

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - GRADUAÇÃO EM BIOMEDICINA
LASER NO REJUVENESCIMENTO FACIAL: ASPECTOS TÉCNICOS E IMUNOLÓGICOS

Angela Moreira Rodrigues¹

Kelly Cristina Rodrigues Simi²

RESUMO

Laser é um acrónimo de “*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*” que traduzindo é: “amplificação da luz por emissão estimulada de radiação”, ou seja são aparelhos que produzem luz também conhecida por radiação eletromagnética (REM) por um processo de emissão estimulada. Existem diferentes dispositivos de laserterapia e eles são capazes de gerar efeitos fototérmicos, fotofísicos, fotoquímicos, fotoacústicos e fotobiológicos com potencial de promover o processo de rejuvenescimento facial. Neste artigo, utilizando a metodologia de revisão de literatura narrativa, será abordada a utilização do laser como ferramenta nos tratamentos estéticos faciais devido a sua competência de estimular o sistema imunológico com aumento da atividade celular, liberação de fatores de crescimento, aumento de queratinócitos, produção e regeneração de colágeno, elastina e assim estimular o rejuvenescimento por meio das técnicas de resurfacing e endolaser.

Palavras-chaves: laser, rejuvenescimento facial, sistema imunológico.

ABSTRACT

Laser is an acronym of “*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*” which translates as: “light amplification by stimulated emission of radiation”, that is, they are devices that produce light also known as electromagnetic radiation (REM) by a process of stimulated emission. . There are different laser therapy devices and they are capable of generating photothermal, photophysical, photochemical, photoacoustic and photobiological effects with the potential to promote the process of facial rejuvenation. In this article, using the narrative literature review methodology, the use of laser as a tool in facial aesthetic treatments will be addressed due to its ability to stimulate the immune system with increased cellular activity, release of growth factors, increase of keratinocytes, production and regeneration of collagen, elastin and thus stimulate rejuvenation through resurfacing and endolaser techniques.

Key words: laser, facial rejuvenation, immune system.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história humana a estética sempre teve papel importante na expressão da identidade cultural dos povos. Cada época e lugar estabelecem critérios para definir o que é considerado belo. A preocupação com a aparência, desde o início dos tempos, fez o ser humano buscar se enquadrar aos padrões de beleza da sociedade. É crescente o culto à estética que vem sendo veiculado pela publicidade, pelo modismo e tem na televisão seu maior expoente de transmissão de imagens de corpos perfeitos. Isso nos leva a pensar que a imagem da juventude eterna está associada ao corpo perfeito, fazendo com que as pessoas do mundo todo busquem na estética o equilíbrio do corpo e do bem estar. Assim o culto ao corpo faz com que as pessoas aumentem a preocupação com a imagem e a estética de forma geral (CABEDA,2004).

O aumento significativo da expectativa de vida associado ao crescimento do poder aquisitivo, vem fazendo com que a estética se torne uma área renomada, repercutindo no estímulo à pesquisa o que acarreta um maior desenvolvimento tecnológico, para que seja possível suprir o desejo da população em contornar as marcas do tempo e também o alcance do modelo estético almejado (BRATZ, 2016; VICENTE, 2017).

O processo de envelhecimento humano não é determinado não somente pelo tempo, mas por fatores físicos, biológicos e psicológicos, e também pelo contexto sociocultural no qual a trajetória da vida se processa. A velhice é marcada pelas mudanças operadas no corpo em decorrência da fisiologia do envelhecer, como também pela construção regida por normas sociais. As alterações advindas da idade incluem questões relativas à beleza, relacionadas principalmente à aparência, como a pele, os cabelos e a condição física. Para o autor, o problema é acentuado pelo fato de que a sociedade contemporânea cultua excessivamente a juventude e a beleza (JORGE, 2005).

Cada pessoa enfrenta seu processo de envelhecimento de forma própria, assim a velhice depende de características individuais e de um conjunto de fatores advindos da realidade social, econômica e cultural. Modelos estabelecidos neste contexto também podem influenciar na percepção do corpo envelhecido. Podendo gerar danos psicológicos severos, deturpando a imagem e a autoestima da mulher. Nesses casos, recorrer aos tratamentos estéticos de forma orientada restabelece sua autoconfiança; entretanto, não significa solucionar o que a idade lhe proporcionou (ANDRADE; BOSI, 2003; BORIS; CESÍDIO, 2007; VERAS, 2010).

A estética pode oferecer vários procedimentos que proporcionam a aparência perfeita em indivíduos de ambos os sexos que procuram tecnologias, produtos e procedimentos que possam contribuir para a aparência idealizada (FRANCISCHELLI NETO, 2010).

Diferentes lasers se destacam no ramo da estética e vêm sendo objeto de estudo em diversas áreas das ciências da saúde. Na estética o laser é empregado na remoção de tatuagens, depilação e na luta contra o envelhecimento. Importante compreender que o processo de envelhecimento é complexo e envolve a perda de massa óssea, flacidez muscular e perda de colágeno no corpo e face. A irradiação de laser pode ser usada em diversos tecidos corporais para fins de saúde e estéticos. A absorção da luz laser pelos tecidos pode resultar em quatro processos: fotoquímico, fototérmico, fotomecânico e fotoelétrico. Esses processos são fotobiomoduladores com capacidade funcional de cicatrização de feridas e o reparo ósseo e síntese de colágeno. Os efeitos da luz de laser dependem do comprimento de onda, da dose total de irradiação, mas também do tempo e modo de irradiação. (MARTINES *et al.*2007)

No processo de reparo após a aplicação do laser o sistema imunológico é acionado. Assim ocorre uma reação tecidual dinâmica, que abarca os seguintes fenômenos: inflamação, proliferação celular e síntese de elementos constituintes da matriz extracelular, incluindo as fibras colágenas, elásticas e reticulares. A absorção molecular da luz laser permite um aumento do metabolismo celular, caracterizado pela estimulação de fotorreceptores na cadeia respiratória mitocondrial, alterações nos níveis de ATP (adenosina trifosfato) celular, liberação de fatores de crescimento e síntese de colágeno. A aceleração da microcirculação resulta em alterações na pressão hidrostática capilar, com reabsorção do edema e eliminação do acúmulo de metabólitos intermediários (PINHEIRO, 2010).

O sistema imunológico tem um papel fundamental nos objetivos estéticos almejados. Assim este estudo se justifica por analisar os processos imunológicos envolvidos no uso de lasers na estética, sendo os atuais lasers ferramentas com fundamental potencial nas funções de reparo e reconstrução tecidual.

Objetivo deste trabalho é compreender os aspectos técnicos e os efeitos imunológicos do uso de lasers em indivíduos que submeteram ao procedimento com o propósito de obter efeitos estéticos de rejuvenescimento.

2 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi realizada pesquisa com a proposta de metodologia de revisão de literatura narrativa, que seria uma publicação ampla apropriada para descrever e discutir o desenvolvimento de um determinado assunto, onde há uma análise crítica da literatura (LAKATOS; MARCONI, 2019).

A referida pesquisa da literatura teve caráter exploratório-descritivo, nas seguintes bases de dados eletrônicas: *Scientific Eletronic Library Online* (Scielo), *Public Medline* (Pubmed) e Google Acadêmico além de boletins do Ministério da Saúde, onde foram obtidas informações sobre a Laser, o processo de envelhecimento e os processos imunológicos associados. Para a seleção dos arquivos foram utilizadas as palavras chaves: laser, imunologia e estética; os termos foram pesquisados na forma específica e/ou combinados entre eles. Em sequência foram selecionados artigos publicados no período de 20 anos (2006-2016), em língua portuguesa e inglesa, as informações obtidas foram agrupadas, organizadas e discutidas para elaborar este trabalho.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 O processo histórico do laser

O cientista escocês James Clerk Maxwell (1831-1879), ao estudar a energia radiativa conhecida como luz, propôs a teoria de que a luz seria constituída por ondas eletromagnéticas composta por diferentes radiações visíveis (cores) e invisíveis (raios gama, raios X, ultravioleta, infravermelho, micro-ondas e ondas de rádio) distinguíveis por possuírem comprimentos de onda e frequências distintas. O comprimento de onda (λ) é a distância de dois picos consecutivos em uma onda e a frequência (f) é o número de oscilações da onda eletromagnética por segundo. Essas duas grandezas são inversamente proporcionais, quanto menor o comprimento de onda, maior a frequência e a energia da radiação. Essa teoria não

explicava a cor que determinados objetos emitiam quando eram aquecidos o que só foi conseguido com a física quântica (GROOTE, 2001).

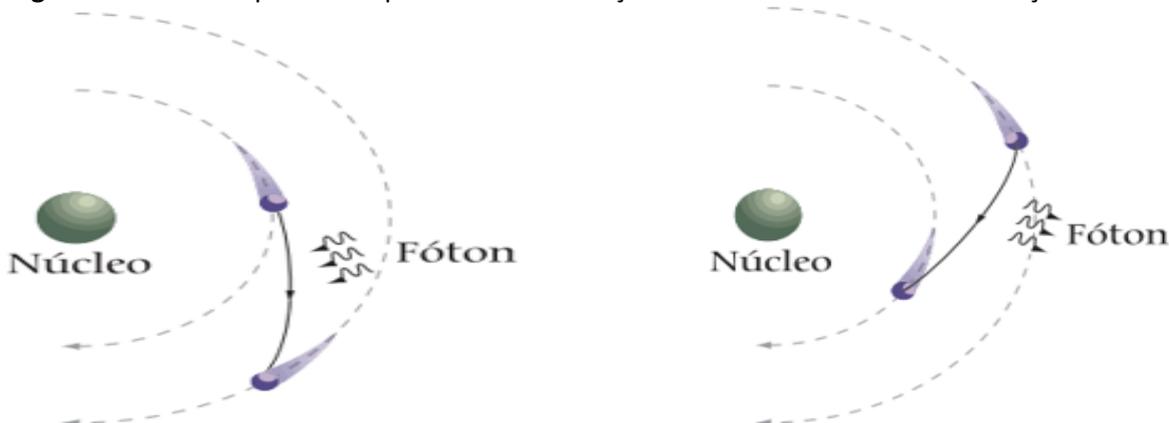
O desenvolvimento do laser foi um processo que recebeu a contribuição de cientistas ao longo de mais de meio século. Albert Einstein empenhou-se no estudo do fenômeno teórico da emissão de energia atualmente conhecida como hipótese do quantum de energia, proposta em 1900 por Max Plank (TANAKA, 2023).

Para a física quântica o fóton é o "quantum" de energia de uma onda eletromagnética. Quando se postulou que as ondas eletromagnéticas podem ser explicadas como uma emissão de pacotes de energia, o menor valor discreto desse pacote foi denominado quantum, uma palavra do latim que se relaciona como "quantidade" (FOGAÇA, 2023)

Em 1905 Einstein escreveu um artigo que equipou a teoria de Plank de realidade física imediata e deu suporte ao seu famoso artigo de 1917 sobre a teoria da radiação. O primeiro artigo de Einstein também contribuiu na confecção do modelo atômico de Rutheford-Bohr, proposto em 1913, caracterizado por elétrons em camadas ou órbitas ao redor de um núcleo e movendo-se em sentidos circulares, onde as camadas possuem energias definidas. Tomando como referência o modelo atômico e as teorias anteriores, Einstein desenvolveu os conceitos de emissão espontânea e emissão estimulada (KLEPPNER, 2004).

Assim, quando um átomo recebe energia, seu elétron passa para um nível de energia maior, permanecendo em um estado excitado. Ao retornar à sua órbita original, o elétron deve liberar a energia absorvida na forma de luz no espectro visível, denominada fóton, que é emitido em uma direção aleatória. Esse processo, mostrado na Figura1, se chama emissão espontânea (KLEPPNER, 2004).

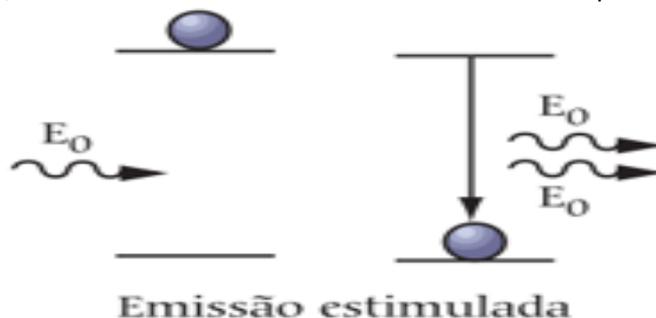
Figura 1: Emissão espontânea: processos de absorção e emissão de fótons nas transições de órbitas.



Fonte: Os Fundamentos da Luz Laser. <https://repositorio.usp.br/directbitstream>

Para Einstein, a emissão estimulada ocorre se somente o fóton correto estiver disponível em uma substância carregada de elétrons excitados, conforme a luz passa através da substância, ela pode ser estimulada e emitir mais luz. Einstein postulou que fótons preferem viajar juntos, no mesmo estado, conforme mostra a Figura 2. Assim, se passar um fóton perdido ou solto, mas no comprimento de onda correto, a sua presença vai estimular os átomos a liberarem seus fótons e eles vão viajar na mesma direção com frequências e fases idênticas às do fóton perdido original. O que se segue é um efeito cascata: conforme a aglomeração de fótons idênticos se move com o resto dos átomos, mais fótons serão emitidos, a partir de seus átomos, para se juntarem a eles” formando assim uma radiação monocromática (BAGNATO, 2001).

Figura 2: Emissão estimulada: o fóton incide na substância com elétron excitado na camada superior, o elétron decai e libera outro fóton idêntico ao que incidiu.



Fonte: Os Fundamentos da Luz Laser. <https://repositorio.usp.br/directbitstream>

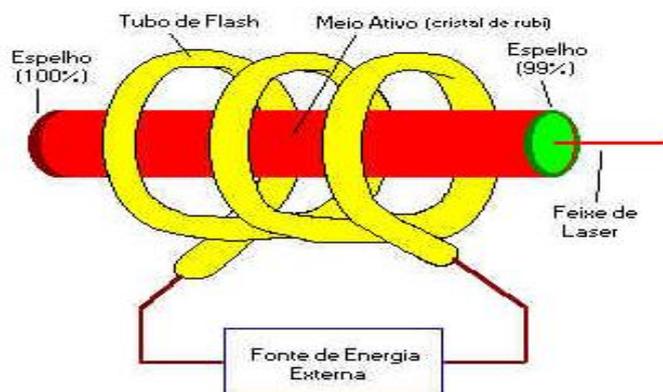
Em 1928, Rudolph W. Landenburg confirmou a teoria de emissão estimulada de Einstein, e assim começou a busca pelo que um dia se tornaria o laser. Há uma diferença fundamental entre os dois tipos de emissões: quando ocorre espontaneamente, a energia é liberada aleatoriamente e em várias frequências; mas, quando é estimulada, a energia liberada vai ter frequência idêntica a inicial e viajará na mesma direção que o fóton estimulante, com o efeito sendo capaz de “amplificar” a absorção da energia radioativa original. (SANTOS, 2010).

No final da década de 40, Charles Townes estudava espectroscopia e pretendia produzir micro-ondas, e teve a ideia de utilizar moléculas e a radiação estimulada (teoria de Einstein de 1917). Ele e seus colaboradores conseguiram produzir radiação estimulada de comprimento de onda de 1cm, que recebeu o nome de MASER (sigla em inglês para amplificação de micro-ondas por emissão estimulada de radiação). O MASER foi assim, o precursor do laser. Ao final dos anos 50, Townes e seu colega Arthur Schawlow conseguiram mostrar, teoricamente, que era possível utilizar átomos para gerar um MASER óptico na região visível do espectro eletromagnético (BREZZE, 2018).

Entretanto foi o cientista Gordon Gould que registrou um caderno com esboços, equações e cálculos. Cujos títulos foram "Alguns cálculos aproximados sobre a viabilidade de um LASER: amplificação de luz por emissão estimulada de radiação". Assim Gould criou o acrônimo de "*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*", denominado LASER (CARVALHO, 2023).

Foi Theodore Maiman que em 1960 conseguiu a amplificação de luz que foi teoricamente prevista há mais de 40 anos ao fazer funcionar o primeiro laser sólido, feito a partir de um cristal de rubi parcialmente coberto por prata. O feixe emitido do aparelho estava localizado na faixa visível do espectro eletromagnético e era monocromático, não divergente e coerente. A Figura 3 demonstra a estrutura interna do protótipo de Maiman (BARRY, 2015).

Figura 3: Estrutura interna do laser de rubi.



Fonte: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/fisica/raios-laser>

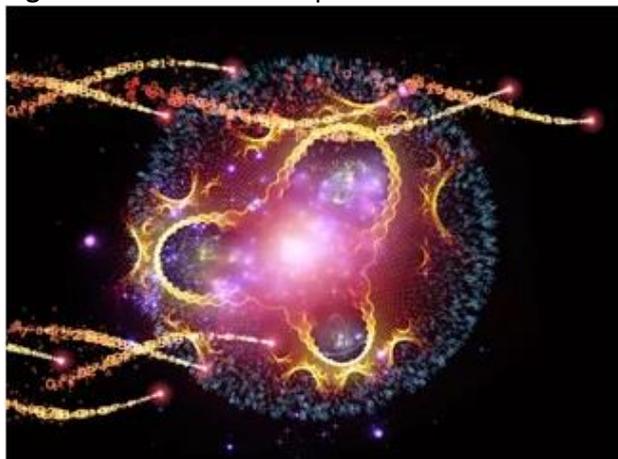
No ano seguinte, muitas novidades surgiram, pois cientistas conseguiram produzir o primeiro laser a gás, a partir de uma mistura dos gases nobres Hélio e Neônio, Johnson desenvolveu o laser de Nd:YAG (neodímio em ítrio-alumínio-granada) e em 1964, Patel e colaboradores apresentaram o laser de Dióxido de Carbono (CO₂), Keller e Hibst apresentaram o laser de Er:YAG (érbio em ítrio-alumínio-granada). Cada um desses lasers tem efeitos diferentes sobre os tecidos e emitem luz num específico comprimento de onda. (PÉCORA,1999).

Nos anos seguintes, milhares de materiais foram testados como meios de propagação de laser. Muitos sistemas diferentes de laser foram desenvolvidos e testados (BARRY, 2015).

3.2 A Física do Laser.

Segundo Prass (2005) a luz tem caráter dual: ora se comporta como onda em experimentos macroscópicos, ora se comporta como partícula em estudos atômicos ou microscópicos. Os estudos ao longo de décadas da dualidade onda-partícula, observada na figura 4, contribuíram para a pesquisa e desenvolvimento dos lasers.

Figura 4: Dualidade onda-partícula.

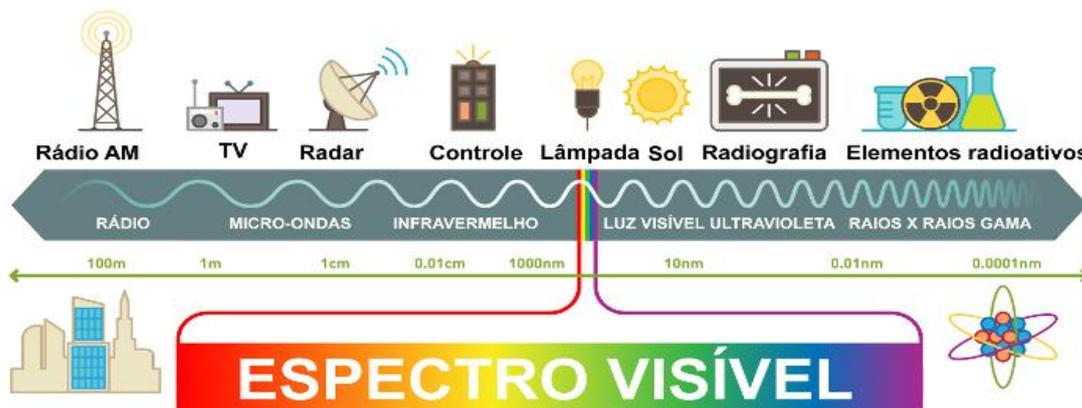


Fonte: / Shutterstock.com em <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/teoria-max-planck.htm>

Lasers são ondas, portanto estão inclusos no espectro eletromagnético que possui vários comprimentos de ondas, conforme mostra a Figura 5, e são classificadas em: ondas de

alta energia, como a radiação gama; ondas de energia intermediárias, como o RX, micro-ondas, luz visível, ultravioleta e radiação infravermelha e ondas de baixa energia, como as ondas de rádio (BAGNATO, 2001).

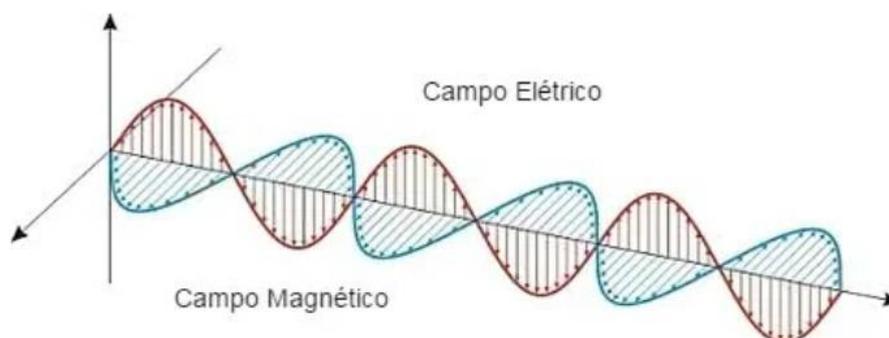
Figura 5: Os diferentes tipos de radiação eletromagnética:



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>

Toda onda eletromagnética, mostrada na Figura 6, possui campo elétrico e magnético. São propriedades características de uma onda eletromagnética: o comprimento de onda (tamanho da onda), a frequência (oscilação da onda), a amplitude (intensidade da onda) e a velocidade. O comprimento de onda é a distância entre dois picos de uma onda e é representado pela letra grega lambda (λ). Já a frequência (f) é o número de oscilações da onda eletromagnética por segundo. Essas duas grandezas são inversamente proporcionais, quanto menor o comprimento de onda, maior a frequência e a energia da radiação. Todas as ondas eletromagnéticas têm a mesma velocidade de 300.000km/s, mas diferem em frequência e em comprimento (BAGNATO, 2001.)

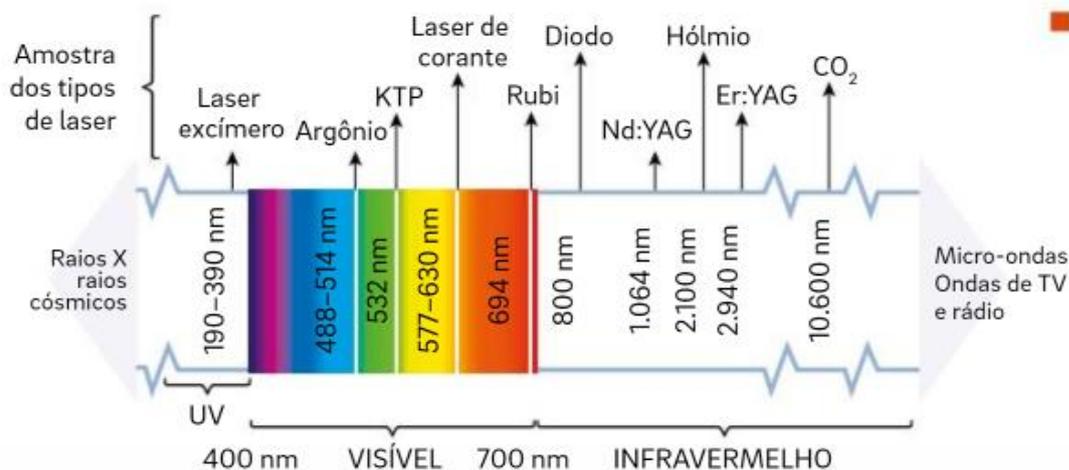
Figura 6: Onda eletromagnética.



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/ondas-eletromagneticas/>

As características do comprimento de onda são específicas do tipo da fonte de luz que depende do meio ativo (por exemplo: cristal, gás e corante) usado para produzir tipos de lasers distintos, conforme mostra a Figura 7 (HILL, 2017).

Figura 7: Alguns lasers e as porções da radiação visível e invisível do espectro eletromagnético.

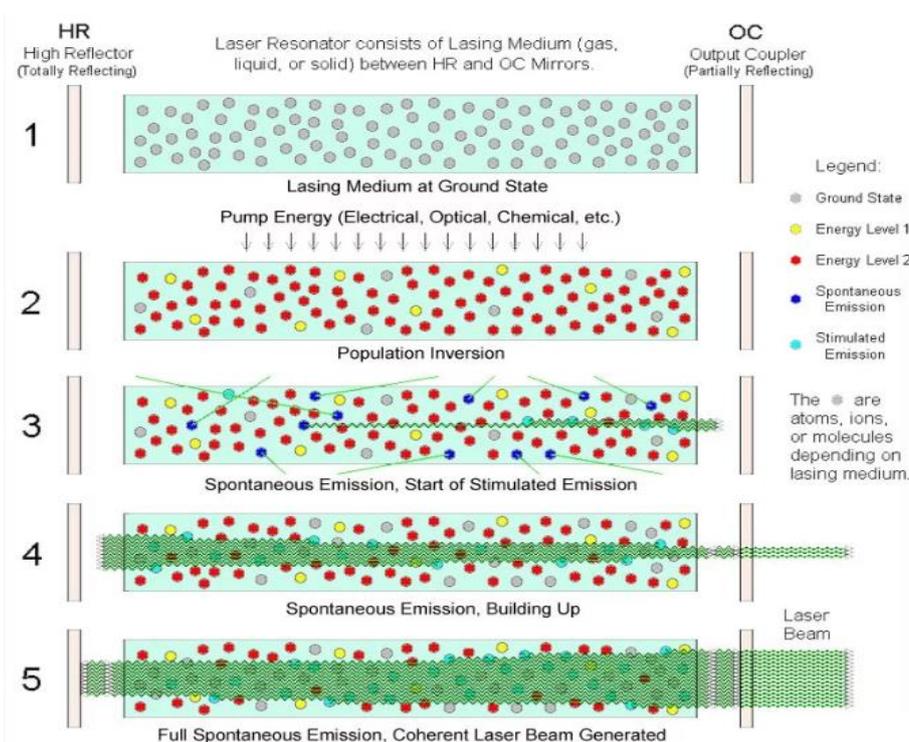


Fonte: HILL, P. Milady Laser e Luz. Cap. 1, página 6. (2017)

3.3 O laser.

O termo LASER tem origem das iniciais em inglês de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, que significa (amplificação da luz por emissão estimulada de radiação). A expressão “emissão estimulada”, retrata uma forma incomum pelo qual um átomo excitado (energizado) é estimulado por um fóton a liberar energia sob a forma de fóton idêntico ao que o estimulou. Esse processo, em um meio (substância) repleto de átomos excitados, desencadeia um efeito em cascata, por liberação de muitos fótons. Então, ocorre a inversão de população, pois momentaneamente os átomos deixam o estado excitado e vão para um estado fundamental de equilíbrio de menor energia. Esse processo constante de estímulo, amplifica o número de fótons formando a luz laser. O meio deve facilitar a inversão de população, demonstrada na Figura 8, portanto deve conter muitos átomos excitados (MUZART, 1984).

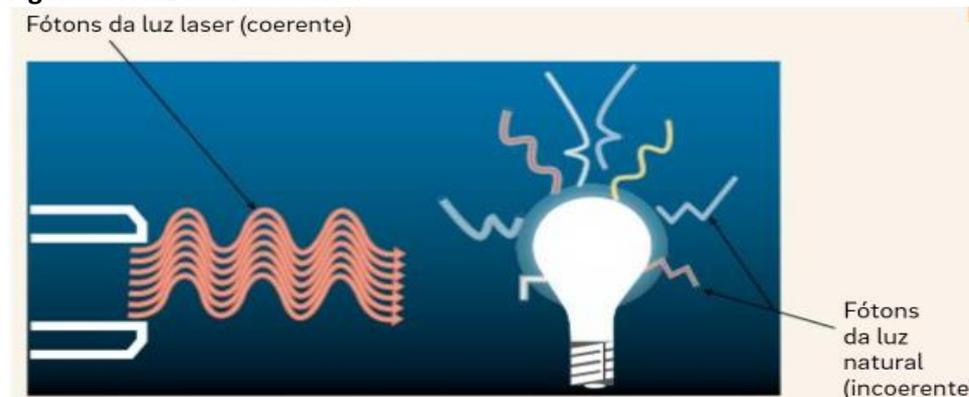
Figura 8: Emissão estimulada e inversão de população.



Fonte: <https://dicasecuriosidades.net/2018/07/como-funcionam-os-lasers.html>

O laser é um dispositivo com capacidade de produzir uma luz de características únicas, mostradas na Figura 9, portanto tem: energia coerente - um só comprimento de onda com fótons viajando no mesmo tempo e espaço; energia monocromática - possui uma única cor, visível ou invisível que é determinada pelo comprimento de onda de acordo com a molécula estimulada; energia colimada - percorre numa só direção numa só frequência formando um feixe focado de alta energia, a colimação pode ser ajustada por lentes com objetivo de aplicações em corte, coagulação ou aquecimento (vaporização e/ou ablação). A intensidade do feixe laser pode ser extremamente grande na potência de tera watt (10^{12} W). Essas grandes intensidades ocorrem em lasers pulsados, onde a energia acumulada em longo tempo é emitida toda em um intervalo de tempo muito pequeno, da ordem de 10^{12} segundos (CAMARGO, 2003).

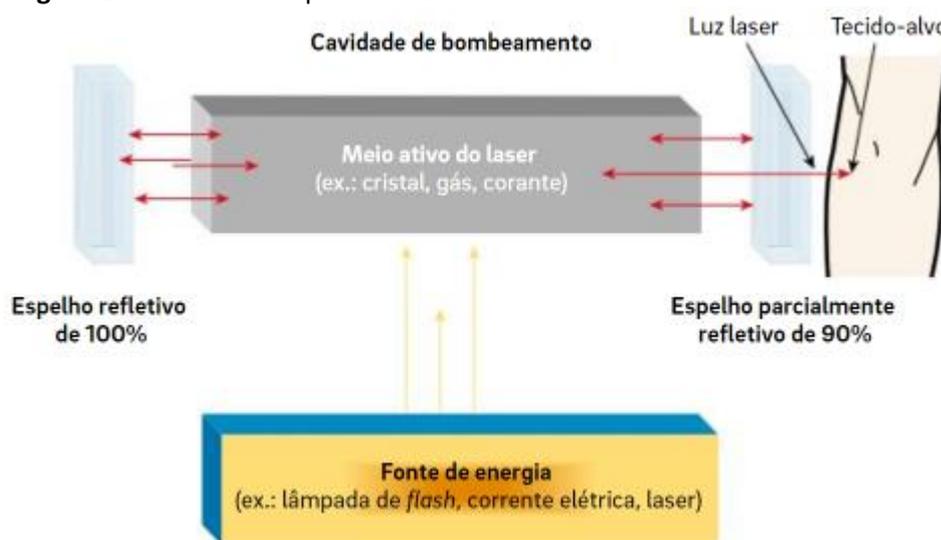
Figura 9: A luz laser coerente.



Fonte: HILL (2017, p. 10)

Como mostra a Figura10, o laser é gerado no interior de uma cavidade, tubo laser ou ressonador óptico, onde o meio ativo fica localizado entre espelhos que ficam posicionados nas extremidades do tubo. Os espelhos possuem capacidade de reflexão distintas, um é totalmente refletivo (100%) e, o outro é parcialmente refletivo (99 até 90%). Essa diferença de capacidade de reflexão dos espelhos permite a saída da radiação através do espelho menos reflexivo do interior da cavidade gerando o raio laser (BAGNATO, 2001).

Figura 10: Ressonador óptico ou tubo laser.



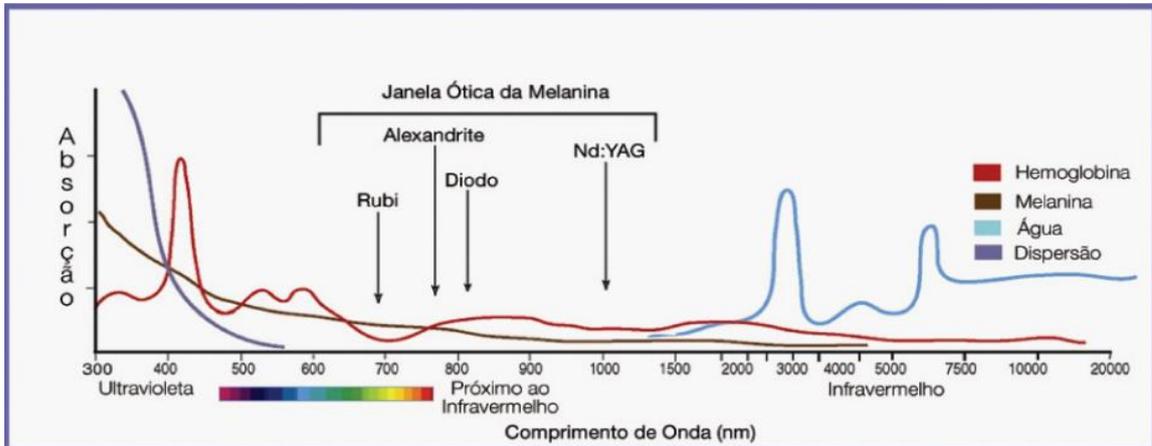
Fonte: HILL (2017, p.7)

Para produzir laser é necessário um meio ativo que pode ser um sólido: cristais de neodímio, érbio, em matrizes de óxidos ou fluoretos, como o YAG ítrio-alumínio-granada e diodos semicondutores, um líquido: corante, um gás ou um vapor: Argônio, Dióxido de Carbono, uma mistura de gases como o Hélio- Neônio. O meio ativo define a cor da luz do laser que pode ser ambarina, verde, vermelha, azul ou invisível. O meio ativo pode ser excitado por descarga elétrica, corrente elétrica, lampejos luminosos, outros lasers e reações químicas o que vai gerar a radiação do laser desejado (CAMARGO, 2003).

Um sistema laser pode funcionar em regime de fluência contínuo ou pulsado. A vantagem do regime pulsado é permitir que o tecido esfrie entre um pulso e outro. A transmissão da radiação laser (entrega de feixes) pode ser direta ou indireta através de: braço articulado, fibra óptica e lentes (PINHEIRO, 2010).

Para que o laser produza resultados clínicos terapêuticos é necessário considerar potência, o tempo de exposição e suas propriedades como: absorção, reflexão, transmissão e difração. Absorção é o processo físico de atração de determinado comprimento de onda pela superfície da pele ou por um alvo específico chamado cromóforo, veja a Figura 11, como a água, hemoglobina no sangue, colágeno e melanina do organismo. Na reflexão o feixe de laser é desviado da pele por ser lisa e plana para outra direção causando queimadura ou danos aos olhos. A transmissão está relacionada a capacidade de penetração do comprimento de onda que se for menor (300 a 400nm) é superficial e se for maior (400 a 1300nm) atravessa a epiderme e a derme. A difração refere-se ao espalhamento do feixe de luz em novas direções resultando em perda dos efeitos terapêuticos (LOPES et. al, 2018).

Figura 11: Curva de absorção dos principais cromóforos da pele.



Fonte: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/05/884550/2009_29.pdf

Potência é a taxa de realização do trabalho e sua medida de energia é feita em watt e joules/cm² indicando a taxa de entrega de energia. Existem lasers de alta e baixa potência. O laser de alta potência emite quantidade maior de energia por unidade de tempo do que de baixa potência. O laser de alta potência é usado em aplicações que necessitam de energia concentrada em uma pequena área, como a remoção de material, corte e queima. As aplicações de alta potência requerem centenas ou milhares de watts. Já os de baixa potência requerem alguns miliwatts a dezenas de watts e são aplicados em processos regenerativos de cura e reparo celular, como o tratamento de dor e lesões, cicatrização, acupuntura. (PINHEIRO, 2010)

3.4 Tipos de laser.

Segundo Madeira (2012), atualmente existem vários tipos de lasers, sendo eles classificados de acordo com o meio ativo utilizado para gerar luz laser. Cada tipo de laser possui aplicações específicas que são definidas por suas características. Dentre os tipos de lasers mais utilizados temos:

- Laser de estado sólido (o material para gerar laser é distribuído numa matriz sólida como o rubi ou cristal transparente de neodímio:ítrio-alumínio conhecido como garnet ou "YAG", o cristal pode estar associado aos íons de Neodímio, Érbio e Hólmio, formando os laser de Nd:YAG com comprimento de onda de 1064 nm, o laser de Er:YAG com comprimento de onda de 2940 nm e laser de Ho:YAG com 2100 nm). Lâmpadas de flash são as fontes de potência destes lasers de meio ativo sólido.
- Laser de gás: utiliza gases como o hélio e o neônio em um tubo selado que é excitado por corrente elétrica, emite luz na faixa do vermelho com 632,8 nm e no infravermelho. Laser de Argônio gera laser no visível e no UV.
- Laser de diodo: utiliza junções semicondutores de cristal conhecidas como diodo como meio ativo.
- Laser de fibra ótica: utiliza um cabo de fibra ótica como meio ativo.
- Laser de CO₂: utiliza dióxido de carbono como meio ativo, emite luz no infra-vermelho distante (10.6 μm)

- Laser de excímero: dos termos excited e dimers: usa gases reativos, como chlorine e fluorine, misturados com gases inertes como Ar, Kr, ou Xe. Ao estímulo elétrico, uma pseudo molécula (dímero) é produzida. Emite radiação no espectro UV.
- Laser de Corante (Dye): usa corantes orgânicos complexos, como rodamina 6G, numa solução líquida ou suspensão, como meio para gerar o laser. São sintonizáveis num intervalo grande de comprimentos de onda.

3.5 Interação Tecidual.

Um grande número de respostas pode ser produzido após a aplicação do laser. A interação entre o laser e o tecido depende de vários fatores, incluindo o comprimento de onda do laser, a densidade de energia, o tempo de exposição e a absorção do tecido. Quando o laser atinge o tecido, a luz é absorvida pelos cromóforos presentes no tecido, como a melanina, hemoglobina ou água (PINHEIRO,2010).

A interação do laser com os tecidos pode levar a diferentes efeitos, dependendo das características do tecido e do laser. Os efeitos biológicos podem incluir fototermólise, fotocoagulação, fotodisrupção, fotoablação, fotomodulação e fotobiomodulação. A fototermólise ocorre quando o tecido é aquecido a uma temperatura suficientemente alta para causar sua destruição. A fotocoagulação é o processo de coagulação de proteínas no tecido, levando a uma diminuição no fluxo sanguíneo e à formação de um coágulo. A fotodisrupção é a quebra mecânica do tecido devido à pressão gerada pela expansão térmica. A fotoablação é a remoção de tecido por vaporização ou explosão do tecido, enquanto a fotomodulação e a fotobiomodulação referem-se aos efeitos terapêuticos do laser, que incluem a regeneração tecidual, a redução da inflamação e a melhora na cicatrização (PARIZZOTO,2001).

Os lasers são amplamente utilizados em procedimentos estéticos de cirurgia plástica, dermatologia, odontologia e outras áreas da medicina. Eles são considerados seguros quando usados corretamente por profissionais qualificados, mas também podem causar danos ao tecido se usados incorretamente. Portanto, é importante entender os diferentes tipos de lasers e sua interação com os tecidos antes de realizar qualquer procedimento com laser (BERNAL & SANTOS,2014).

3.6 Resposta do sistema imunológico à aplicação do laser.

Após lesões ou danos aos tecidos, o sistema imunológico desempenha um papel essencial na reparação tecidual, sendo um processo que ocorre de forma coordenada para restaurar a integridade do tecido afetado, envolvendo várias etapas como: resposta inflamatória, produção de fatores de crescimento, proliferação celular e modulação do processo de cicatrização (KUMAR et al.2014).

O laser pode ser usado para destruir seletivamente as células-alvo em tratamentos para remoção de lesões de pele como: sinais, verrugas, manchas escuras ou tatuagens. Após o procedimento, a inflamação é a primeira resposta do corpo à lesão, pois ela ajuda a isolar a área danificada e reduzir a propagação de qualquer infecção. O processo inflamatório inicia-se com o reconhecimento de padrões moleculares, onde as células imunológicas teciduais possuem receptores de reconhecimento de padrões moleculares que identificam sinais

moleculares liberados por células danificadas ou mortas. Esses sinais incluem moléculas liberadas pelas células danificadas, como resíduos de DNA, proteínas citoplasmáticas e moléculas do complexo de histocompatibilidade (MHC) classe I. Em sequência os vasos sanguíneos na área afetada se dilatam, e as células dendríticas teciduais liberam citocinas inflamatórias, como interleucina-1 (IL-1) e fator de necrose tumoral alfa (TNF- α). Essas citocinas estimulam a ativação e a migração de células fagocíticas para o local da lesão e permitem que fatores de coagulação se movam para a área lesionada (FERREIRA; CAMARGO, 2012; SOARES, *et al.*, 2016).

Na inflamação as células imunológicas fagocitárias, que englobam e digerem partículas estranhas, como neutrófilos e macrófagos, são recrutadas para o local da lesão. Assim, o sistema imunológico pode iniciar uma resposta inflamatória para limpar os resíduos celulares resultantes do tratamento à laser. Os neutrófilos são responsáveis pela fagocitose de bactérias e detritos celulares de células danificadas ou mortas, enquanto os macrófagos têm um papel importante na modulação da resposta inflamatória, na remoção de detritos celulares e na liberação de sinais químicos que promovem a cicatrização (COSTA; TRINDADE, 2017; FIGUEIRA; CUZZI, 2010).

Em tratamentos a laser para estimulação de colágeno, os aparelhos são projetados para estimular a produção de colágeno na pele, visando melhorar a aparência de rugas, cicatrizes ou flacidez. Nesses casos, o laser causa um dano controlado na camada dérmica da pele, ativando uma resposta de cicatrização. O sistema imunológico desempenha um papel na produção e liberação de fatores de crescimento, que são moléculas sinalizadoras importantes na reparação tecidual. Os fatores de crescimento estimulam a proliferação celular, a angiogênese (formação de novos vasos sanguíneos) e a síntese de matriz extracelular de colágeno e elastina, contribuindo para a regeneração dos tecidos danificados e ajudando a melhorar a aparência da pele ao longo do tempo (SCHMITT *et al.*, 2017; FERNANDES; MOREIRA, 2018).

Na etapa da proliferação celular as células saudáveis começam a se dividir e proliferar para preencher a lacuna deixada pelo tecido danificado. O sistema imune regula a atividade das células-tronco e promove a diferenciação e proliferação de células envolvidas na reparação tecidual, como fibroblastos e células endoteliais. Os fibroblastos são células presentes no tecido conjuntivo, e quando ativados produzem colágeno e outras proteínas que formam o novo tecido (AKAISHI, 2017; FERREIRA; CARVALHO, 2014).

A modulação do processo de cicatrização é a etapa final, onde o novo tecido começa a se organizar e remodelar para restaurar a função e a resistência. Células imunológicas, como macrófagos, liberam citocinas e outros mediadores inflamatórios que coordenam a formação da matriz extracelular e a remodelação do tecido cicatricial. Assim, o colágeno é rearranjado e realinhado para aumentar a força e a estabilidade do tecido reparado (SOUSA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2012).

Segundo Faria (2021) A estimulação de colágeno é uma parte importante da resposta do sistema imunológico durante a cicatrização e reparação de tecidos. O colágeno é uma proteína estrutural principal encontrada nos tecidos conjuntivos, como pele, ossos, tendões e cartilagens. O sistema imunológico estimula a produção de colágeno na seguinte sequência:

- I - Citocinas e fatores de crescimento: Durante a resposta inflamatória, as células do sistema imunológico, como macrófagos e células T, liberam citocinas e fatores de crescimento que desempenham um papel importante na estimulação da produção de

colágeno. Por exemplo, citocinas como fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) e interleucina-1 (IL-1) podem estimular a síntese de colágeno pelos fibroblastos, as células responsáveis pela produção de matriz extracelular, incluindo colágeno.

II - Transformação do fibroblasto: Durante a cicatrização de feridas, os fibroblastos podem sofrer uma transformação chamada ativação do fibroblasto em miofibroblasto. Essa transformação é mediada por citocinas e fatores de crescimento liberados pelas células do sistema imunológico, como o fator de crescimento transformador beta (TGF- β). Os miofibroblastos são células altamente contráteis que depositam colágeno na matriz extracelular durante o processo de cicatrização.

III - Remodelação tecidual: Além da produção inicial de colágeno, o sistema imunológico também está envolvido na remodelação do tecido cicatricial. Células do sistema imunológico, como macrófagos, desempenham um papel importante na regulação do equilíbrio entre síntese e degradação do colágeno durante a remodelação tecidual. Eles secretam enzimas, como as metaloproteinases da matriz (MMPs), que ajudam a remodelar a matriz extracelular e a substituir o colágeno imaturo por colágeno maduro e organizado.

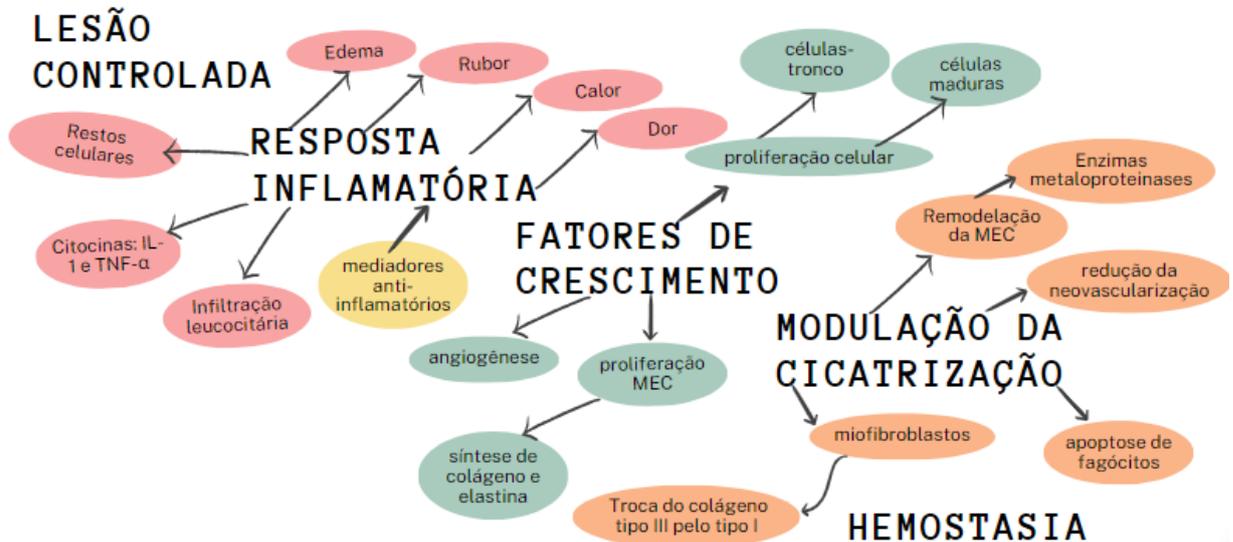
A elastina é uma proteína encontrada na pele, responsável por conferir elasticidade e flexibilidade aos tecidos. Ela auxilia na formação de uma matriz extracelular (MEC) estável, fornecendo suporte estrutural para as células da pele e promovendo a cicatrização adequada. Após uma lesão, as células responsáveis pela produção de elastina, chamadas de fibroblastos, são ativadas e começam a sintetizar e depositar essa proteína no local afetado (NEVES & CHACON, 2016).

Nos tratamentos a laser para epilação a longo prazo, os aparelhos fazem a remoção de pelos indesejados ao destruir os folículos pilosos. Nesse caso, o sistema imunológico pode não ter uma resposta significativa, uma vez que o objetivo é desativar os folículos pilosos em vez de induzir uma resposta imune (STAFUZZA & MIOT, 2016).

O processo de reparação tecidual pode variar dependendo do tipo e extensão da lesão, bem como da idade e saúde geral do indivíduo. Alguns fatores, como nutrição adequada e boa circulação sanguínea, podem ajudar a acelerar a reparação tecidual, enquanto outros, como o envelhecimento e o tabagismo, podem retardar o processo de cura. É importante ressaltar que o equilíbrio adequado na produção e degradação do colágeno é essencial para a cicatrização e a reparação tecidual adequadas. Desregulações na resposta imunológica podem levar a complicações, como cicatrização excessiva (cicatriz hipertrófica ou quelóide) ou atraso na cicatrização (CARVALHO; PENNA, 2010; COSTA; TRINDADE, 2017)

Recuperar a homeostase tecidual após o uso do laser ablativo é o papel do sistema imune, conforme mostra a Figura 12. A resposta do sistema imunológico à aplicação do laser pode variar dependendo do tipo de laser, da energia utilizada, do local de tratamento e das características individuais do paciente e do objetivo específico do procedimento (ARAÚJO, et al. 2009).

Figura 12: Resposta do sistema imunológico ao laser.



Fonte: Adaptado de: FERREIRA; CAMARGO, 2012; SOARES, et al.,2016; SOUSA et al, 2010; SILVA et al,2012; FARIA,2021

3.7 Laser no processo de rejuvenescimento.

3.7.1 O processo de envelhecimento facial.

Para Alberts (2002) o processo de envelhecimento é um processo natural, complexo e multifatorial que afeta todos os sistemas do corpo, incluindo a pele, músculos, órgãos internos e até mesmo o cérebro. Existem dois tipos principais de envelhecimento: o envelhecimento intrínseco ou cronológico, é caracterizado por alterações progressivas no funcionamento celular e nas estruturas do organismo. Durante o processo, ocorrem alterações na produção de colágeno e elastina, proteínas que conferem elasticidade e firmeza à pele. Isso resulta na perda de elasticidade e na formação de rugas e flacidez da pele. Já o envelhecimento extrínseco é causado por fatores externos e ambientais, como exposição ao sol, poluição, tabagismo, alimentação inadequada, estresse e falta de cuidados adequados com a pele. Esses fatores atuam levando ao aparecimento precoce de rugas, manchas, pele áspera e danos celulares. A exposição ao sol é uma das principais causas do envelhecimento extrínseco devido aos danos causados pelos raios ultravioleta (UV) na pele, resultando em rugas, perda de elasticidade e hiperpigmentação (FREITAS, 2016; NERI, 2016).

Para Grazziotin e Floriani (2015) o envelhecimento facial é o mais evidente pois a face está em constante exposição e também é influenciado pelo envelhecimento intrínseco e extrínseco. Dentre os principais sinais de envelhecimento facial pode se destacar:

- Rugas e linhas de expressão: Com o tempo, as linhas de expressão se tornam mais evidentes, principalmente ao redor dos olhos, testa e boca.
- Flacidez da pele: A produção de colágeno e elastina diminui com o envelhecimento, resultando em uma perda de elasticidade e firmeza da pele. Isso pode levar à flacidez facial e ao surgimento de papadas ou bochechas caídas.

- Perda de volume facial: Com o passar dos anos, é comum que a gordura facial diminua e se redistribua, resultando em perda de volume nas bochechas e têmporas, o que pode contribuir para um visual mais envelhecido e "encovado".
- Manchas e irregularidades na pigmentação: O acúmulo de danos causados pelo sol ao longo dos anos pode resultar no aparecimento de manchas escuras ou sardas na pele.
- Mudanças na textura da pele: A pele pode ficar mais seca, áspera e com uma aparência opaca devido à diminuição da produção de óleo natural.

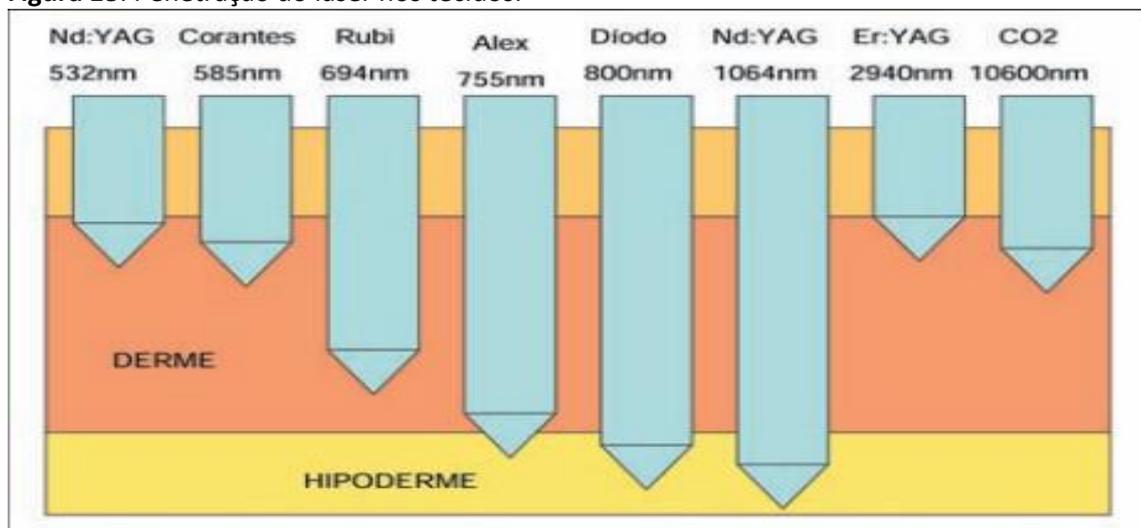
Para tratar os sinais de envelhecimento facial existem várias abordagens, e elas podem variar desde cuidados diários com a pele até procedimentos estéticos mais avançados. Que incluem tratamentos a laser que são procedimentos podem ajudar a melhorar a textura da pele, reduzir manchas escuras e estimular a produção de colágeno e elastina (ZANIN *et al.*, 2012)

3.7.2 Tipos de laser utilizados no rejuvenescimento facial.

Existem vários tipos de laser utilizados no rejuvenescimento facial para melhorar a aparência da pele e tratar sinais de envelhecimento. Os lasers possuem capacidade de penetração distintas como esta demonstra a Figura 13. Conforme Almeida e Carvalho (2016) os principais tipos de laser usados no rejuvenescimento facial são:

- Laser de CO2 fracionado: O laser de CO2 fracionado é usado para tratar rugas, linhas finas, manchas solares, cicatrizes de acne e textura irregular da pele. Ele emite um feixe de laser que cria pequenos pontos de ablação na pele, estimulando a produção de colágeno e promovendo a regeneração da pele.
- Laser de erbium: O laser de erbium é utilizado para tratar rugas finas, manchas de pigmentação, cicatrizes e irregularidades da pele. Ele remove camadas superficiais da pele, estimulando a produção de colágeno e permitindo o crescimento de uma nova pele mais suave e jovem.
- Laser de diodo: O laser de diodo é usado principalmente para tratar manchas de pigmentação, como melasma e manchas de idade. Ele age no pigmento da pele, fragmentando-o em partículas menores que são eliminadas pelo organismo.
- Laser de pulso colorido (PDL): O laser de pulso colorido é usado para tratar vasos sanguíneos dilatados, rosácea, manchas vermelhas e lesões vasculares na pele. Ele emite um feixe de luz que é absorvido pelo pigmento vermelho do sangue nos vasos sanguíneos, danificando-os seletivamente e permitindo sua reabsorção pelo organismo.
- Laser de Nd:YAG: O laser de Nd:YAG é utilizado para tratar vasos sanguíneos dilatados, lesões vasculares e hiperpigmentação na pele. Ele emite um feixe de luz que é absorvido pelo pigmento alvo, causando dano térmico seletivo aos vasos sanguíneos ou melanina, sem prejudicar a pele circundante.
- Laser fracionado não ablativo: O laser fracionado não ablativo emite feixes de luz que penetram na pele, estimulando a produção de colágeno e promovendo a renovação celular. Ele é usado para melhorar a textura da pele, suavizar rugas finas e tratar cicatrizes de acne.

Figura 13: Penetração do laser nos tecidos.



Fonte: <https://www.saudedireta.com.br/docsupload/1344425747mc091b.pdf>

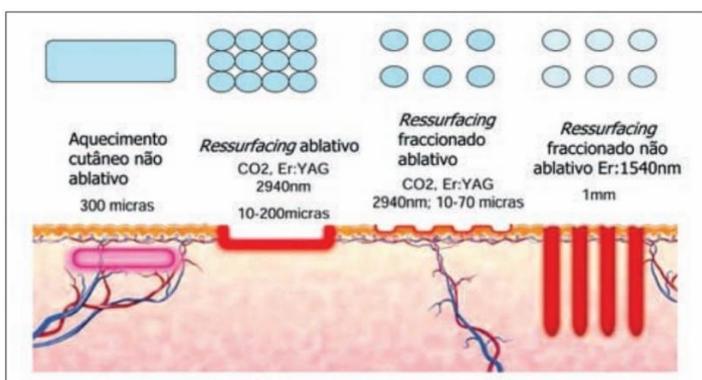
3.7.3 Técnicas de rejuvenescimento facial à laser.

3.7.3.1 Técnica de resurfacing.

O *resurfacing* a laser ou dermabrasão por laser, ou ainda peeling à laser é um procedimento estético utilizado para melhorar a aparência da pele, tratando uma variedade de condições dermatológicas, como rugas, cicatrizes, manchas escuras, irregularidades na textura da pele e até mesmo o envelhecimento geral da pele. O procedimento é realizado por meio da utilização de um feixe intenso de luz aplicado na superfície da pele. Sua ação deve-se a remoção de camadas superficiais da pele, estimulando a produção de colágeno e promovendo a regeneração da pele. Com isso, ocorre uma melhoria na textura, no tom e na aparência geral da pele tratada (BARCAUI & BARCAUI, 2012).

Há diferentes tipos de lasers utilizados no *resurfacing*, sendo os mais comuns o laser de dióxido de carbono (CO2) e o laser de erbio, observe a Figura 13. O laser de CO2 é usado para tratar condições mais graves, como cicatrizes profundas ou rugas mais acentuadas, enquanto o laser de erbio é mais suave e é frequentemente utilizado para tratar problemas de pele mais leves (ALMEIDA; CARVALHO, 2016).

Figura 13: Ação tecidual do laser no *Ressurfacing*.



Fonte: <https://www.Laser: fundamentos e indicações em dermatologia, 20009>

O *resurfacing* a laser pode exigir um tempo de recuperação variável de 4 a 7 dias, dependendo da intensidade do tratamento realizado. Durante o período de recuperação, é fundamental seguir as orientações do profissional aplicador para cuidar adequadamente da pele tratada e evitar complicações. Pois o procedimento pode ter riscos e efeitos colaterais, como vermelhidão, inchaço, sensibilidade, descamação e alterações na pigmentação da pele (LANDTHALER; HOHENLEUTNER, 2009).

3.7.3.2 Técnica do endolaser.

O endolaser no rejuvenescimento facial é um procedimento estético que utiliza um laser intradérmico para tratar os sinais de envelhecimento da pele na região do rosto. Esse tipo de tratamento é minimamente invasivo e consiste em um pequeno cabo de fibra óptica ser inserido na pele através de pequenas incisões ou pontos de acesso. O cabo de fibra óptica emite feixes de laser direcionados para as camadas internas da pele, causando uma série de efeitos benéficos. As fibras ópticas podem ter diferentes diâmetros e revestimentos para melhorar a eficiência e a precisão do tratamento (MATTOS; LOPES, 2011).

Os efeitos da técnica são nítidos conforme se observa na Figura 14. No endolaser há estímulo a produção de colágeno, que é uma proteína essencial para a elasticidade e firmeza da pele. Com o aumento da produção de colágeno, a pele tende a ficar mais firme e suave, reduzindo rugas e linhas finas. Além da flacidez tissular, também trata outras questões comuns do envelhecimento facial, como manchas de pigmentação, irregularidades de textura da pele e poros dilatados. O aquecimento controlado do tecido durante o procedimento ajuda a suavizar e uniformizar a aparência da pele (ROMITI; CARVALHO, 2015).

Figura 13: Comparação entre o antes e o depois da aplicação do endolaser.



Fonte: Fonte: <https://endolaser.com.br/>

Uma das vantagens do endolaser no rejuvenescimento facial é ser menos invasivo em comparação com técnicas tradicionais, como a cirurgia plástica. Isso significa que o tempo de recuperação tende a ser mais curto e os riscos associados são geralmente menores. A aplicação da técnica é demonstrada na Figura 15. No entanto, é importante lembrar que cada caso é único, e os resultados e efeitos colaterais podem variar de pessoa para pessoa. Devem ser considerados seus benefícios, limitações, riscos e possíveis efeitos colaterais antes de optar pelo tratamento (TOREZAN; PASSOS, 2018).

Figura 15: Aplicação da técnica do endolaser



Fonte: Fonte: <https://endolaser.com.br/>

3.8 Efeitos adversos do laser.

Tratamentos à laser são considerados seguros e com baixo índice de efeitos adversos. Entretanto, complicações podem surgir mesmo nos lasers mais seguros, pois se usados inadequadamente podem lesionar a pele. Conhecer os efeitos colaterais causados pelos lasers é importante para prevenir, diagnosticar e tratá-los precocemente. Segundo França(2009), são efeitos adversos do laser:

- I- Eritema (vermelhidão) e edema (inflamação), que durarão mais ou menos dependendo da fonte de luz;
- II- Bolhas, crostas e queimaduras; cicatrizes, especialmente com lasers ablativos;
- III- Infecções bacterianas, virais e fúngicas. Em caso de indivíduos portadores de Herpes tipos 1ou 2 recomenda-se o uso de anti-herpético 5 dias antes e até 10 dias depois do tratamento.

Vale ressaltar que equipamentos modernos de laser ablativo possuem sistemas de resfriamento que são usados durante o tratamento e ajudam a reduzir a dor, a inflamação, o risco de queimaduras e cicatrizes (FRANÇA,2009).

3.9 Contraindicações ao uso do laser.

A primeira contraindicação é a aplicação sobre olhos abertos ou fechados. O uso do Laser possui poucas contraindicações, são elas:

- Câncer;
- Sobre o útero em gestação;
- Ferida aberta;
- Casos de alterações cardíacas;
- Se usar medicamentos fotossensibilizantes (isotretinoína, ácido retinóico);
- Não aplicar sobre a glândula tireoide em pacientes com hipertireoidismo;
- Infecção ativa na área do tratamento.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O processo histórico do laser percorreu mais de meio século e contou com a contribuição de vários cientistas. Hoje contamos com lasers com diferentes meios ativos e comprimentos de onda garantindo características específicas que o tornam adequado para diferentes aplicações e dentre elas a estética. Ao longo dos anos, os lasers foram aprimorados em termos de eficiência, potência e versatilidade. Hoje, eles desempenham um papel fundamental em diversas áreas, como ciência, medicina, tecnologia de comunicação, indústria, entretenimento e muito mais. Desde o seu surgimento, o laser tem sido uma

ferramenta poderosa e revolucionária que continua a impactar significativamente nossa sociedade.

O laser tem desempenhado um papel importante no campo da estética e nos tratamentos de beleza. A tecnologia do laser é usada para uma variedade de procedimentos que visam melhorar a aparência da pele, tratar problemas dermatológicos e remover ou reduzir imperfeições estéticas.

Deve-se destacar que o envelhecimento facial é um processo natural, inevitável e constante. No entanto, há medidas que podem ser tomadas para minimizar os efeitos do envelhecimento, como o uso adequado de técnicas laser como o *resurfacing* e endolaser. Pois o tratamento estético restabelece o equilíbrio do corpo, do bem estar e pode recuperar a autoestima.

Os danos controlados promovidos por lasers aos tecidos provoca a atividade do sistema imunológico que desempenha uma função essencial na renovação tecidual. Mas a reparação epitelial pode variar em decorrência de fatores como idade e saúde geral do paciente. Para evitar intercorrências é necessário conhecer as etapas do processo de reparo da pele para se identificar potenciais falhas na resposta inflamatória, na produção de fatores de crescimento e na modulação da cicatrização.

É importante consultar um especialista em estética para avaliar a condição da pele e determinar qual técnica de laser é mais adequada para as necessidades específicas do paciente. O profissional biomédico esteta qualificado poderá recomendar o tipo de laser mais apropriado e definir o protocolo de tratamento adequado para alcançar os resultados desejados.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, B., et al. *Biologia Molecular das Células*. **Garland Science**. 2002. (Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21054/>) Acesso em: 17 abr.2023

ALMEIDA, A. T; CARVALHO, A. V. Laser de CO2 fracionado no rejuvenescimento facial: revisão sistemática da literatura. **Jornal Brasileiro de Dermatologia**, v. 91, n.6, p.729-737, 2016

ANDRADE, A; BOSI, M.L.M. (2003). Mídia e subjetividade: impacto no comportamento alimentar feminino. **Revista de Nutrição**, Campinas (SP): 16(1), 117- 125.

ARAÚJO, J. A. G., *et al.* Efeito do laser de alta potência em lesões cutâneas experimentais em ratos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 15(5), 379-384. 2009.

AKAISHI, E.H., et al. Fisiologia da cicatrização. *In*: FERREIRA., M.C. (ed). **Tratado de Cirurgia Dermatológica**. Rio de Janeiro: Di Livros Editora; p. 27-33. 2017.

BAGNATO, V. S. Os fundamentos da luz laser. **Física na Escola**, São Carlos, v.2, n.2, p.4-9.2001.

BARCAUI, E. O., & BARCAUI, C. B. Rejuvenescimento facial com laser: uma revisão. **Surgical & Cosmetic Dermatology**, 4(4), 390-398. 2012.

BARRY, R. M. **O que é a luz?** *International Commission for Optics*. Investigador independente, Cambridge, MA, USA. 2015.

BERNAL, L. P; SANTOS, L. F. Laser hélio-neônio: princípios e aplicações. **Química Nova**, 37(3), 517-524. 2014. DOI: <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140082>

BREEZE, J.D. *et al.* **Continuous-wave room-temperature diamond maser**. Revista: **Nature** Vol.: 555, p. 493-496. 2018. DOI: 10.1038/nature25970

CABEDA, S.T.L. A ilusão do corpo perfeito: o discurso do médico na mídia. In: Strey, M.N. et al. (Org.). **Gênero e cultura: questões contemporâneas**. Porto Alegre (RS): Edipucrs. 2004.

CAMARGO, L. O. L. **O que é lazer**. São Paulo: Brasiliense, 2003.

CAMPOS, V., *et al.* Laser no rejuvenescimento facial. **Surgical & Cosmetic Dermatology**; v.1, n.1, p.29-36. 2009. Disponível em: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/05/884550/2009_29.pdf. Acesso em: 18 abr. 2023.

CATORZE, M. G. Laser: fundamentos e indicações em dermatologia. **Revista Educación Médica Continuada.**, Med Cutan Iber Lat Am 2009; v.37, n.1, p.5-27. Disponível em: <https://www.saudedireta.com.br/docsupload/1344425747mc091b.pdf>. Acesso em 18 abr. 2023.

CARVALHO, J. J. M.de. **O histórico e a física do laser**. 2019. Disponível em: <https://hpvonline.com.br/> . Acesso em: 22 abr. 2023.

CARVALHO, L.H.; PENNA, T.C.V. A influência da nutrição na cicatrização de feridas. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**. V.14, n.3, p.87-94. 2010. Disponível em: http://revista.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-21772010000300012. Acesso em: 22 abr. 2023

CAVALCANTI, T.M, *et al.* Conhecimento das propriedades físicas e da interação do laser com os tecidos biológicos na odontologia. **Anuário Brasileiro de Dermatologia**. 2011; v.86, n.5, p.955-60, 2011.

COSTA, I. M; TRINDADE, F. Uso do laser na remoção de tatuagem: revisão de literatura. **Revista Internacional de Ciências**, v.7, n.2, p.103-116. 2017. DOI: 10.12957/ric.2017.30759

FARIA, G. M. **Influência da fototerapia na cicatrização no modelo ex vivo de pele humana (HOSEC)**. 2021 Dissertação de Mestrado. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto- USP.

FRANÇA, E. R. Complicações e efeitos adversos com o uso do laser. In: Osório N, Torezan L. **Laser em dermatologia**. São Paulo: Roca; 2009. p.263-73

FERNANDES, M. S; MOREIRA, E. D. (Eds.). **Envelhecimento bem-sucedido: perspectivas multidisciplinares**. Rio de Janeiro. Editora Atheneu. 2018.

FERREIRA, D.C. & CAMARGO, L.M. Aspectos Imunológicos da Cicatrização de Feridas. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**. 2012;16(1):77-84. Disponível em: http://revista.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-21772012000100011. Acesso em: 22 abr. 2023

FERREIRA, M. C., & CARVALHO, A. C. (2014). Laser de CO₂: aplicações em dermatologia. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, 29(4), 621-625. DOI: 10.1590/ S1983-51752014000400022

FIGUEIRA, M. A. P; CUZZI, T. (2010). Laser e pigmentos: um desafio terapêutico. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.85, n.5, p.695-706. 2010. DOI: 10.1590/S0365-05962010000500016

FOGAÇA, J. R. V. **Teoria de Max Plank**. 2018. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/química/teoria-max-plank.htm>. Acesso em 19 de abril de 2023

FRANCISCHELLI NETO, M. Tratamento para rejuvenescimento facial. **Naturale**, 2010. Disponível em: http://www.naturale.med.br/texto_facial.pdf>. Acesso em: 14 maio 2013.

FREITAS, E. V. (Ed.). **Tratado de Geriatria e Gerontologia**. São Paulo. Guanabara Koogan (ed.), 2016.

GRAZZIOTIN, T.C. & FLORIANI N. Envelhecimento cutâneo: fisiologia e fatores influenciadores. **Revista Brasileira de Enfermagem**.v.68, n.6, p.1149-54, Nov-Dec, 2015. doi: 10.1590/0034-7167.2015680614i.

GROOTE, J.J. M. Max Planck e o início da teoria quântica. 2001. **Física Moderna - Mito e Ciência**. Reportagem: <http://www.comciencia.br> contato@comciencia.br ©SBPC/Labjor. Brasil.

JORGE, M.M. Perdas e ganhos do envelhecimento da mulher. **Psicologia em Revista**. Belo Horizonte (MG), V.11, n.17, p.47-61. 2005.

KLEPPNER, D. Relendo Einstein sobre radiação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 87 - 91, www.sbfisica.org. Departamento de Física, Instituto de Tecnologia de Massachusetts e Centro MIT-Harvard de Átomos Ultra Frios, Cambridge, MA, EUA. 2004.

KUMAR, V, *et al.*, (2014). **Patologia básica** (9ª ed.). Elsevier (ed.). São Paulo. Brasil.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica** (8ª ed.). Editora Atlas. 2019.

LANDTHALER, M; HOHENLEUTNER, U. Rejuvenescimento facial a laser. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Rio de Janeiro. V.84, n.6, p.605-610. 2009

LOPES, J.C, PEREIRA, L.P, BACELAR, I.A. Laser de baixa potência na estética- revisão de literatura. **Revista Saúde em Foco** – Edição nº 10 – Ano: (2018) <https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/>. Acesso em: 11 mar. 2023.

MADEIRA, C. D; FERREIRA, E. H. M. Laser He-Ne na Odontologia. **Revista da ABENO**, v.12. n.1, p.87-91. 2012

MARTINES NS, *et al.*, Avaliação de células neoplásicas após terapia fotodinâmica. **Arquivos Catarinenses de Medicina**. Florianópolis, v.36, n.1, p.59-64. 2007

MATTOS, V. L, LOPES, J. D. (2011). Aplicação do laser na estética facial. **Revista Brasileira de Ciências Estéticas**, 1(1), 38-45.

MUZART, J. L. R. **Laser OU ALEER**. Departamento de Física – UFSC Florianópolis - SC Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, v.1, p.1, p.18-25, dez 1984.

NERI, A. L. **Desenvolvimento e envelhecimento: perspectivas biológicas, psicológicas e sociológicas**. Editora Atheneu. 2016

NETO, C. P. S; FERNANDES JUNIOR, O. Um Presente de Apolo: lasers, história e aplicações. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 39, nº 1, e1502 (2017) www.scielo.br/rbef DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0152>

NEVES, D. R; CHACON, L. H. Cicatrização cutânea: revisão integrativa da literatura. **Journal of Surgical and Clinical Research**, v.7, n.2, p.101-109. 2016

PRASS, A. R. **Objetos clássicos e quânticos: conceitos de onda e partícula e dualidade onda-partícula**. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre, RS, Brasil Resumo (2005) https://www.fisica.net/Objetos_Classicos_e_Quanticos.pdf

PÉCORA, J. D. & JÚNIO, A. B. **Breve Histórico do Laser**. Departamento de Odontologia Restauradora. FORP-USP. São Paulo.1999.

PEDREIRA, A. A; SÁ, M; MEDRADO, A. P. O uso da terapia laser de baixa intensidade após exodontia de terceiros molares: revisão de literatura. **Revista Bahiana de Odontologia**. Salvador, v.4, n.1, p.37-45. jan./jun. 2013 <http://www.bahiana.edu.br/revistas>

PESSOA Jr. O. **Dualidade onda-partícula Conceitos de Física Quântica**. Curso de semestral. Cap. 1, USP- Departamento de Física São Paulo. (2019)

PINHEIRO, A. L. B; ALMEIDA, P. F. de; SOARES L. G. P. **Princípios fundamentais dos lasers e suas aplicações**. Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria. Capítulo 23. p.824-843.2010.

ROMITI, N; CARVALHO, A. C. Rejuvenescimento facial a laser. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.80, n.5, p.445-452. 2015

SANTOS, M. A. S. **O raio laser**. Curiosidades de Física.2019. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/o-raio-laser.htm>. Acesso em 22/04/2023.

SCHMITT, F.C., et al. Cicatrização cutânea: uma revisão bibliográfica. **Revista de Enfermagem UFPE** On Line. 2017;11(3):1232-40. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistaenfermagem/article/view/13513>. Acesso em: 28 fev. 2023.

SILVA, J.C.S., et al. Cicatrização de feridas: revisão bibliográfica. **Revista Portuguesa de Cirurgia**.v.24, n.8, p.45-51. 2012 Disponível em: https://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-69182012000100008

SOARES, C.N. et al. Laserterapia no tratamento de lesões pigmentadas cutâneas: revisão da literatura. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.91,n.1,p.97-105. 2016. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20164262

SOUSA, F. G; et al. Aplicação do laser de CO2 na remoção de lesões cutâneas benignas. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.85, n.5, p.649-654. 2010. doi: 10.1590/S0365-05962010000500010

STAFUZZA, T. C; MIOT, H. A. Epilação a laser: princípios básicos e revisão da literatura. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.91, n.4, p.488-493. 2016. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20164062

TANAKA, H. S. **Max Planck**. Todo Estudo. Disponível em: <https://www.todoestudo.com.br/fisica/max-planck>. Acesso em: 19 abr. 2023.

TOREZAN, L. A., & PASSOS, C. V. Tratamento de rugas faciais com laser: revisão da literatura. **Surgical & Cosmetic Dermatology**, v.4, n.2, p.174-181, 2018

VASCONCELOS, E. **Laser**. Brasil. SBPC/Labjor. 2001. <http://www.comciencia.br>. Acesso em: 20 abr.2023

ZANIN, C.R., et al. Avaliação do envelhecimento facial através de medidas antropométricas. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**.v.27, n.2, p.205-10, 2012. DOI: 10.1590/S1983-51752012000200008.