigos pesquisados      | 22 |

## SUMÁRIO

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO</b>                               | <b>12</b> |
| <b>1 - ATOMÍSTICA</b>                           | <b>14</b> |
| <b>2 - PRODUÇÃO ESTIMULADA DO FÓTON</b>         | <b>15</b> |
| <b>3- BREVE HISTÓRICO DO LASER</b>              | <b>17</b> |
| <b>4 - TIPOS DE LASERS</b>                      | <b>18</b> |
| ELÉTRONS LIVRES                                 | 18        |
| LÍQUIDOS                                        | 18        |
| SÓLIDOS                                         | 18        |
| GASOSO                                          | 21        |
| <b>5 - LASER NA MEDICINA</b>                    | <b>22</b> |
| <b>6 - ALGUMAS COMPLICAÇÕES DO USO DO LASER</b> | <b>24</b> |
| <b>7 - MODOS DE OPERAÇÃO</b>                    | <b>24</b> |
| <b>8 - ANATOMIA E FISIOLOGIA DA PELE</b>        | <b>25</b> |
| <b>9 - INTERAÇÃO DO LASER COM A PELE</b>        | <b>28</b> |
| <b>10 - METODOLOGIA</b>                         | <b>32</b> |
| LIPODISTROFIA GINÓIDE (CELULITE)                | 36        |
| ESTRIAS                                         | 41        |
| REMOÇÃO DE TATUAGENS                            | 46        |
| <b>DISCUSSÃO</b>                                | <b>49</b> |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>                     | <b>52</b> |

## INTRODUÇÃO

Atualmente a medicina muito tem se beneficiado do uso da luz. Mas não é de hoje que a fototerapia é utilizada para tratamentos médicos entre eles, dermatológicos.

A literatura relata que a luz já era usada com finalidade terapêutica há mais ou menos 3500 anos quando os egípcios utilizavam a radiação solar associada com ervas consideradas medicinais para tratar disfunções de pele

Em 1896 Niels Ryberg Finsen (1860-1904) instituiu o tratamento de Lupus Vulgaris com luz ultravioleta, em 1901 o procedimento passou a ser amplamente utilizado no hospital de Londres o que renderia a Finsen o prêmio Nobel de fisiologia e medicina e daria a área da saúde uma nova possibilidade para terapia (NOBEL PRIZE, 2021) (PENG, 2008).

Em 1903 quando Finsen recebeu o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina pelo tratamento de Lúpus Vulgaris com luz que a fototerapia começou a ser mais estudada e aplicada (LAWRENCE, 2002).

Em 1917 Einstein postulava sobre a emissão estimulada de fótons quando a luz atravessava determinada substância. Rudolf W. Landenburg em 1928 confirmaria essa teoria, dando assim início ao que posteriormente viria ser o laser (PENG, 2008).

Atualmente, a fototerapia é utilizada em vários tratamentos estéticos através do LED e do LASER. Para entender e compreender a eficácia dos tratamentos propostos, é necessário realizar uma breve revisão sobre os fundamentos da física até e a produção da luz LASER.

Um breve resumo sobre anatomia e fisiologia da pele também foi realizado a fim de lembrar os conceitos básicos da estrutura da pele e da forma como o laser se comporta em cada tecido devido as suas variações.

Também foi abordada de forma conceitual a produção da luz do LASER com as características básicas para ser considerada como tal, as variações dos tipos de LASER os principais materiais que os originam além das interações com o tecido vivo tendo em vista que não se trata de radiação ionizante.

Na revisão, foram analisados diferentes tipos de laser a fim de verificar a sua segurança e efetividade para cada tratamento.

Tendo em vista a possível habilitação do biomédico em estética e o nosso curso não dispor de disciplinas que abordem temas sobre a habilitação, este trabalho tem como

objetivo elucidar os fundamentos do LASER e apresentar alguns dos tratamentos em que ele pode ser utilizado associado ao protocolo que gerou melhores resultados.

## REVISÃO DE LITERATURA

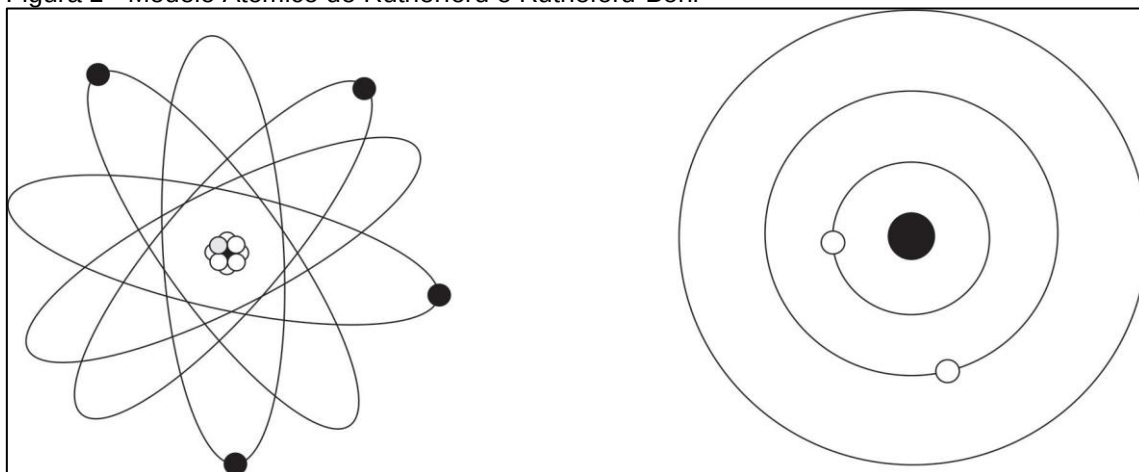
### 1 - ATOMÍSTICA

Para entender a formação do laser, é importante ter uma noção sobre as bases da atomística. Quando Dalton começou a estudar as divisões da matéria, propôs que a menor partícula era o átomo e que ela seria indivisível. Algum tempo depois Rutherford afirmou que o átomo possuía um núcleo que era de 10 a 100 mil vezes menor que o seu tamanho total e que possuía carga positiva. Porém não era possível que o núcleo do átomo tivesse carga positiva uma vez que a matéria é neutra. Posteriormente ele assumiu que a carga positiva do núcleo era equilibrada por partículas negativas e a essas partículas deu o nome de elétrons (CORRÊA, 2014).

No entanto, ainda havia um problema nesse modelo. Se os elétrons estivessem parados, eles seriam atraídos pra o núcleo. A partir dessa observação feita por Bohr, deu-se que os elétrons descrevem uma trajetória circular em relação ao núcleo cada um em um nível de energia definido (CORRÊA, 2014).

Os modelos atômicos anteriormente citados estão ilustrados na figura 1, à esquerda temos o modelo proposto por Rutherford e a direita o modelo de Rutherford com as observações de Bohr.

Figura 1 - Modelo Atômico de Rutherford e Rutherford-Bohr



Fonte: O Autor (2018).

Ainda analisando a teoria de Rutherford e tomando como base os princípios de eletricidade e magnetismo, outro problema surgiu. Esses princípios dizem que se uma carga elétrica está em movimento ela emitirá energia, no entanto Rutherford defendia que os elétrons giravam ao redor do núcleo, dessa forma não é difícil imaginar o que aconteceria: os elétrons emitiriam energia permanentemente descrevendo uma trajetória espiralada, à medida que perdessem energia se aproximariam mais do núcleo e eventualmente se chocariam com o mesmo. Essa teoria não era possível, pois haveria colapso da matéria.

Borh baseando-se nas ideias de Plank, postulou que os elétrons descrevem trajetórias circulares ao redor do núcleo, porém não há emissão de energia nesse percurso e que quando por algum motivo o elétron passasse de uma órbita para outra alguma energia seria emitida ou absorvida.

Essa última observação dá origem a equação 1, onde “h” é denominada como constante de Plank. “f” é a frequência da radiação. Essa energia produzida na passagem de um nível energético para outro é denominada fóton e essa passagem pode ocorrer de forma espontânea.

Para a formação da luz do laser esses fótons são produzidos de forma estimulada (BAGNATO, 2001).

Equação 1 - Energia do fóton

$$\Delta E = h \cdot f$$

## 2 - PRODUÇÃO ESTIMULADA DO FÓTON

Se um átomo se encontra em um estado fundamental ele permanece nesse estado até que haja um estímulo externo. Dessa forma o átomo pode ser estimulado naturalmente através da energia, essa energia pode ser obtida através da incidência de um fóton, levando o átomo a um nível excitado. Quando esse átomo retorna ao nível menos excitado, ele libera um fóton espontaneamente e este pode ser emitido em qualquer direção e não possui uma fase definida.

Quando essa emissão ocorre de forma estimulada, a fase de absorção ocorre de forma similar. Porém para que o átomo volte para o nível mais estável um novo fóton precisará ser incidido nele. Os fótons gerados a partir desse segundo fóton são ditos fótons “gêmeos”, pois possuem a mesma energia e direção e são incididos em fase, fazendo com que a luz emitida pelo laser seja coerente.

Para que o laser possa funcionar corretamente é necessário que haja uma inversão de população atômica. Essa inversão ocorre quando há mais átomos no estado excitado do que no estado com mais baixa energia. A partir da inversão é que a emissão estimulada pode produzir a cascata luminosa.

Ela acontece quando o primeiro fóton emitido pelo sistema de forma espontânea estimula a emissão de mais fótons e à medida que a população do nível superior aumenta, a quantidade de fótons emitidos será maior que a quantidade absorvida.

A inversão pode ser obtida em sistemas atômicos por sistemas com três ou quatro níveis de energia. No de três níveis, os átomos são transferidos para o nível de maior energia a partir do estado fundamental e decaem para o nível intermediário. A inversão então ocorre entre o primeiro e o segundo nível. Quando ocorre o decaimento do segundo nível para o nível fundamental é que a radiação é emitida.

A energia incidida no sistema é proveniente do bombeamento e a partir dele o sistema passa a apresentar ganho. Apesar de o bombeamento poder ser contínuo o sistema pode saturar, pois o campo eletromagnético tem sua intensidade elevada isso faz com que a quantidade de átomos no nível excitado seja reduzida gerando um decréscimo na inversão da população.

Esse estado faz com que o sistema entre em um estado estacionário fazendo com que a amplificação do feixe seja capaz de suprir apenas suas próprias perdas. Esse inconveniente é corrigido pelos espelhos. Quando refletido (dando uma volta completa na cavidade óptica) o feixe se reproduz em relação à amplitude, fase e geometricamente.

Nessa volta são consideradas variáveis como os coeficientes de reflexão do espelho, absorção e espalhamento do meio além de outras perdas que ocorrem na cavidade (SVELTO,1998).

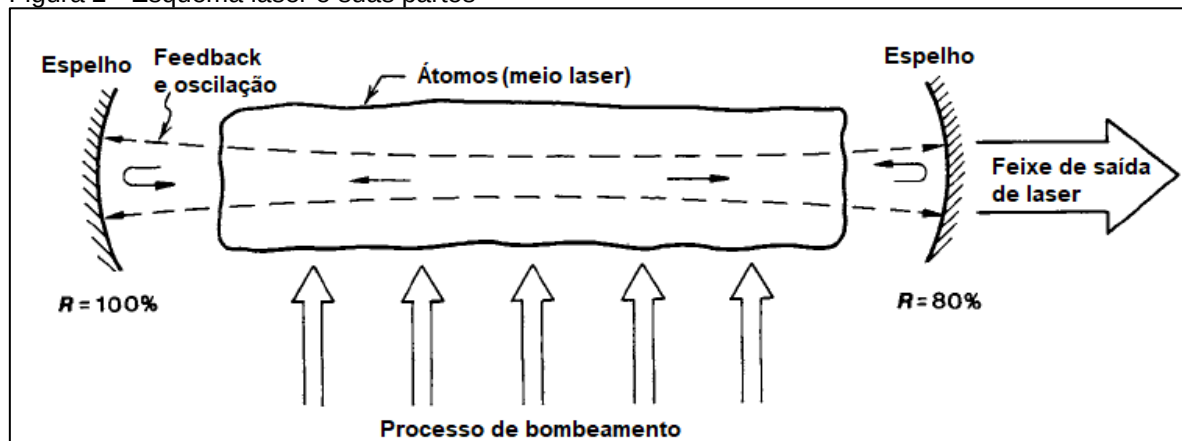
### 3- BREVE HISTÓRICO DO LASER

Em 1917 Albert Einstein já observara que em determinadas condições os átomos poderiam liberar sua energia acumulada quando absorviam luz (PENG, 2008).

Em 1958, Schawlow e Townes estenderam o princípio da emissão estimulada para o infravermelho e para luz visível dando ao processo o nome de LASER que é o acrônimo para Light amplification by stimulated emission (amplificação da luz por emissão estimulada de radiação).

Um laser é constituído por alguns dispositivos essenciais: um meio com uma constituição adequada de átomos, íons ou um cristal semiconductor (como no laser de rubi); uma fase de excitação das moléculas atômicas (fase de bombeamento) e uns elementos ópticos que favoreçam a passagem do feixe de radiação através do meio como amplificador como demonstrado na figura 2 (SIEGMAN, 1987).

Figura 2 - Esquema laser e suas partes



Fonte: SIEGMAN, 1987.

O primeiro laser foi construído no ano de 1960 por Theodore Maiman a partir da observação do brilho de uma lâmpada de flash em uma haste de rubi cercada por um tubo de luz elétrica helicoidal, gerando um feixe de luz vermelha intensa de comprimento de onda 694nm (PENG, 2008; GEIGES, 2011).

## 4 - TIPOS DE LASERS

Com base nos conceitos fundamentais discutidos nos tópicos anteriores é que são produzidos os lasers. Porém apesar de os fundamentos serem os mesmos, alguns componentes podem ser mudados no sistema gerando tipos de lasers diferentes sendo assim classificados pelo meio ativo. A partir disso podemos obter os seguintes tipos de lasers:

### ELÉTRONS LIVRES

Nessa classe encontramos os lasers de excímeros. Seu meio ativo são gases reativos misturados a gases inertes que a partir de uma estimulação elétrica forma um dímero. O laser Cloreto de criptônio emite luz no espectro ultravioleta com comprimento de onda 222nm. Já o fluoreto de xenônio também emite no ultravioleta com comprimento 351nm (RAO, 2013).

### LÍQUIDOS

Ou laser de corante. Esse tipo tem como meio amplificador corantes orgânicos em suspensão ou solução. Um deles é a rodamina G6 que emite luz no espectro infravermelho e comprimento de onda de 570 a 650nm (MANZOCHI, 1989).

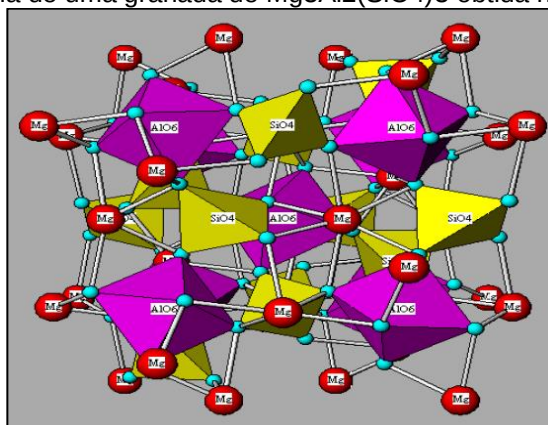
### SÓLIDOS

Os lasers de estado sólido podem ser semicondutores ou isolantes dopados. A fase estacionária é uma matriz sólida e as fontes de bombardeamento são lâmpadas de flash. O laser de rubi é um laser de estado sólido que gera uma luz com comprimento de onda de 633nm. Os semicondutores são conhecidos também como laser de diodo. A fonte de bombeamento é por corrente elétrica. É amplamente utilizado na estética. Como exemplo desse tipo de laser temos o arsenieto de gálio e alumínio que emite laser no infravermelho e possui comprimento de onda de 670 a 830nm (SILVFAST, 2004).

O laser de diodo foi desenvolvido em 1970 pelo físico americano Morton B. Panish e pelo cientista japonês Izuo Hayashi tomando como base os lasers de injeção que já existiam na época.

É de extrema importância diferenciar o laser de diodo do LED (light-emitting diodes), que são diodos emissores de luz. Vimos anteriormente que para ser considerado laser a luz do sistema tem que ser produzida por emissão estimulada e esse efeito não acontece no LED que gera luz por emissão espontânea (PIRES, 2003). O laser de diodo funciona como um amplificador óptico semiconductor, ou seja, funciona através de realimentação óptica e para que haja essa realimentação é necessário a injeção de uma corrente grande suficiente. Quando isso acontece, o amplificador passa a ser um oscilador formando o laser. Como exemplo da segunda classe de lasers sólidos temos a granada de ítrio-alumínio dopada com neodímio que é a fase estacionária do Nd:YAG laser que produz luz no espectro infravermelho com comprimento de onda 1064nm (PENG, 2008); (ZANATTA, 2006). O acrônimo YAG vem do termo em inglês *yttrium aluminium garnet* ou granada de ítrio e alumínio. Granada, em mineralogia se refere a um grupo de minerais. Uma granada natural é uma rocha que apresenta composição química diferente como representada na figura a seguir.

Figura 5 - Estrutura cristalina de uma granada de  $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$  obtida naturalmente.



Fonte: ZANATTA, 2006.

A primeira granada a ser sintetizada foi produzida em 1956. Era uma granada com ítrio e ferro nomeada YIG (yttrium iron garnet) e possuía a mesma estrutura cristalina que eram encontradas nas granadas naturais. Algum tempo depois notou-se que outros compostos com a mesma conformação poderiam ser sintetizados.

Elas geralmente são obtidas por reações de estado sólido em temperaturas a depender da granada em questão, porém sempre elevadas. A granada YIG foi obtida aplicando-se ao ítrio e ao ferro uma temperatura de 1300°C durante 3 horas.

A literatura descreve várias formas de obtenção de granada de ítrio-alumínio.

Em 2002, Kong *et al*, mostrou que era possível obter granada de ítrio alumínio ( $Y_3Al_5O_{12}$ ) a partir de  $Y_2O_3 + \alpha-Al_2O_3$  moído por 12 horas sob condições normais de pressão. Posteriormente, alíquotas foram submetidas a temperaturas que variavam dos 800 °C a 1500 °C. A granada YAG monofásica foi obtida através da amostra tratada a 1000 °C.

Já Ristic *et al* procedeu com a moagem dos insumos por 2 e 5 horas antes de proceder com a síntese. Ele realizou a moagem em 800°C, 1000°C, 1200°C e 1300°C. Após submeter às temperaturas, verificou que à 1000°C por 5 horas eram as condições ideais para a formação da granada.

Para obtenção do cristal Nd:YAG, a granada YAG é dopada com neodímio. Ela se apresenta como um cristal e é utilizada como meio amplificador para produção de laser.

Figura 6 - Granada de ítrio-alumínio (YAG,  $Y_3Al_5O_{12}$ ) (a); Granada de ítrio-alumínio dopada com neodímio (Nd:YAG)(b).



**Fonte:** (KOSTIć et al., 2015).

Para obtenção do cristal de Er:YAG, a granada é dopada com erbium. Esse cristal é utilizado como amplificador do sistema produzindo uma luz com comprimento de onda de 2,94  $\mu m$ . Esse comprimento de onda faz com que esse laser tenha uma maior afinidade com a água. Pelo seu comprimento de onda, sua atuação é mais superficial, o que o torna um laser mais suave e com um risco térmico mais moderado.

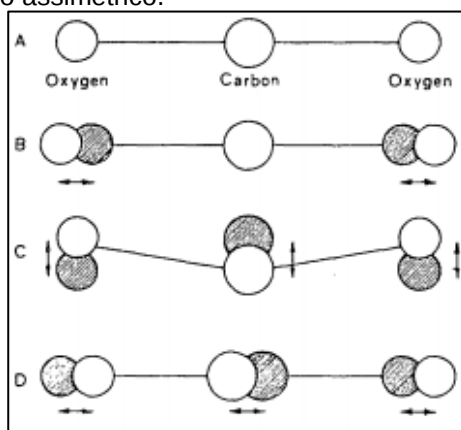
Para estimular a produção da luz, é necessária uma fonte de energia que pode ser a energia, as flashlamps entre outros. Após o disparo elétrico, o feixe de luz precisa ser transferido ao tecido. Para isso são usados braços articulados ou fibras ópticas para fazer a distribuição. Esses sistemas têm ainda a capacidade de modificar o feixe direcionando a luz ao paciente

## GASOSO

Seu bombeamento é dado por descargas de gás. O laser de He-Ne produz luz no espectro infravermelho e no visível, assim como o laser de Argônio. Um dos lasers mais utilizados na dermatologia é o de CO<sub>2</sub> com luz de comprimento de onda de 10.6 µm no espectro infravermelho. O laser de CO<sub>2</sub> possui a mesma conformação do laser de rubi, o que difere é que o meio ativo que é um gás no lugar de um sólido. Ele foi desenvolvido por Chandra Kumar Patel em 1964 (PATEL, 1964).

A molécula de CO<sub>2</sub> se apresenta de forma linear com um carbono central e uma molécula de oxigênio em cada extremidade. Pela sua conformação ela pode vibrar em três modos diferentes e apresentar rotação nos três eixos espaciais como mostra a figura 4(CINELLI, 1992).

Figura 4 - Modos de vibração da molécula do CO<sub>2</sub>. (B) Modo de estiramento simétrico. (C) Modo de flexão. (D) Modo de estiramento assimétrico.



Fonte: CINELLI, 1992

Para promover a inversão da população nesse meio ativo, são usados o N<sub>2</sub> ou descarga elétrica. Quando a molécula de N<sub>2</sub> é utilizada, ela se apresenta no estado de excitação vibracional e colide com a molécula de CO<sub>2</sub>.

Na colisão por descarga elétrica, os elétrons podem colidir de forma elástica ou inelástica. Quando ocorre colisão elástica, não há transferência de energia, apenas de momento. Já na transferência inelástica, há absorção de energia dos elétrons podendo ser ionizada ou transferida para níveis mais elevados de energia (no laser de CO<sub>2</sub> são utilizados quatro níveis de energia).

A formação da radiação nesse laser ocorre como em qualquer outro tipo de laser: os elétrons obtidos do dióxido de carbono retornam do seu estado de energia

mais excitado para o menos excitado de maneira estimulada produzindo, assim, fótons que se comportam de forma semelhante (BAGNATO, 2001).

Os sistemas que usam dióxido de carbono como meio para produção do laser produzem uma radiação do tipo ablativa, ou seja, eles vaporizam a quase meio centímetro de profundidade provocando ulcerações (RODRIGUEZ-MENOCAL et al., 2018).

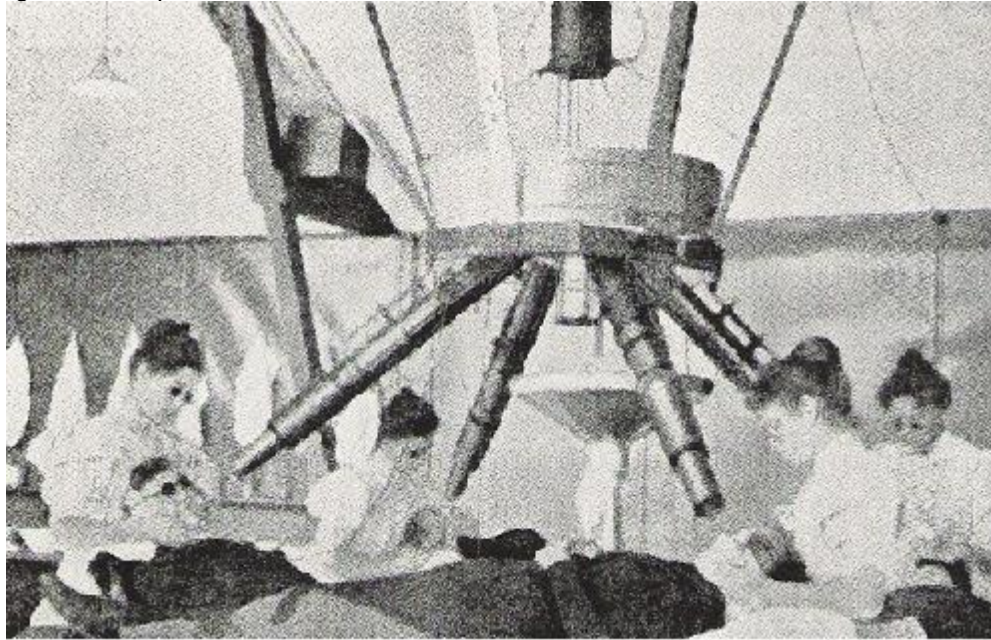
Os lasers podem apresentar modos de operações diferentes que serão discutidos no tópico a seguir.

## **5 - LASER NA MEDICINA**

Antes da utilização do laser na medicina, alguns médicos especialistas já começavam a tratar doenças com radiação solar e outras técnicas usando a luz. Antes de Maiman ter construído o laser de rubi, já em 1946 oftalmologistas usavam lâmpadas de xenônio para fotocoagulação de lesões oculares em coelho.

Na dermatologia, antes do laser, já usava-se fototerapia para tratamento de lupus vulgaris com lâmpada de Finsen em 1899. A lâmpada de Finsen consistia em uma luz ultravioleta que incidia na pele através de lentes de quartzo. O tratamento era realizado durante uma hora para áreas com 2 a 5 centímetros de diâmetro. Como o sistema tinha mais de um ponto de emissão, mais de um paciente poderia ser tratado simultaneamente como mostra a figura 3 (LAWRENCE, 2002) (MENDES; GOMES, 2003).

Figura 3 - lampada de Finsen



Fonte: Finsen Institute in Denmark, ca. 1900. Source: Wikimedia Commons.

Em 1925 a psoríase era tratada com associação de luz e alcatrão. Assim, já era de se esperar inovações e novas aplicações da fototerapia. E isso não demorou muito a acontecer (GIANFALDONI et al, 2017).

O pioneiro no uso do laser na medicina foi o físico Leon Godman. Em 1963 ele testou na pele os efeitos do laser de rubi. Nesse teste ele pode observar que o laser quando aplicado na pele tinha uma maior afinidade por estruturas pigmentadas, como os folículos pilosos (esse é o fundamento da maioria dos lasers para depilação hoje em dia). Ele também observou que seria possível realizar tratamentos de nevos melanocíticos, cânceres do tipo melanoma, além da remoção de tatuagens (GEIGES, 2011).

Goodmand também postulou sobre o uso do laser de CO<sup>2</sup> afirmando que sua ação não se relacionava com a cor da área aplicada, além de demonstrar outras utilizações do laser como na forma de bisturi óptico, na hemostasia em cirurgias em órgãos com grande vascularização e no uso para tratamento de telangiectasias. Sobre essa última será abordado mais à frente.

Após o laser de rubi, surgiu o laser de CO<sub>2</sub>, laser de argon. Em 1965, a primeira tatuagem foi removida com a utilização do LASER Q-switched (Vo-Dinh, 2003).

## **6 - ALGUMAS COMPLICAÇÕES DO USO DO LASER**

Os primeiros lasers de ondas contínuas emitiam um feixe de luz ininterrupta que eram bastante eficazes na destruição do alvo desejado. Porém o tecido que circundava a área que o feixe incidia também era exposto. O resultado dessa exposição é a presença de cicatrizes hipertróficas e alteração na coloração da pele. Para correção desse inconveniente, passaram a ser produzidos lasers com ondas descontínuadas ou uso de um obturador mecânico para que o feixe de luz pudesse ser interrompido, apesar de os cirurgiões demonstrarem interesse no método contínuo.

O uso do laser de rubi se mostrou ineficiente quando utilizado como bisturi para corte ou para coagulação. Quando passaram a ser utilizados com pulsos de alta energia, não foi possível prever o corte já que formava cavitações.

Para minimizar os danos térmicos causados ao tecido periférico era necessário manipular adequadamente o comprimento de onda e a duração do pulso.

Em alguns países houve aceitação do laser de rubi, como o Japão que passou a comercializar para tratamento de lesões pigmentadas e remoção de tatuagens. Já nos Estados Unidos e na Europa o laser de CO<sub>2</sub> tomou o seu lugar para a realização do mesmo fim.

## **7 - MODOS DE OPERAÇÃO**

Os lasers supracitados podem apresentar as seguintes formas de operação: Onda contínua (CW), pulsado ou Quasi-CW, Superpulsado e Q-switched.

### **7.1 LASER DE ONDA CONTÍNUA (CW)**

É um tipo de laser que emite um feixe de luz contínuo com uma saída de calor que pode ter sua duração e intensidade controlada. A saída desse tipo de laser é geralmente operada com auxílio de um pedal (VIEIRA, 2012)

## 7.2 LASER PULSADO

Difere do de onda contínua por possuir interruptor, emite luz de forma descontínua. Porém, com ela não é possível a obtenção de picos elevados de energia. Outra desvantagem é que a fonte de energia está acoplada perto do cristal que se encontra na hadpiece, o que a torna mais pesada (KAMINSKY, 2018).

## 7.3 LASER SUPERPULSADO

Nesse modo, o laser é emitido de forma muito rápida e com alta energia com pulsos de duração fixa levando a uma redução no efeito térmico que os modos pulsados e contínuos provocam. (RP ENCYCLOPEDIA)

## 7.4 LASER Q-SWITCHED

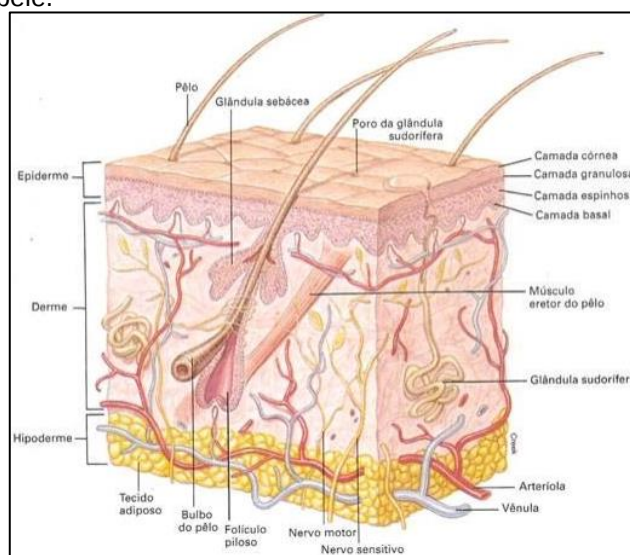
Existem várias formas de se acoplar um comutador em um laser: por dispositivos mecânicos, espelhos entre outros. Um dos espelhos do final da cavidade é bloqueado não refletindo a luz, produzindo um *feedback* que causa uma inversão de população repentina gerando um pulso de saída como pico extremamente alto e de curta duração na ordem dos nanosegundos (ASHARF, 2018).

# 8 - ANATOMIA E FISIOLOGIA DA PELE

O maior órgão do corpo humano com uma superfície média de 1,8m<sup>2</sup>: a pele. Representa aproximadamente 15% do peso corporal, e é composta por três camadas com função de proteger ossos e músculos. Participa da regulação da temperatura do corpo e da perda de água, protege os nutrientes necessários ao organismo, entre outras funções. A estrutura da pele encontra-se representada na figura 07 (Han, 2015).

A camada mais externa é a epiderme. Ela é composta por quatro camadas que predominam células como queratinócitos, mas também apresenta quantidade significativa de outras células como as de Langerhans, melanócitos e dendritos. A camada mais superficial da epiderme é o estrato córneo (corneócitos). Essa porção não apresenta vascularização e obtém oxigênio por meio de difusão. Os corneócitos são facilmente eliminados na lavagem da pele (Pappas, 2015).

Figura 7 - Estrutura da pele.



Fonte: Van de Graaff, 2003.

A segunda camada é a derme. Ela compreende aproximadamente 90% do total da pele e é constituída por duas camadas distintas: uma mais superficial e papilar rica em tecido conjuntivo e fibras finas de colágeno e uma camada reticular mais compacta e profunda composta também por tecido conjuntivo, porém com uma camada mais densa disposta em feixes grossos.

Na derme temos como principais células os fibroblastos. Eles são responsáveis pela produção de proteínas de estruturação (colágeno, elastina) e também os glicosaminoglicanos, como o ácido hialurônico. Estes últimos são extremamente importantes para a retenção de água na derme (MENON, 2015)

A proteína mais abundante nessa camada de pele é o colágeno. Ele se apresenta nas formas de tipo I, III, IV e V. O tipo I é mais encontrado na derme reticular, enquanto o tipo III é predominantemente encontrado na porção papilar. Já o tipo IV pode ser observado na membrana basal.

Outro tipo de fibra também importante, porém menos abundante na derme é a fibra de elastina. Sua importância se dá à resistência e resiliência da pele quando esticada.

Quando ocorrem alterações desses dois grupos de fibras, (colágenas e elásticas) lesões como estrias atroficas, lesão senil papilar e reticular e cicatrizes podem ser originadas. (GUIRRO, 2002)

A camada que sucede a derme é a hipoderme ou tela subcutânea. Sua composição é basicamente tecido conjuntivo frouxo ou adiposo. A quantidade do

tecido varia de indivíduo para indivíduo e também da localização. Algumas partes como pálpebras, dobras articulares e região do esterno normalmente não possuem acúmulo de gordura. Já as partes que concentram mais acúmulo adiposo compreendem a região dos flancos, abdômen, braço e coxa. Vale ressaltar que esses depósitos variam também com o sexo e idade. No sexo feminino, o depósito de gordura costuma ser no quadril e nas coxas, a chamada distribuição ginóide (Reis et al., 2000).

Independente da faixa etária, as mulheres apresentam maior quantidade de gordura do que os homens. Isso se deve em parte aos hormônios estrogênio e prolactina que tem uma alta afinidade com a insulina, hormônio que estimula a lipogênese.

Apesar do aumento na quantidade de homens que se preocupam com a estética, o número de mulheres ainda é consideravelmente maior. Oliveira em 2012, diz que os homens ainda se preocupam mais com a saúde, desemprego e em terceiro lugar a aparência, condição que para as mulheres está em primeiro lugar.

A hipoderme é também chamada de tela subcutânea devido a sua importância de ligação da pele com a fáscia muscular. Essa ligação confere ao músculo a capacidade de contração sem que a pele seja repuxada.

A pele pode ser subdividida por várias classificações. De acordo com o nível clínico podendo ser normal ou seca. Também pode ser avaliada a partir do aspecto cutâneo sendo classificada como oleosa, seca, rugosa ou saúva e mista.

Para uma avaliação mais profunda a fim de verificar a fisiologia da pele pode fazer a avaliação do pH, mensuração da porção lipídica além de vários outros parâmetros.

Apesar da quantidade variáveis a serem avaliadas, a classificação de Fitzpatrick é a mais utilizada que classifica a cor da pele como constitutiva, ou seja, controlada por fatores genéticos fornecendo características através dos genes de pigmentação ou facultativa que dependia de fatores hormonais, envelhecimento além de exposição ao sol (MOTA, 2006).

**Tabela 1 - Fototipos**

| <b>Fototipo</b> | <b>Padrão Racial</b>        | <b>Eritema</b> | <b>Bronzeado</b>         | <b>Sensibilidade</b> |
|-----------------|-----------------------------|----------------|--------------------------|----------------------|
| <b>I</b>        | Caucasiano                  | Sempre         | Nunca                    | Muito sensível       |
| <b>II</b>       | Nórdico                     | Sempre         | Às vezes                 | Sensível             |
| <b>III</b>      | Caucasiano                  | Moderado       | Moderado                 | Normal               |
| <b>IV</b>       | Mediterrâneo/Mongolóid<br>e | Pouco          | Sempre                   | Normal               |
| <b>V</b>        | Caucasiano                  | Raro           | Sempre                   | Pouco<br>Sensível    |
| <b>VI</b>       | Indiano/Negro               | Nunca          | Pele muito<br>pigmentada | Insensível           |

Fonte: MOTA, 2006.

## **9 - INTERAÇÃO DO LASER COM A PELE**

Para que o laser possa produzir efeitos sobre a pele ele precisa ser absorvido, para isso é fundamental que haja interação da radiação do laser com as estruturas do corpo. Isso seria o normal, porém existem algumas considerações que devem ser levadas em conta.

Sabemos que a quantidade de moléculas absorventes além da disposição corporal desses elementos varia de indivíduo para indivíduo. Ainda que seja considerada apenas um indivíduo, a sua disposição molecular corporal também varia com as regiões do corpo. Essas variações interferem diretamente na absorção da radiação

Como já visto, o laser emite uma radiação de baixa potência e desde o início de sua utilização não foram elucidadas todas as formas de como a energia luminosa é capaz de produzir efeitos biológicos tão distintos.

Porém já se sabe que as respostas nos tecidos biológicos produzidas pelo laser se relacionam diretamente com comprimento de onda, com o pulso emitido, e o nível de energia absorvido (GUIRRO, 2004).

Na tabela 2 podemos observar os diferentes tipos de laser com suas indicações.

**Tabela 2 - Lasers e suas indicações**

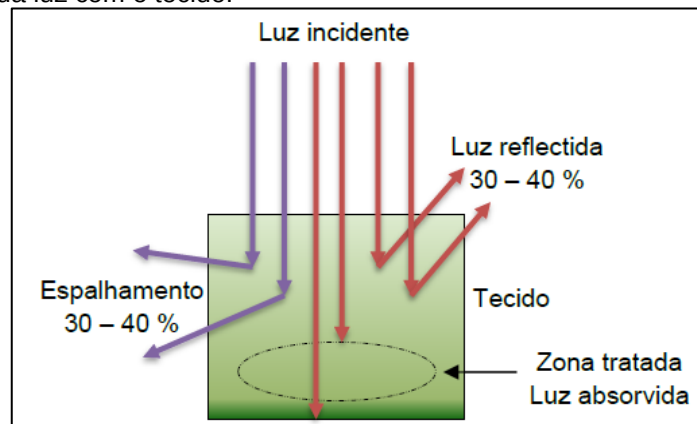
| Material              | Comprimento de onda | Regime do pulso  | Indicação             |
|-----------------------|---------------------|------------------|-----------------------|
| <b>RUBI</b>           | 694 nm              | Pulsado/Contínuo | Remoção de tatuagens  |
| <b>Alexandrite</b>    | 755 nm              | Pulsado          | Remoção de pêlos      |
| <b>Nd:YAG</b>         | 1064nm              | Pulsado          | Celulite              |
| <b>Er:YAG</b>         | 2940nm              | Pulsado          | Peeling               |
| <b>CO<sub>2</sub></b> | 10600nm             | Pulsado/Contínuo | Tratamento de estrias |
| <b>Diodo</b>          | 915nm               | Pulsado/Contínuo | Celulite              |

**Fonte:** GUIRRO, 2004 (modificado).

Outras fontes relatam ainda que a quantidade de pigmentos existentes na pele do indivíduo é interferente para absorção da radiação, concluindo que pessoas com pele negra absorvem uma quantidade maior de radiação do que pessoas de fototipos menos elevados. Além desse fator, discute-se que o estado nutricional também é um interferente na absorção da luz do laser.

Mesmo com uma grande quantidade de interferentes na atividade da radiação em relação à pele, é possível estabelecer alguns fatores que elucidam a forma com que determinados fenômenos envolvidos na incidência da radiação atuam. Esses fenômenos podem estar presentes nos tecidos cutâneos a serem tratados (Figura 8) (LOPES, 2012).

Figura 8 - Interação da luz com o tecido.



**Fonte:** (VIEIRA, 2012).

**Reflexão:** quando o raio incide sobre a pele, parte da radiação será absorvida e outra parte será refletida, o que não produz efeito sobre a pele. Uma alternativa para minimizar esse efeito é a utilização do laser de maneira perpendicular na região a ser tratada;

**Transmissão:** Parte da radiação não será absorvida pela camada da pele que se deseja tratar e será transmitida para camadas para outras camadas;

**Difusão:** quando a radiação está atravessando as camadas da pele, parte dela fica retida e é difundida para diferentes porções da pele;

**Absorção:** a porção que não foi refletida é absorvida pelo tecido em diferentes camadas da pele, provocando um efeito bioelétrico ou bioquímico.

Lasers que apresentam um comprimento de onda maior possuem um maior poder de penetração. Apesar de a radiação emitida não ser ionizante, ela possui ação fotobiológica que provoca alterações de caráter bioquímico, bioelétrico e bioenergético à nível celular.

No efeito bioquímico a energia absorvida pelo sistema pode atuar estimulando a liberação de substâncias que são produzidas normalmente na pele como aminas (histamina, serotonina) e prostaglandinas ou alterar reações enzimáticas normais podendo excitá-las ou inibi-las. Um outro efeito bioquímico importante é a fibrinólise (aumento da lise da fibrina) (RUAS, 2013).

Na homeostase, as células possuem uma diferença de potencial do meio interno para o meio externo. Internamente ela se encontra mais negativa que a parte externa. Esse quadro se dá devido às diferentes concentrações de íons positivos e negativos.

Pelo processo de difusão, esse balanço elétrico entraria em equilíbrio, porém, bombas de sódio e potássio são ativadas para que a homeostase seja mantida e para isso usam ATP como fonte de energia.

Um dos efeitos da radiação é aumentar a produção da molécula de ATP, por consequência a bomba de sódio e potássio também tem sua atividade melhorada, fazendo com que a diferença de potencial entre o meio interior e exterior celular seja mantida com mais eficácia. O que ocorre então é a normalização do potencial elétrico da membrana gerando um equilíbrio na atividade funcional celular (VEÇOSO, 1993) (GUIRRO E GUIRRO, 2004).

Para se entender as alterações bioenergéticas causadas aos tecidos, muitos autores citam a teoria do bioplasma que consiste basicamente na transferência de energia situada entre o infravermelho e o ultravioleta entre as células. Essa

transferência provocava alterações no ambiente físico. Quando os níveis energéticos se normalizaram, os níveis físicos também se normalizaram.

Desse modo, os estudos direcionam que seja dessa forma que as células se comportam em relação à radiação do laser, podendo apresentar respostas primárias que são obtidas a partir da absorção de energia e as secundárias que descrevem as alterações a nível fisiológico.

Como efeitos fisiológicos ou secundários, podemos ter a aceleração na cicatrização, formação de novos vasos sanguíneos, regeneração dos vasos linfáticos, aumento do colágeno, das suas ligações cruzadas e na tensão de ruptura.

Para se proceder com um tratamento a laser, deve-se conhecer o tecido a ser tratado para se adequar o comprimento de onda mais adequado, pois cada comprimento de onda é absorvido por um tipo de tecido diferente.

Os lasers mais utilizados na medicina têm sua energia luminosa transformada em calor para que possa atuar sobre o tecido. A chamada interação por termólise seletiva une o comprimento de onda e o tempo do pulso para promover uma interação específica com o cromóforo de modo que só é absorvida pelo tecido em questão. Os tecidos circundantes não são atingidos.

Os diferentes tecidos do organismo são capazes de absorver comprimentos de onda diferentes: uns podem absorver completamente a radiação do laser enquanto outros não absorvem nada. O conhecimento prévio dessa diferença é fundamental para obter o pulso a ser incidido em determinada área para que não. O pulso não pode ser muito curto (não produzindo o efeito desejado) nem muito longo (podendo causar danos ao tecido circundante). A figura 8 ilustra em quais comprimentos de onda cada tecido consegue absorver radiação e seus respectivos laser.

. O laser de CO<sub>2</sub> e o Er:YAG possuem uma maior afinidade com as moléculas de água que estão presentes no tecido. Isso faz com que assim que são incididos na pele sejam facilmente absorvidos pelas camadas mais superficiais de células sendo

Um ótimo instrumento para peelings. Se compararmos o laser de CO<sub>2</sub> com o Er:YAG, podemos verificar que o laser de dióxido de carbono apresenta um pico de absorção que chega a ser dez vezes maior que o Er:YAG. Isso faz com que ele apresente um risco térmico muito maior, porém consegue penetrar em camadas mais profundas do tecido, já o Er:YAG atua mais superficialmente.

Cada cromóforo tem afinidade por um comprimento de onda absorvendo uma certa quantidade de energia. Essa energia então é convertida em calor, o tamanho do

alvo é inversamente proporcional a quantidade de calor necessária para o seu aquecimento. Assim, estruturas muito pequenas necessitam de aquecimento rápido e pulso com uma duração menor na ordem dos nanosegundos.

## 10 - METODOLOGIA

A coleta de dados ocorreu do mês de junho até julho de 2018. Na realização desse trabalho de revisão foram utilizados artigos científicos relacionados ao laser na estética, foram obtidos da base de dados NCBI sendo o foco da pesquisa tratamentos para lipodistrofia ginóide, estrias e remoção de tatuagens.

Para o tratamento da lipodistrofia gelóide, estrias e remoção de tatuagens com laser, foram considerados e utilizados artigos e patentes publicadas apenas na língua inglesa, usando os descritores “GI lipodystrophy”, “Cellulitis”, “laser tattoo”, “tattoo”, “tattoo removal”, “stretch marks” e “tratamento of stretch marks” como mecanismos de busca. Foram utilizados 13 artigos que foram classificados em sessão de acordo com a aplicabilidade terapêutica do laser. Os critérios de inclusão na busca por artigos e patentes relacionados ao uso do laser na estética foram: artigos publicados entre os anos de 2013 e 2018, que apresentassem como objetivo principal a utilização terapêutica do laser na lipodistrofia ginóide (3), estrias (4) e remoção de tatuagens(6). Os critérios de exclusão foram: artigos que não possuísem textos completos disponíveis e artigos escritos em outras línguas que não o inglês, assim como também, artigos que não tivessem acesso gratuito. A Tabela 1 mostra de maneira detalhada os artigos utilizados para a realização desse trabalho de revisão de acordo com o Autor, título, ano e abordagem das publicações e tipo de laser utilizado.

**Tabela 3 - Artigos pesquisados**

| <b>Tabela 1 –<br/>Dados gerais<br/>dos artigos<br/>utilizados na<br/>revisão Nº</b> | <b>Autor/ Título</b>                                                                                                           | <b>Ano</b> | <b>Abordagem</b>         | <b>Laser<br/>utilizado</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------|----------------------------|
| <b>1</b>                                                                            | Single Treatment of<br>Grades II and III Cellulite<br>Using a Minimally<br>Invasive 1,440-nm Pulsed<br>Nd: YAG Laser and Side- | 2013       | Lipodistrofia<br>ginóide | Diodo<br>Nd:YAG            |

|   |                                                                                                                                                                                                        |      |                      |                 |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------|-----------------|
|   | Firing Fiber. Aesthetic Plastic Surgery. Sasaki.                                                                                                                                                       |      |                      |                 |
| 2 | A Multicenter Study for a Single, Three-Step Laser Treatment for Cellulite Using a 1440-nm Nd: YAG Laser, a Novel Side-Firing Fiber, and a Temperature-Sensing Cannula. <b>DIBERNARDO, Barry et al</b> | 2016 | Lipodistrofia gnóide | Nd:YAG          |
| 3 | A Multicenter Study for Cellulite Treatment Using a 1440-nm Nd: YAG Wavelength Laser with Side-Firing Fiber. <b>DIBERNARDO, Barry et al</b>                                                            | 2016 | Lipodistrofia gnóide | Nd:YAG          |
| 4 | A pilot study of treatment of striae distensae with variable square pulse Erbium: YAG laser resurfacing. <b>WANITPHAKDEEDECHA, Rungsima; MEEPRATHOM, Walailak; MANUSKIATTI, Woraphong.</b>             | 2017 | Estrias              | Er:Yag          |
| 5 | Fractional ablative carbon-dioxide laser treatment improves histological and clinical aspects of striae gravidarum: a prospective open label paired study. <b>CROCCO, Elisete Isabel et al.</b>        | 2017 | Estrias              | CO <sub>2</sub> |
| 6 | Combination of a 2940 nm Er: YAG laser with recombinant bovine basic                                                                                                                                   | 2017 | Estrias              | Er:YAG          |

fibroblast growth factor  
(rb-bFGF) and light-  
emitting diode-red light  
(LED-RL) for the  
treatment of striae alba.

SHEN, Jie et al.

|    |                                                                                                                                                                |      |                       |        |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------|--------|
| 7  | Treatment of striae distensae with non-ablative fractional laser: clinical and in vivo microscopic documentation of treatment efficacy. GUIDA, Stefania et al. | 2017 | Estrias               | Er:YAG |
| 8  | Tattoo removal with Q-switched Nd: YAG laser in a Brazilian population. CHACUR, Roberto et al.                                                                 | 2014 | Remoção de tatuagens  | Nd:YAG |
| 9  | Laser tattoo removal: do we already have picosecond lasers? KARSAL, Syrus et al.                                                                               | 2018 | Remoção de tatuagens  | Nd:YAG |
| 10 | Accelerated tattoo removal with acoustic shock wave therapy in conjunction with a picosecond laser. VANGIPURAM, Ramya; HAMILL, Selina S.; FRIEDMAN, Paul M..   | 2018 | Remoção de Tatuagens  | Nd:YAG |
| 11 | A novel, simple and efficacious technique for tattoo removal resulting in less pain using the Q-switched Nd: YAG laser. MURPHY, Michael J.                     | 2014 | Remoção de Tatuagem   | Nd:YAG |
| 12 | Q-switched laser tattoo removal. AHČAN, Uroš G. et al.                                                                                                         | 2013 | Remoção de Tatuagens  | Nd:YAG |
| 13 | Tattoo removal with Q-switched Nd: YAG laser in                                                                                                                | 2014 | Remoção de Tatuagens. | Nd:YAG |

|  |                                                  |  |  |  |
|--|--------------------------------------------------|--|--|--|
|  | a Brazilian population.<br>CHACUR, Roberto et al |  |  |  |
|--|--------------------------------------------------|--|--|--|

Fonte: O Autor (2018).

## LIPODISTROFIA GINÓIDE (CELULITE)

A lipodistrofia ginóide (LDG) é uma desordem que altera componentes estruturais, inflamatórios e bioquímicos no tecido subcutâneo promovendo alterações na conformação natural da pele provocando projeções e depressões.

O perfil mais acometido pela LDG são mulheres a partir dos 30 anos, podendo aparecer também a partir da puberdade. Porém em 90% dos casos se apresentam em mulheres adultas. Ocorrem predominantemente nos membros inferiores, nádegas e região pélvica (FRIEDMANN; VICK; MISHRA, 2017).

Acredita-se que seu surgimento se dá por alterações nos fatores estruturais, inflamatórios, morfológicos e bioquímicos do tecido subcutâneo. Para tratamento, os meios mais indicados são os que promovem um aumento no fluxo da microcirculação, técnicas que reduzam a taxa de lipogênese e aumentem a de lipólise e que reduzam a taxa de formação de radicais livres (DRAELOS, 2005).

A celulite pode ser classificada em três níveis de acordo com o seu aspecto e é avaliada com o paciente em repouso, após aplicação do teste de pinça e sob contração muscular. A classificação e suas características estão descritas na tabela a seguir (HEXSEL; MAZZUCO, 2013).

| GRAU | TIPO DE ALTERAÇÃO                                                                                                                                               |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0    | Sem alterações na pele.                                                                                                                                         |
| I    | sem irregularidades quando o indivíduo está em pé ou deitado. Quando há pinçamento da pele ou contração muscular, alterações superficiais podem ser observadas. |
| II   | O indivíduo, quando em repouso, possui pele com aparência de csca de laranja sem a necessidade de pinçamento ou contração muscular.                             |
| III  | O grau III ocorre quando as alterações do grau II estão presente com áreas elevadas e com presença de nodulação.                                                |

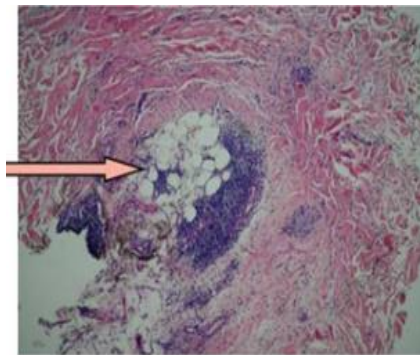
Sasaki (2013) em seu trabalho verificou que o laser de diodo com 915 nm consegue penetrar de 10 a 15 centímetros na pele e tem uma absorção preferencial dos lipídeos o que gera um efeito térmico nos adipócitos. Quando esse laser foi associado com led de 650 nm o processo foi beneficiado pois o LED foi capaz de

modificar a permeabilidade da membrana do adipócito o que favorecia a saída de gordura.

Ele também verificou a eficácia do Nd:YAG operando na frequência de 1440 nm. Na análise da biópsia realizada dois meses após o início do tratamento notou-se a termocoagulação das fibras de colágeno. Essa quebra promoveu uma posterior neocolagênese além de sua remodelação fazendo com que houvesse um aumento na elasticidade na espessura do tecido, como mostram as figuras 9 e 10. Não foi verificada a formação anormal de fibras colágenas.

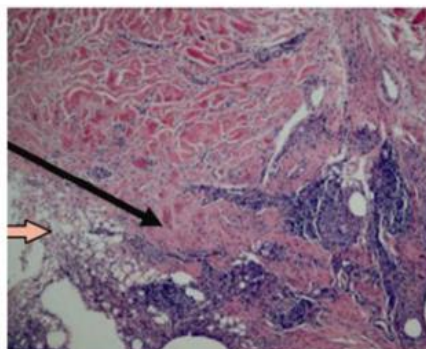
Como o Nd:YAG é facilmente absorvido pela água, e os adipócitos presentes no tecido gorduroso entre a derme e a hipoderme sofreram necrose térmica o que provocou uma redução do número de células e consequentemente o volume de gordura do tecido.

Figura 9 - Área antes do tratamento (presença de adipócitos)



Fonte: Sasaki (2013).

Figura 10 - Área tratada

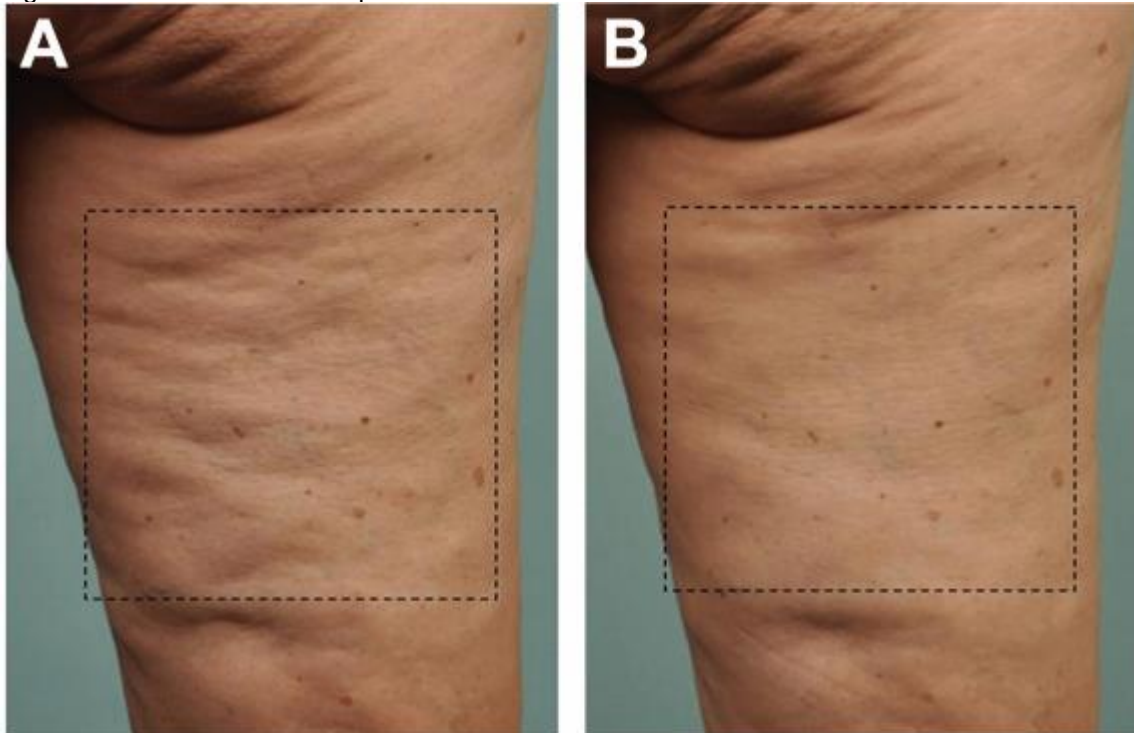


Fonte: Sasaki (2013).

Os resultados em pacientes com tom de pele mais firme foram melhores do que os pacientes com celulite grau III.

Dibernardo et al. (2013) também utilizou o Nd:YAG com 1064 nm de comprimento de onda para o tratamento da lipodistrofia ginóide. Com base em estudos anteriores, ele resolveu testar o tratamento para celulite através da introdução de uma fibra reta de laser no tecido subcutâneo a fim de realizar lipólise e posterior neocolagênese para que houvesse um enrijecimento do tecido.

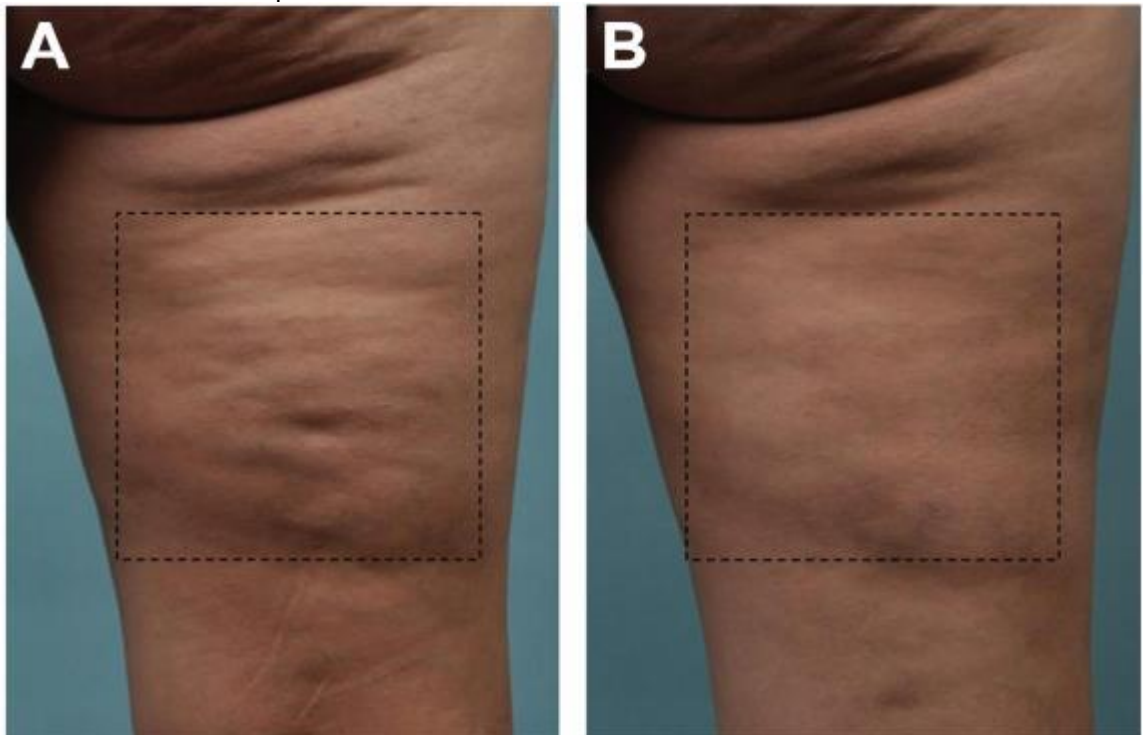
Figura 11 - Celulite antes e após o laser em mulher de 54 anos



Fonte: (DIBERNARDO et al. 2013)

O estudo consistia na realização de três etapas: na primeira para reduzir o abaulamento do tecido, precedia-se com a deplanagem seletiva das células de gordura; na segunda procedia-se com a subcisão térmica para rompimento dos septos fibrosos localizados entre as fibras de gordura; e na terceira, aquecia-se a camada superficial para que houvesse uma perturbação da gordura depositada no tecido e houvesse um espessamento da pele.

Figura 12 - Celulite antes e após tratamento a laser em mulher de 35 anos

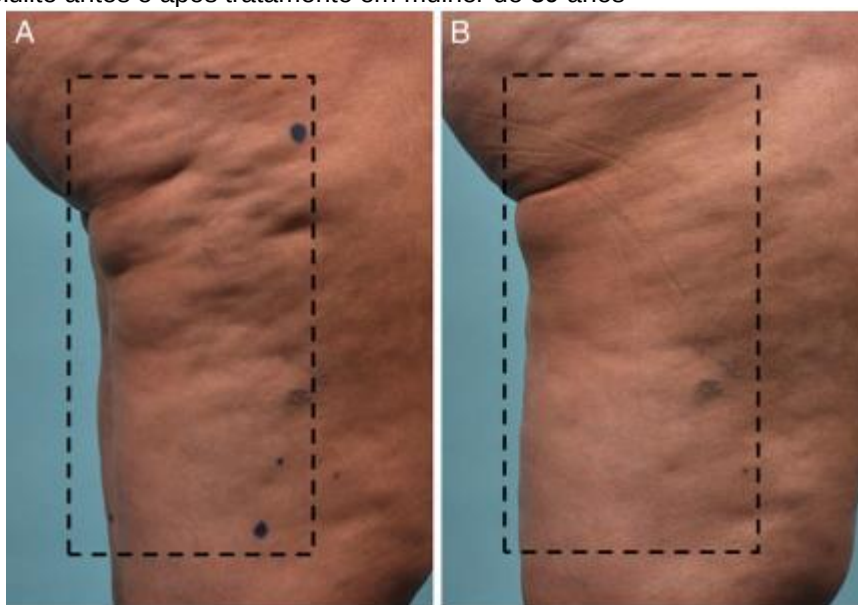


Fonte: (DIBERNARDO et al. 2013).

O presente estudo concluiu que houve uma redução significativa das celulites nas regiões tratadas com o laser Nd:YAG.

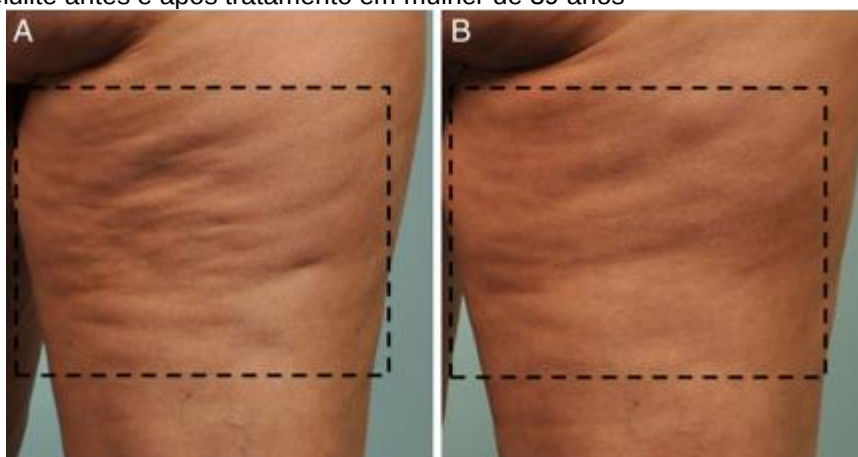
Já em 2016 Dibernardo et al. publicou um outro artigo que utilizava as fibras do laser com disparo lateral. Os pacientes foram submetidos a duas avaliações: uma seis meses depois do tratamento e a segunda 12 meses após o tratamento. O teste apresentou um resultado satisfatório na redução das celulites como demonstrado nas figuras 11 e 12.

Figura 13 - Celulite antes e após tratamento em mulher de 39 anos



Fonte: (DIBERNARDO et al.2016)

Figura 14 - Celulite antes e após tratamento em mulher de 39 anos



Fonte: (DIBERNARDO et al. 2016).

O estudo concluiu que houve uma redução significativa no aspecto da pele das pacientes analisadas e concluiu também que não houve diferença nos resultados obtidos nas avaliações com seis meses e com doze meses.

## ESTRIAS

As estrias são cicatrizes dérmicas atróficas. Ocorrem geralmente na fase da adolescência ou gravidez quando há aumento na produção de glicocorticóides, com o uso de esteroides para tratamento de doenças como a síndrome de Cushing, quando há um excesso na prática de exercícios físicos, pelo ganho ou perda muito rápida de peso.

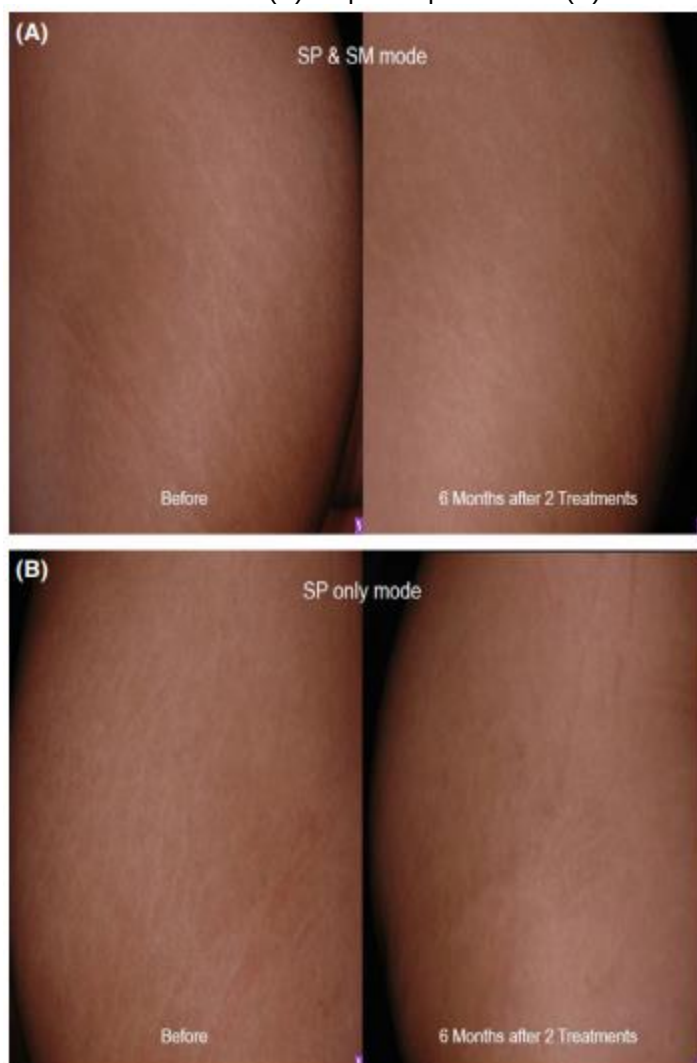
Aparecem nessas condições pois os hormônios esteróides exercem um efeito catabólico na atividade de fibroblastos, diminuem a deposição do colágeno na matriz dérmica além de reduzirem as fibras de fibrilina e elastina. A literatura relata o uso do laser para estímulo na produção do colágeno e da elastina.

Wanitphakdeedecha, Meeprathom e Manuskiatti em 2007 utilizaram o Er:YAG resurfacing para tratar estrias presentes no abdômen, costas, nádegas ou costas de mulheres. Elas foram submetidas a dois tipos de tratamentos diferentes. O primeiro consistia em passar o laser na pele de forma aleatória em pulsos curtos e posteriormente era passado no pulso de modo suave e o segundo, o laser era passado duas vezes também em pulsos.

O estudo observou uma grande melhora do aspecto das estrias em ambos os tratamentos após seis meses. O laser ablativo causa uma irritação na pele e posteriormente leva a uma maior produção de colágeno das fibras colágenas gerando uma remodelação na pele.

O tratamento que associava os dois tipos de pulsos resultou em menos efeitos adversos ao final do tratamento em relação à hiperpigmentação. Esse fato pode ser explicado pelo fato do pulso no modo suave permitir que o calor penetre lentamente até as camadas mais profundas do tecido minimizando o risco térmico.

Figura 15 - Melhora clínica no tratamento de estrias seis meses após dois tratamentos com pulso curto e suave (A) e apenas pulso curto (B).



Fonte: (Wanitphakdeedecha, Meeprathom e Manuskiatti, 2017).

Crocco et al. (2017) utilizaram o laser de CO<sub>2</sub> para tratar estrias gravídicas. Elas geralmente se desenvolvem durante o último trimestre da gravidez. Uma das causas é o aumento do peso na gestação e após o nascimento do bebê.

As pacientes foram submetidas ao tratamento na metade do lado direito da região abdominal. Foi usado um laser fracionário de dióxido de carbono de 10.600 nm sendo realizadas quatro sessões com intervalos de 30 dias.

Após o tratamento, histologicamente, observou-se um aumento significativo na quantidade de fibras colágenas e na espessura da camada de células epidérmicas. Macroscopicamente é possível observar uma considerável melhora no aspecto das

estrias evidenciada pela diminuição da significativa de suas larguras como mostra a figura 16.

Figura 16 - lado direito do abdome tratado com laser, lado esquerdo não tratado.



**Fonte:** CROCCO et al., 2017.

Também para o tratamento de estrias brancas, Guida et al. (2017) realizaram um estudo para verificação da efetividade do laser fracionado não ablativo Er:Glass e das variações morfológicas in vivo após o tratamento com o laser.

O laser Er:Glass possui um comprimento de onda de 1540nm e foi aplicado na estria através de pulsos com duração de 15ms em seis sessões realizadas com intervalo de quatro semanas.

O estudo observou que em 80% das mulheres tratadas obtiveram melhora estética no aspecto da estria após os seis meses de tratamento como mostram as figuras 17 e 18,

O estudo mostrou também que esse tipo de laser para tratamento de estrias era seguro no que diz respeito à hiperpigmentação, provavelmente pela ausência de pacientes do fototipo IV.

Figura 17 - Antes do tratamento



Figura 18 - Após o tratamento



Fonte: Crocco et al. (2017)

Após observar que poucos estudos tinham sido realizados com o Er:YAG para o tratamento de estrias, Shen et al. (2017), resolveram verificar a eficácia do laser para esse fim. Com base nesses estudos anteriores, ele entendeu que precisaria otimizar a otimizar o funcionamento do Er:YAG associando-o com outras técnicas pois ele sozinho não proporciona um resultado satisfatório.

Então ele combinou o laser com fatores de crescimento exógeno para promover um crescimento dérmico e epidérmico após o laser, baseando-se no fato desses fatores serem utilizados para promover o crescimento de colágeno e cicatrização de feridas.

Além do fator de crescimento, ele associou também a fototerapia com LED. Sabe-se que o LED é capaz de induzir a produção de colágeno e de novas células nas bordas de feridas.

Os pacientes foram submetidos ao tratamento com o laser 6 vezes com intervalos de 4 semanas. O fator de crescimento foi posteriormente aplicado 3 vezes ao dia. Uma semana após o início do tratamento com o laser, os pacientes foram submetidos ao LED de 633nm a cada 7 dias.

O estudo concluiu que o aumento no número de aplicações do laser e a combinação do composto utilizado após a terapia foi crucial para a obtenção dos resultados. Como mostra a figura 15, a combinação do laser Er:YAG com o fator de crescimento e o LED cumpriu com o esperado reduzindo a aparência da estria alba.

Figura 19 - Fotografia de abdome de paciente antes do tratamento (A) e seis meses de seguimento após o tratamento (B). A melhora foi classificada pela paciente como excelente. Paciente antes do tratamento (C) e seis meses de seguimento ao tratamento (D). A melhora



Fonte: (Shen et al 2017).

## REMOÇÃO DE TATUAGENS

Estima-se que há mais ou menos 50 nos ocorreu a primeira tentativa de remoção de tatuagem através da técnica de dermoabrasão que consiste na destruição do tecido cutâneo, porém, essa destruição não é seletiva podendo destruir também tecidos adjacentes além da possibilidade de não remover a tatuagem por completo (CHACUR et al., 2014).

Técnicas como destruição química, criocirurgia entre outras também eram utilizadas. Mas tinha como inconveniente diferentes graus de cicatrização e despigmentação da pele. Dependendo do tamanho e da disponibilidade de tecido e do tipo de cicatriz provocada, um procedimento cirúrgico poderia ser indicado. (KARSAI et al., 2018).

A técnica mais atual, além de segura e eficaz para remoção de tatuagens é o laser. Dentre eles, podemos utilizar o Nd:Yag, o laser de Rubi e o de Alexandrite. A diferença na escolha se dá pela afinidade do comprimento de onda com a cor da tinta a ser removida.

KARSAI et al. utilizaram em 2018 o Nd:Yag Q- switched para este fim. Esse tipo de laser apresenta fototermólise seletiva, o que confere ao LASER uma grande afinidade ao cromóforo. Para garantir que o dano seja incidido no cromóforo, o pulso do laser tem que ser menor que a metade da temperatura do tempo de relaxamento que consiste no tempo necessário para o alvo perder 50% do calor obtido.

O mecanismo de remoção se dá a partir da liberação dos pulsos que leva a uma fragmentação na tinta formando ondas acústicas que destroem os cromóforos quando submetidas a altas temperaturas liberando os pigmentos. Quando na derme, o pigmento fica depositado nos macrófagos e fibroblastos. Depois da exposição ao laser, ocorre a produção de CO<sub>2</sub> e vapor de água levando ao branqueamento da pele, processo que promove a remoção da tinta (CHACUR et al., 2014).

Ainda em 2014, Murphy realizou um teste de aplicação do laser Nd:YAG através de uma lâmina de vidro para reduzir um dos poucos inconvenientes causados pelo laser: a dor.

Os pacientes foram tratados em intervalos de 4 a 6 semanas sem anestesia. Apesar de haver uma diferença no índice de refração da lâmina de vidro, esse fator não interferiu no resultado. Assim que o laser era aplicado na pele já se podia observar

um branqueamento na área tratada revelando que o tratamento era realmente funcional.

Ahčan em 2013, utilizou o Nd:YAG nos comprimentos de onda de 1064nm, 532nm, 650nm, e 585nm para remover pigmentos escuros, vermelhos e alaranjados, esverdeados e de cor azul-celeste respectivamente.

Onze pacientes foram tratados e todos eles obtiveram resultado satisfatório sendo realizadas menos de 7 sessões como mostram as imagens a seguir.

Figura 20 - Tatuagem antes e imediatamente após a primeira sessão com branqueamento resultante da ação do LASER. A terceira imagem mostra a mesma tatuagem após 5 sessões de tratamento.



**Fonte:** (Ahčan, 2013).

Figura 22 - Fotografia de tatuagem amadora. Fotos antes do tratamento, depois da primeira aplicação e ao fim das três aplicações.

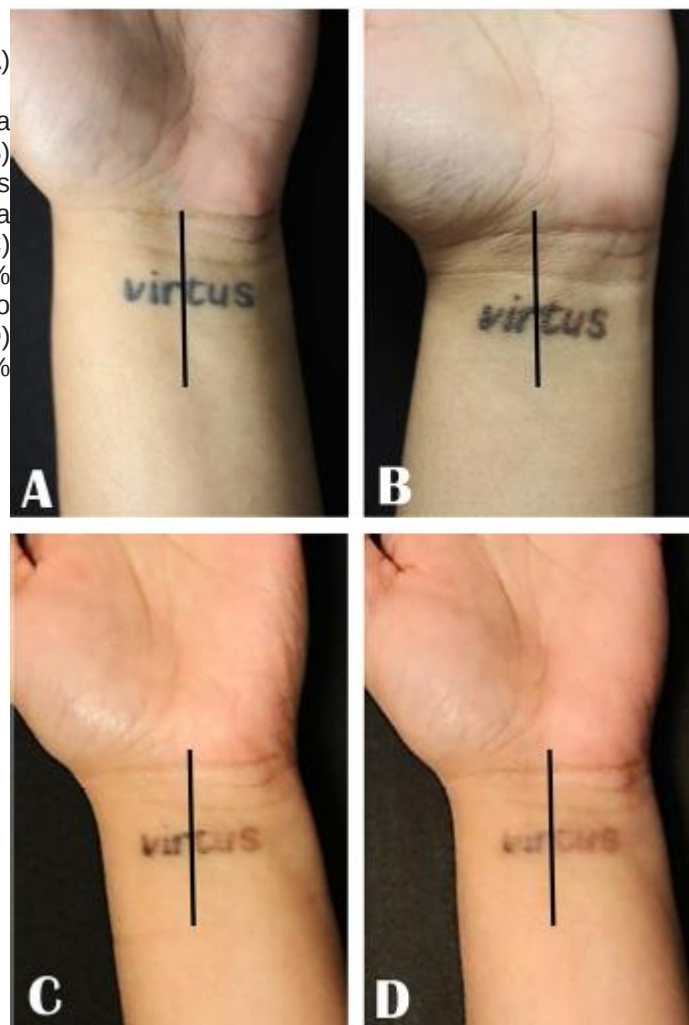


**Fonte:** (Ahčan, 2013).

Este ano, Vangipuram tratou um paciente com laser Nd:YAG de 1064nm na ordem de picossegundos associados com dispositivos de onda de choque acústico. O laser foi aplicado em toda a tatuagem. Posteriormente, o dispositivo de onda de choque foi aplicado na porção medial da tatuagem.

O estudo mostrou que o dispositivo de ondas acústicas promove uma melhor drenagem linfática e metabolismo na área tratada acelerando a depuração dos vacúolos do pigmento produzido pelo laser de picossegundo em relação a área não tratada com ele como mostra a imagem.

Figura 23 - (A) Tatuagem profissional preta não tratada; (B) Seis semanas após a primeira sessão; (C) Remoção de 70% da tinta na porção tratada; (D) Redução de 80% da tinta.



**Fonte:** (Vangipuram, 2018).

## DISCUSSÃO

### 13.1 – LIPODISTROFIA GINÓIDE

Para o tratamento da lipodistrofia ginóide foram descritos quatro protocolos utilizando dois tipos de laser. Pode-se observar que o laser de menor comprimento de onda tratava as celulites por meio da redução da quantidade de células (adipócitos) presentes no tecido.

A associação com o LED foi de grande significância para esse protocolo pois facilitava a eliminação da gordura através da membrana dos adipócitos. Esse fator associado foi de grande importância pois era possível reduzir o tempo de resposta ao tratamento.

Os LASERS de maior comprimento de onda também eram eficazes para a redução das células de gordura mas também eram eficientes para promover a produção de novos componentes essenciais à célula como fibras de colágeno.

O protocolo que aplicava o laser através de fibras de colágeno também foi empregado na tentativa de inicialmente reduzir a quantidade de células de gordura e posteriormente produzir o colágeno para firmar o tecido.

Esse protocolo varia do primeiro por apresentar um tempo maior de tratamento e o desconforto pelo caráter invasivo da técnica. O terceiro estudo diferencia-se do primeiro em relação à direção da fibra, porém partia do mesmo princípio.

O protocolo com fibra lateral apresentou melhor resultado do que o protocolo com linha reta. Esse resultado é baseado em fotografias e os pacientes desse tratamento foram avaliadas 12 meses após o tratamento. Como o protocolo não teve essa reavaliação, não temos a perspectiva dos pacientes tratados.

Podemos então concluir que o terceiro protocolo foi o mais adequado para esse tipo de tratamento tendo em vista uma redução considerável na quantidade e no aspecto das celulites.

Para o tratamento de estrias foram utilizados 3 tipos de LASER: o LASER de CO<sub>2</sub>, o Er:Glass, o Er:YAG, e o Er:YAG associado com o LED.

O laser de CO<sub>2</sub> foi utilizado sozinho. Como esse laser é ablativo, quando aplicado na pele, foi capaz de provocar ulcerações por meio de desidratação removendo a camada mais superficial do tecido. A pele lesionada entra em um processo de regeneração produzindo fibras colágenas e se retraem conferindo um

tônus mais firme. Esse processo promoveu uma redução na largura das estrias, gerando um resultado satisfatório.

O tratamento com Er:Glass difere do do laser de CO<sub>2</sub> e do Er:YAG por não ser um tipo de laser ablativo, ou seja, não provoca queimadura na pele, mas garante uma produção de colágeno considerável. Esse fator gera menos inconvenientes que os lasers citados anteriormente no que diz respeito a manchas pós-tratamento. Em contrapartida são necessárias mais sessões para que haja um resultado satisfatório. O tratamento não é indicado para fototipos altos.

Dois estudos são relatados com o Er:YAG. Como esse laser já havia sido usado sozinho e não havia apresentado resultado satisfatório, foram desenvolvidos dois protocolos para melhoramento da técnica.

A adição de fatores de crescimento favoreceu a remodelação das estrias pois foi verificada uma melhora na produção de colágeno em relação ao tratamento apenas com o laser. O uso do LED para cicatrização de feridas já é amplamente conhecido e utilizado, então também foi adicionado ao protocolo para que houvesse um resultado em um tempo menor. Como já foi elucidado, os resultados das aplicações do LASERS podem variar de pessoa para pessoa, assim alguns pacientes necessitam de menos sessões para obterem o resultado desejado.

Ainda não se obteve um tratamento para remoção total de estrias atróficas, porém podemos concluir que os tratamentos com laser podem oferecer resultados satisfatórios, mas que o julgamento sobre a satisfação do tratamento é individual. Sabe-se que quando mais jovem é a estria mais fácil é o seu tratamento.

Para remoção de tatuagem foi verificada a atuação do laser Nd:YAG com diferentes protocolos. Verificou-se que esse tipo de laser gerava um ótimo resultado para o fim em que foi destinado.

O segundo protocolos diferencia-se do primeiro apenas para que haja uma redução no incômodo no momento do tratamento. Essa mudança não gerou diferença no resultado, porém não foi necessário aplicação do creme anestésico. Esse fator reduz o tempo na sessão de aplicação tendo em vista que é necessária ao menos 30 minutos de espera para que o anestésico faça efeito.

O terceiro protocolo utilizou diferentes comprimentos de onda para tratar a tatuagem. Já foi visto que o laser Q-switched apresenta fototermólise seletiva, ou seja, diferentes compostos terão maior afinidade por comprimentos de onda distintos.

Assim, a técnica preconizava a cor da tinta aplicada na tatuagem para definir o comprimento de onda utilizado, gerando um resultado satisfatório.

Como o pigmento da tatuagem é destruído e permanece na célula até que seja eliminado, um paciente que tem uma drenagem linfática ineficiente ou interrompida pode ter um resultado não tão satisfatório quanto o dos pacientes que não as possuem.

Na tentativa de resolver esse inconveniente, um outro estudo foi analisado. Nele, o protocolo associava ao LASER um dispositivo de choque acústico que melhorava a circulação e a drenagem local. Esse método possibilitou uma maior rapidez na absorção dos pigmentos de tinta promovendo um resultado mais breve.

Quando a tinta é degradada, ela fica livre na circulação para ser eliminada através das fezes e urina. Essa tinta, em pacientes mais sensíveis, pode provocar desde reações alérgicas mais simples até choque anafilático. Esse fato minimiza a quantidade de tinta que fica livre reduzindo a possibilidade de alergias.

Em geral são necessárias de quatro a sete sessões para se obter um resultado desejado, mas já na primeira sessão, pode-se notar um branqueamento na pele provocado pelo laser.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Após verificar os aspectos gerais do laser desde sua formação até suas aplicações, podemos observar que se trata de uma técnica de extrema importância na área da estética.

Para que haja uma aplicação segura, é necessário haja um conhecimento sólido sobre seu funcionamento, interação com a pele, possíveis efeitos colaterais e principalmente sobre suas indicações tendo em vista a grande variedade de tipos e de técnicas associadas.

Os tratamentos para celulite e alguns para estrias utilizam LASER ablativos. Como esse tipo de técnica promove abrasão na pele, o profissional precisa ser muito bem qualificado e treinado para que não haja queimaduras e possíveis manchas hiperpigmentadas.

Para o laser Nd:YAG para remoção de tatuagens, o cuidado deve ser redobrado pois no momento da aplicação, a tinta já começa a ser removida mudando a coloração da pele.

É necessário que o profissional consiga identificar o tipo de pele do paciente em relação a fototipo e consiga fornecer a ele todas as informações para que haja uma elucidação sobre a técnica ser realizada, seus possíveis efeitos colaterais e todo o procedimento que deve ser realizado entre as sessões do tratamento e ao final.

Conclui-se que o laser apresentou resultado satisfatório nos três tratamentos propostos e que é necessário um aperfeiçoamento do profissional biomédico seja através de especialização ou da realização de estágio curricular para obtenção do título de especialista em estética para que ele possua conhecimento suficiente para realização da técnica de forma segura e eficaz.

## REFERÊNCIAS

AHČAN, Uroš G. et al. Q-switched laser tattoo removal. **Zdrav Vestn**, Slovenia, p.552-563, set. 2013.

ASHARF, Ismail. **Lasers, Q-switching and mode-locking**. Disponível em: <<http://indico.ictp.it/event/a12163/session/25/contribution/15/material/0/0.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

BIESMAN, Brian S.; COSTNER, Cara. Evaluation of a transparent perfluorodecalin-infused patch as an adjunct to laser-assisted tattoo removal: A pivotal trial. **Lasers In Surgery And Medicine**, [s.l.], v. 49, n. 4, p.335-340, 20 mar. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/lsm.22659>.

CHACUR, Roberto et al. Tattoo removal with Q-switched Nd: YAG laser in a Brazilian population. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica (rbcp) – Brazilian Journal Of Plastic Sugery**, [s.l.], v. 29, n. 3, p.404-409, 2014. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/2177-1235.2014rbcp0073>.

CROCCO, Elisete Isabel et al. Fractional ablative carbon-dioxide laser treatment improves histological and clinical aspects of striae gravidarum: a prospective open label paired study. **Journal Of The American Academy Of Dermatology**, [s.l.], p.120-126, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaad.2017.12.041>.

Corrêa, C. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(02):0076

PIRES, João Jose de Oliveira. **Lasers de semicondutor**. Lisboa: Ist, 2003.

L. B. Kong, J. Ma, H. Huang. “Low Temperature Formation of Yttrium Aluminum Garnet from Oxides via a High-Energy ball Milling Process”. **Materials Letters**, v. 56, p. 344-348, 2002.

DIBERNARDO, Barry E. et al. A Multicenter Study for Cellulite Treatment Using a 1440-nm Nd: YAG Wavelength Laser with Side-Firing Fiber. **Aesthetic Surgery Journal**, [s.l.], v. 36, n. 3, p.335-343, 15 fev. 2016. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/asj/sjv203>.

DIBERNARDO, Barry et al. A Multicenter Study for a Single, Three-Step Laser Treatment for Cellulite Using a 1440-nm Nd: YAG Laser, a Novel Side-Firing Fiber, and a Temperature-Sensing Cannula. **Aesthetic Surgery Journal**, [s.l.], v. 33, n. 4, p.576-584, 1 maio 2013. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1177/1090820x1348085>

DRAELOS, Zoe Diana. The disease of cellulite. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [s.l.], v. 4, n. 4, p.221-222, dez. 2005. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1473-2165.2005.00194.x>.

*Encyclopedia of Laser Physics and Technology*, RP Photonics. [http://www.rp-photonics.com/modes\\_of\\_laser\\_operation.html](http://www.rp-photonics.com/modes_of_laser_operation.html)

FRIEDMANN, Daniel; VICK, Garrett; MISHRA, Vineet. Cellulite: a review with a focus on subcision. **Clinical, Cosmetic And Investigational Dermatology**, [s.l.], v. 10, p.17-23, jan. 2017. Dove Medical Press Ltd.. <http://dx.doi.org/10.2147/ccid.s95830>.  
GEIGES, M L. History of lasers in dermatology. *Current Problems in Dermatology*, 42:1-6 (2011).

GIANFALDONI, Serena et al. An Overview of Laser in Dermatology: The Past, the Present and ... the Future (?). **Open Access Macedonian Journal Of Medical Sciences**, [s.l.], v. 5, n. 4, p.526-531, 23 jul. 2017. ID Design 2012/DOOEL Skopje. <http://dx.doi.org/10.3889/oamjms.2017.130>.

GUIDA, Stefania et al. Treatment of striae distensae with non-ablative fractional laser: clinical and in vivo microscopic documentation of treatment efficacy. **Lasers In Medical Science**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.75-78, 4 out. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-017-2341-4>.

Guirro E, Guirro R. Fisioterapia dermato-funcional: fundamentos, recursos, patologias. 3a ed. São Paulo: Manole; 2002

HEXSEL, Doris; MAZZUCO, Rosemarie. Cellulite. **Update In Cosmetic Dermatology**, [s.l.], p.21-32, 2013. Springer Berlin Heidelberg. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-34029-1\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-34029-1_2).

HAN, Seung-Kyu., Innovations and Advances in Wound Healing Springer (2015).

KARSAI, Syrus et al. Laser tattoo removal: do we already have picosecond lasers?. **Jddg**: Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft, [s.l.], v. 16, n. 4, p.468-470, 9 mar. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ddg.13467>.

KAMINSKY, Sílvia Karina. **Aparelhos de laser e equipamentos correlatos**. Disponível em: [http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?fase=r003&id\\_materia=4086](http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?fase=r003&id_materia=4086)>. Acesso em: 01 jun. 2018.

KOSTIĆ, S. et al. Study of structural and optical properties of YAG and Nd: YAG single crystals. **Materials Research Bulletin**, [s.l.], v. 63, p.80-87, mar. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.materresbull.2014.11.033>.

LAWRENCE, Ghislaine. The Finsen Light. **The Lancet**, [s.l.], v. 359, n. 9319, p.1784-1784, maio 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(02\)08653-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(02)08653-1).

LOPES, Vanda Isabel Siqueira. **Aplicação do Laser em Dermatologia**. 2012. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Farmacêuticas, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2012.

M. Ristic et al. "Influence of Synthesis Procedure on the YIG Formation". *Materials Letters*, v. 57, p. 2584-2590, 2003.

MANZOCHI, Marcos Luiz. **Construção de um Laser de Corante CW em Anel, Estabilizado em Frequência e Intensidade**. 1989. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

MENDES, Florentino Fernandes; GOMES, Marcos Emanuel Wortmann. Xenônio: farmacologia e uso clínico. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, [s.l.], v. 53, n. 4, p.535-542, ago. 2003. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-70942003000400013>.

MENON, G. K., **Lipids and Skin Health**. 5ª edição. New York: Springer, 2015. 359 p.

MOTA, Jociely Parrilha. **CLASSIFICAÇÃO DE FOTOTIPOS DE PELE: ANÁLISE FOTOACÚSTICA VESUS ANÁLISE CLÍNICA**. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Biomédica, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2006.

MURPHY, Michael J.. A novel, simple and efficacious technique for tattoo removal resulting in less pain using the Q-switched Nd: YAG laser. **Lasers In Medical Science**, [s.l.], v. 29, n. 4, p.1445-1447, 2 mar. 2014. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-014-1542-3>.

Nürnberg F, Müller G (1978) So-called cellulite: an invented disease. *J Dermatol Surg Oncol* 4(3):221–229

PATEL, Chandra Kumar. Continuous-Wave Laser Action on Vibrational-Rotational. **Bell Telephone Laboratories**. New Jersey, p. 1187-1194. jul. 1964.

PENG, Q., et al., *Lasers in medicine*, IOPscience, 71:1-28 (2008).

RAO, Mc.. A Brief Introduction to Excimer Lasers: Fundamental Study. **International Journal Of Advances In Pharmacy, Biology And Chemistry**. Andhra Pradesh, p. 533-536. set. 2013.

REIS, Cristiana Maria R.f. dos et al. Composição corpórea, distribuição de gordura e metabolismo de repouso em mulheres histerectomizadas no climatério: há diferenças de acordo com a forma da administração do estrogênio?. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, [s.l.], v. 44, n. 1, p.38-44, fev. 2000. FapUNIFESP (SciELO).

RODRIGUEZ-MENOCAL, Luis et al. Assessment of Ablative Fractional CO2 Laser and Er: YAG Laser to Treat Hypertrophic Scars in a Red Duroc Pig Model. **Journal Of Burn Care & Research**, [s.l.], p.1-11, 28 abr. 2018. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jbcr/iry012>.

RUAS, Rosana Franciele Botelho. **Efeitos do laser de baixa potência arseneto de gálio e alumínio (830 nm) em úlceras crônicas**. 2013. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd181/efeitos-do-laser-em-ulceras-cronicas.htm>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

SASAKI, Gordon H.. Single Treatment of Grades II and III Cellulite Using a Minimally Invasive 1,440-nm Pulsed Nd: YAG Laser and Side-Firing Fiber. **Aesthetic Plastic Surgery**, [s.l.], v. 37, n. 6, p.1073-1089, 11 out. 2013. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00266-013-0219-9>.

SHEN, Jie et al. Combination of a 2940 nm Er: YAG laser with recombinant bovine basic fibroblast growth factor (rb-bFGF) and light-emitting diode-red light (LED-RL) for the treatment of striae alba. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [s.l.], v. 17, n. 2, p.176-183, 29 jul. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.12376>.

SPI Lasers, <https://www.spilasers.com/industrial-fiber-lasers/redpower/what-is-a-continuous-wave-cw-laser/> - consulta 01/06/2018

SILVFAST, Willian Thomas. **Laser Fundamentals**. 2. ed. Florida: Cambridge, 2004.

SOUZA, Fernanda Homem de Mello de et al. Estudo comparativo de uso de Laser de diodo (810nm) versus luz intensa pulsada (filtro 695nm) em epilação axilar. **Surg Cosmet Dermatol**, Curitiba, v. 3, n. 2, p.185-190, set. 2010.

SVELTO, O. Principles of lasers. Fourth Edition, Plenum Press, New York and London, 1998

VAN DE GRAAFF, K.M. Anatomia humana. Barueri: Manole, 2003.

VANGIPURAM, Ramya; HAMILL, Selina S.; FRIEDMAN, Paul M.. Accelerated tattoo removal with acoustic shock wave therapy in conjunction with a picosecond laser. **Lasers In Surgery And Medicine**, [s.l.], p.1-3, 25 jun. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/lsm.22945>.

VO-DINH, T., *Biomedical Photonics Handbook*, CRC Press (2003).

WANITPHAKDEEDECHA, Rungsima; MEEPRATHOM, Walailak; MANUSKIATTI, Woraphong. A pilot study of treatment of striae distensae with variable square pulse Erbium: YAG laser resurfacing. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [s.l.], v. 16, n. 4, p.466-470, 9 ago. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.12391>

ZANATTA, Shalimar Calegari. **Síntese das granadas GdlG e YIG por moagem de alta energia**. 2006. 206 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.