



# Laser além da Estética

Tecnologias no tratamento de  
patologias dermatológicas

| Silvia Karina Kaminsky Jedwab

**Diivros**

CONTÉM  
ACESSO A  
VÍDEOS

# ***LASER* ALÉM DA ESTÉTICA**

**Tecnologias no tratamento de  
patologias dermatológicas**



SILVIA KARINA KAMINSKY JEDWAB

# ***LASER ALÉM DA ESTÉTICA***

**Tecnologias no tratamento de  
patologias dermatológicas**

Di|livros

# Sumário

## Capítulo 1

### **Noções Básicas de *Lasers* e Outras Tecnologias, 1**

**Natalia Cymrot**

**Léo Cymrot Cymbalista**



## Capítulo 2

### **Rosácea, 27**

**Beatrice Volpini Padrão**

**Débora Thiemi Hiromoto**

**Silvia Karina Kaminsky Jedwab**



## Capítulo 3

### **Acne Ativa, 47**

**Gabriela Della Ripa Rodrigues Assis**

**Emanuelle Assis de Freitas**

## Capítulo 4

### **Cicatriz de Acne, 63**

**Giuliane Minami Tsutsui**

**Fernanda Santana Barbosa**



## Capítulo 5

### **Cicatrizes, 89**

**Guilherme Augusto Pereira Pucci**

**Francisco Fernando Bezerra Júnior**

**Gisele Viana de Oliveira**

**Silvia Karina Kaminsky Jedwab**



## Capítulo 6

### **Tratamento com Tecnologias nos Processos de Cicatrização e Feridas, 107**

**Guilherme Augusto Pereira Pucci**  
**Silvia Karina Kaminsky Jedwab**

## Capítulo 7

### **Tecnologia em Queimados, 123**

**Yasmin Pugliesi**  
**Thabata Sofia Santos Moura**



## Capítulo 8

### **Hemangiomas e Mancha Vinho do Porto, 147**

**Nicolle Guimarães Souza Santos**  
**Silvia Karina Kaminsky Jedwab**

## Capítulo 9

### **Hidradenite Supurativa, 165**

**Hisabella Lorena Simões Porto**  
**Silvia Karina Kaminsky Jedwab**



## Capítulo 10

### **Tecnologias no Tratamento das Verrugas Virais, 185**

**Karina de Almeida Zold**  
**Silvia Karina Kaminsky Jedwab**

## Capítulo 11

### **Tratamento de Tumores Benignos com Laser, 195**

**Francisco Fernando Bezerra Júnior**  
**Silvia Karina Kaminsky Jedwab**

## Capítulo 12

### **Tratamento do Câncer de Pele Não Melanoma com Tecnologias, 217**

**Hisabella Lorena Simões Porto**  
**Silvia Karina Kaminsky Jedwab**

## Tratamento de Lesões Pré-malignas, 237

Hisabella Lorena Simões Porto  
Silvia Karina Kaminsky Jedwab

### Capítulo 14

## Dermatite Atópica, 257

Giuliana Angelucci Miranda  
Nathalia Calado Melges

### Capítulo 15

## Vitiligo, 267

Ana Cristina Dantas Chaladovsky  
Jefferson Alfredo de Barros

### Capítulo 16

## Psoríase, 283

Giovana Viotto Cagnon Brandão  
Giuliana Angelucci Miranda

### Capítulo 17

## Onicomicoses e Onicopatias, 299

Liza Raffaele Ferreira Castro Rêgo  
Nathalia Calado Melges  
Silvia Karina Kaminsky Jedwab

### Capítulo 18

## Alopecias, 309

Priscila Oliveira Naback  
Giovana Viotto Cagnon Brandão

## Desordens Pigmentares Adquiridas, 319

Maurício Diniz Santim  
Silvia Karina Kaminsky Jedwab

## Melasma, 335

Anna Karoline Gouveia de Oliveira  
Silvia Karina Kaminsky Jedwab

Capítulo 21

## **Tratamentos Não Estéticos de Depilação a *Laser*, 351**

**Camila Fernanda Jedwab**

**Pedro Jordão Caldas Ferreira**

Capítulo 22

## **Tecnologia em Doenças do Tecido Conectivo, 365**

**Amanda Marra**

Capítulo 23

## **Nevo de Ota, 371**

**Priscila Oliveira Naback**

**Vinicius Secchim de Britto**

Capítulo 24

## **Granuloma Piogênico e Sarcoma de Kaposi, 379**

**Adriana Borba Guimarães**

## **Índice Remissivo, 391**

# Noções Básicas de *Lasers* e Outras Tecnologias

Natalia Cymrot

Léo Cymrot Cymbalista

A luz é radiação eletromagnética, a qual é composta de fótons, que são pequenos “pacotes” de energia, sem massa de repouso. Fototerapia é o uso terapêutico da luz, seja natural (luz do Sol) ou artificial (*lasers* ou lâmpadas). A luz pode possuir diferentes frequências e comprimentos de onda conforme **Figura 1.1**. O comprimento de onda corresponde à distância entre duas cristas ou duas depressões na amplitude do campo elétrico ou magnético. A frequência ( $f$ ) é o número de vezes que a onda eletromagnética oscila, ou vibra, por unidade de tempo, e é geralmente medida em hertz (1/s). *Quanto maior o comprimento da onda, menor é a sua energia e menor é sua frequência.*

## O QUE É LASER?

---

A sigla LASER se refere a *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, que significa: amplificação da luz por emissão estimulada de radiação (**Figura 1.2**). Para uma luz ser um *laser*, ela precisa ser (**Figuras 1.3 e 1.4**):

- *Coerente*: os fótons estão em fase, ou seja, cristas e depressões coincidem ao longo da secção transversal do feixe.

- *Monocromática*: um só comprimento de onda, e, portanto, somente uma cor.
- *Colimada*: os fótons viajam quase completamente paralelos.

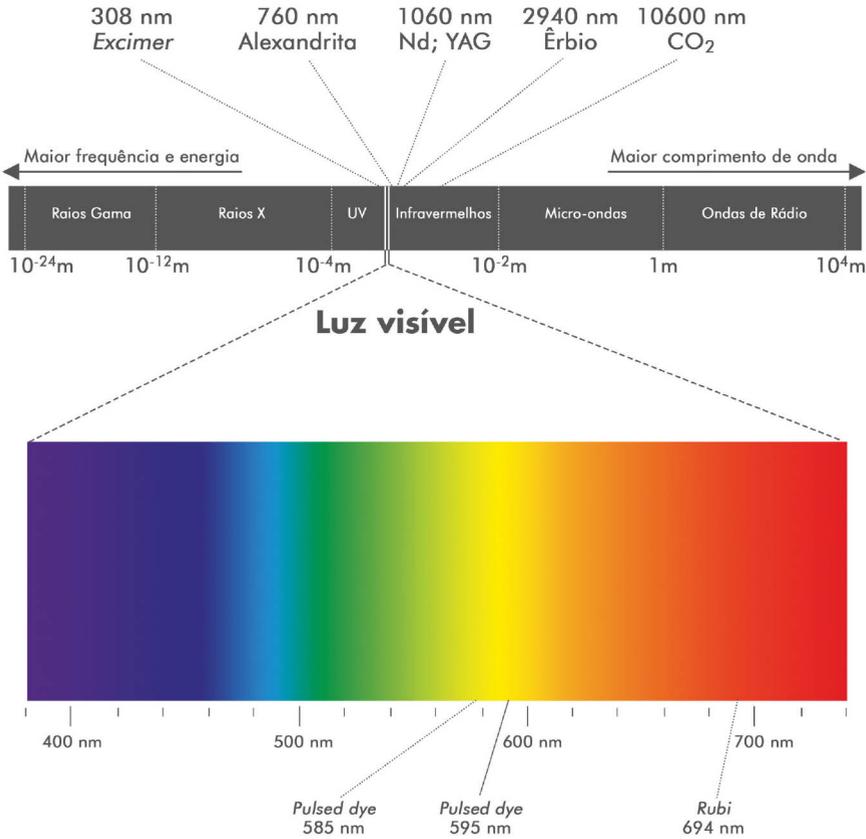


Figura 1.1. Espectro eletromagnético.

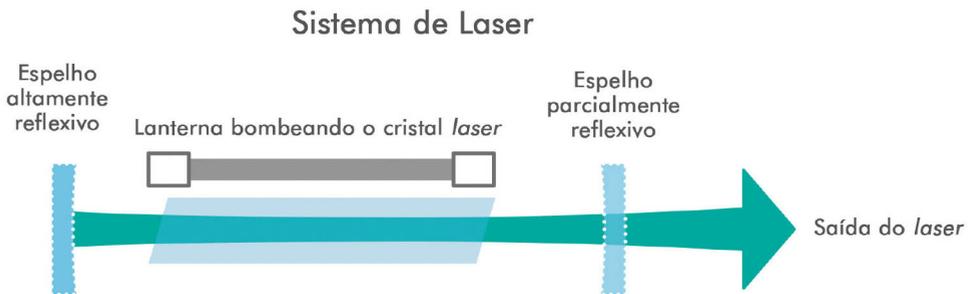
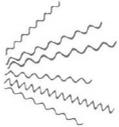
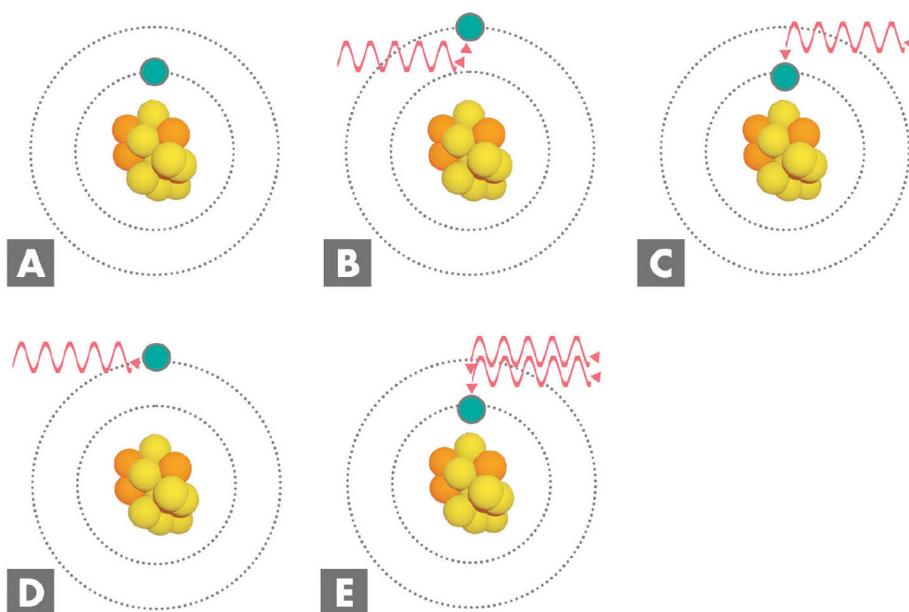


Figura 1.2. Estrutura interna de um laser.

Luz <i>laser</i>	Luz não <i>laser</i> (p. ex. lanterna)
<b>Monocromática</b> 	<b>Policromática</b> 
<b>Coerente</b> 	<b>Incoerente</b> 
<b>Colimada</b> 	<b>Divergente</b> 

**Figura 1.3.** Características da luz de *laser*.



**Figura 1.4.** Emissão espontânea e estimulada. A. Um estado de repouso do átomo, com o elétron em uma posição orbital de baixa energia. B. A absorção de um fóton eleva o elétron a um estado excitado. C. O elétron excitado instável volta ao estado de repouso de energia mais baixa e libera o fóton. D. Se um elétron excitado absorve outro fóton de energia, ele libera dois fótons com a mesma energia, direção e comprimento de onda ao retornar ao seu estado de repouso (E).

## CLASSIFICAÇÃO QUANTO À POTÊNCIA

Os *lasers* podem ser divididos em: baixa potência (< 1 Watt) e alta potência (> 1 Watt). Os *lasers* de baixa potência, não provocam dor e agem por meio da fotobiomodulação, promovendo bioestimulação e, conseqüentemente, efeito anti-inflamatório e cicatrizante, ou bioinibição, com efeito analgésico e inibidor de cicatrização hipertrófica. Abordaremos o uso prático dos *lasers* de baixa potência LBI no Capítulo 5 – Cicatrizes.

*Lasers* de baixa potência também são usados na terapia fotodinâmica, com ácido aminolevulínico ou monoaminolevulínico, para tratamento de queratoses e queilites actínicas, carcinomas basocelulares, doença de Bowen, onicomiose, acne ativa, alopecias, entre outras doenças dermatológicas. Exemplos de *lasers* de alta potência são mostrados na **Tabela 1.1**.

**Tabela 1.1.** Tipos de *lasers*

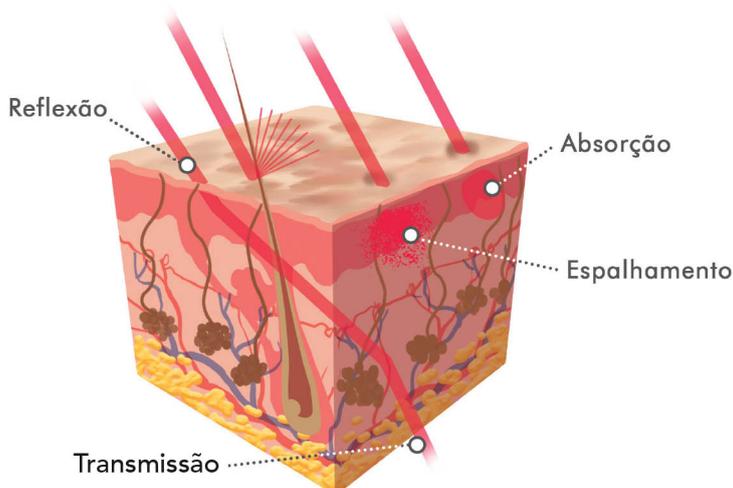
Tipo de <i>laser</i>	Meio do <i>laser</i>
Líquido	<i>Dye</i>
Gás	CO <sub>2</sub>
	Argônio
	Excimer
Sólido	Rubi
	Alexandrita
	Er:YAG
	Nd:YAG
	Díodo

## INTERAÇÃO DOS LASERS COM OS TECIDOS

Quando os feixes de luz chegam na pele, ocorrem reflexão, absorção, espalhamento e transmissão, como vemos na **Figura 1.5**. A luz que não é absorvida, não provoca efeitos biológicos.

Os *lasers* interagem com os tecidos por meio de diferentes mecanismos, como:

- **Efeito fototérmico:** transformação de energia eletromagnética em térmica (ruby, diodo, erbium, CO<sub>2</sub>). A energia térmica pode coagular os tecidos quando atinge 60°C a 100°C, carbonizar, quando atinge 100°C a 400°C, vaporizar quando > 400°C e cortar a 1.500°C.



**Figura 1.5.** Diferentes interações do *laser* na pele. Cortesia Fotona.

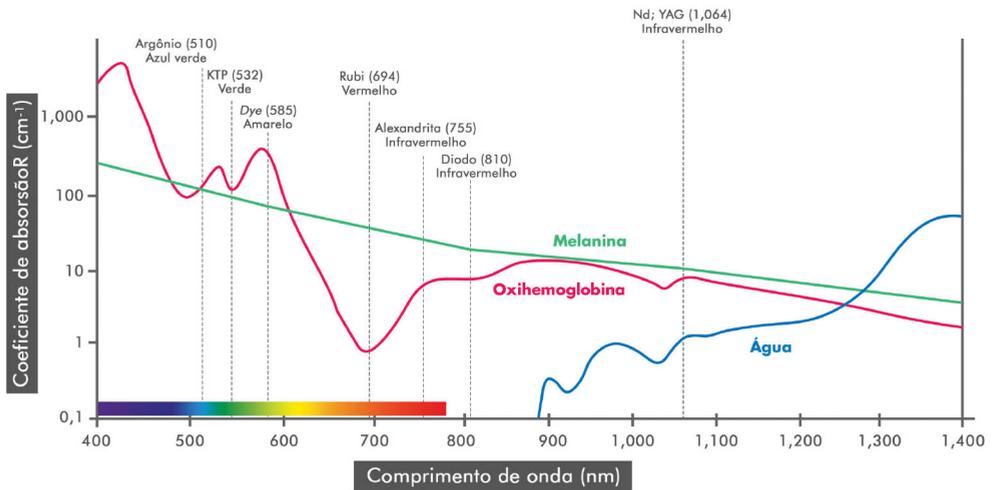
- *Efeito fotomecânico*: pulsos curtos de alta energia geram plasma, o que rompe o tecido – *Q-switched* (ns)/picossegundos.
- *Fotoplasmólise*: gera plasma que, por meio de um campo elétrico, rompe o tecido.
- *Efeito fotoionizante*: quebra do DNA, cortes superficiais sem necrose (excimer).

O mecanismo de ação dos *lasers* nos tecidos é o da *fototermólise seletiva*, onde a luz atinge seletivamente um alvo desejado, com maior afinidade pelo comprimento de onda utilizado que os tecidos adjacentes, que são preservados. A luz então é convertida em calor, cuja intensidade depende de fluências suficientes e duração de pulso adequada para atingir uma temperatura que danifique o alvo, e do coeficiente de absorção desse alvo.

## PARÂMETROS QUE PRECISAMOS CONHECER NO MANUSEIO DOS LASERS

### Cromóforo alvo

Cromóforo é um grupo de átomos que confere cor a uma substância e absorve um comprimento de onda específico de luz. Os principais cromóforos da pele estão representados no **Gráfico 1.1**, com suas curvas de absorção da luz.



**Gráfico 1.1.** Curvas de absorção dos principais cromóforos da pele.

Em alguns casos, a mesma tecnologia pode atingir mais de um cromóforo, como a luz intensa pulsada, por exemplo. E quando queremos atingir apenas um cromóforo e não o outro? Por exemplo, quando queremos tratar lesões pigmentares sem atingir vasos, uma manobra interessante é a vitropressão dos vasos, que ao serem comprimidos, passam a ter menos oxihemoglobina em seu interior e, portanto, menos avidéz pela luz.

A **Tabela 1.2** mostra os diferentes *lasers* com seus comprimentos de onda, cores e picos de absorção dos principais cromóforos da pele.

## Pulsos

A radiação pode ser entregue de forma contínua, pulsada ou ultrapulsada.

Os pulsos podem ter duração de segundos, microssegundos, milissegundos, nanossegundos, picossegundos e até femtossegundos.

## Tempo de relaxamento térmico

O tempo de relaxamento térmico (TRT) é o tempo que um tecido leva para perder 50% do calor sem irradiá-lo às estruturas adjacentes. Depende de vários fatores, entre eles a forma e o diâmetro do tecido alvo.

Para que a absorção da luz seja delimitada pelo alvo, o tempo de exposição do alvo à luz (duração de pulso) precisa ser menor que o TRT do tecido alvo,

**Tabela 1.2** Diferentes *lasers* com seus comprimentos de onda, cores e picos de absorção dos principais cromóforos da pele

	Comprimento de onda (nm)	Lasers	Cor	Picos de absorção cromóforos da pele			
				Melanina	Oxihb	Água	Gordura (10)
Luz ultravioleta	UVB 290-320 nm	Excimer 308 nm		250-1.200			
	UVA 320-400 nm						
Luz visível	400-750	LED 417-450 nm	Azul		517		
		KTP 532 nm	Verde		532		
		PDL 585/595 nm	Amarelo		577		
		Ruby 694 nm	Vermelho				
		LIP 400-1.200	Vermelho				
		Alexandrite 755 nm					
Infravermelho curto	760-1.400	LED diodo 630/635 nm	Vermelho				
		Diodo 810 nm			1.064	> 1.100	1.200
		Diodo 950 nm					
		Nd Yag 1.064 nm					
		LIP					
Infravermelho médio	1.400-3.000	Nd Yag 1.320 nm					
		Diodo 1.405 nm					1.700
		Erbium glass 1.540/1.550 nm					
		Erbium Yag 2.940 nm					2.300
Infravermelho longo	> 3.000	<i>Laser</i> CO <sub>2</sub> 10.600 nm					

e longo o suficiente para atuar sobre ele. Então, o aquecimento é mais seletivo quando a energia é depositada mais rápido que a velocidade de resfriamento do alvo, promovendo a sua destruição específica.

### Tempo de relaxamento térmico é aproximadamente proporcional ao diâmetro do alvo (mm)

Idealmente, a duração de pulso utilizada deve estar entre o TRT da epiderme (que é muito fina e tem TRT curto) e o do tecido alvo, pois assim a energia fica confinada ao tecido alvo, poupando a epiderme. Os TRTs estimados dos principais cromóforos da pele estão demonstrados na **Tabela 1.3**.

**Tabela 1.3.** TRTs estimados dos principais cromóforos da pele

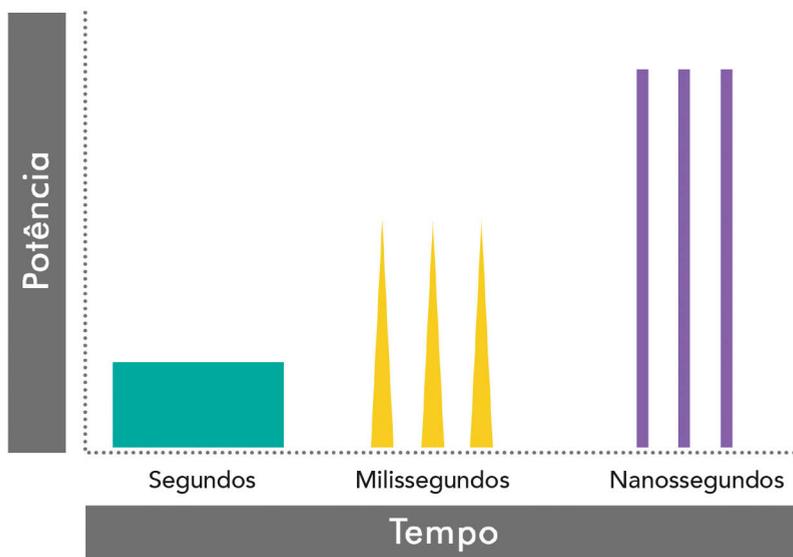
Estrutura	Tamanho	Tempo de relaxamento térmico (aprox.)
Partícula de tinta de tatuagem	0,5 a 4 (µm)	10 ns
Melanossomo	0,5 a 4 (µm)	1 µs
Eritrócito	7 (µm)	2 µs
Vaso sanguíneo	50 (µm)	1 ms
Vaso sanguíneo	100 (µm)	5 ms
Vaso sanguíneo	200 (µm)	20 ms
Folículo capilar	200 (µm)	10 a 100 ms
Epiderme	0,04 a 1,5 (mm)	2 a 10 ms

## Potência e duração de pulso

Potência média é representada em watts (W), conforme fórmula:

$$\frac{\text{Energia}}{\text{Duração do pulso do } \textit{laser}}$$

por isso, pulsos curtos têm alto pico de potência, enquanto pulsos longos têm menos pico de potência, conforme **Gráfico 1.2**.



**Gráfico 1.2.** Diferentes tempos de pulsos × potência. O tempo de duração do pulso pode ser longo, chamados *long pulse*, medidos em segundos e milissegundos, ou ultrarrápidos, medidos em nano ou picossegundos.

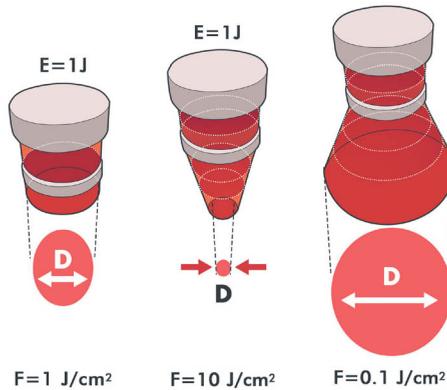
## Fluência

A fluência (joules/cm<sup>2</sup>) é a potência (J/s) entregue em determinado tempo, em uma área (cm<sup>2</sup>).

$$\text{Fluência J/cm}^2 = \frac{\text{Potência (J/s)} \cdot \text{Tempo de pulso (s)}}{\text{Área do feixe (A = } \pi \cdot r^2 \text{) (cm}^2\text{)}}$$

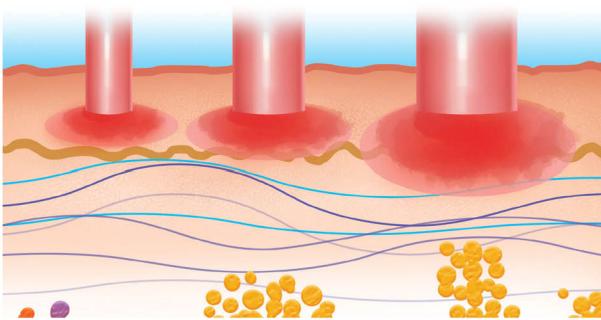
## Tamanho do foco

Quanto menor o tamanho do foco, maior será a fluência para determinada energia (**Figura 1.6**).



**Figura 1.6.** Relação entre diâmetro do foco e fluência. Cortesia Fotona.

Além disso, para um mesmo comprimento de onda, quanto maior o tamanho do foco, maior a profundidade de penetração na pele, e focos maiores aumentam a velocidade do tratamento, conforme vemos na **Figura 1.7**.



**Figura 1.7.** Relação entre diâmetro do foco e profundidade de penetração no tecido. Cortesia Fotona.

Ponteiras com áreas maiores ( $\text{cm}^2$ ) e aparelhos com maiores taxas de repetição (pulsos por segundos – Hertz) maior agilidade nos tratamentos.

## Distância entre a ponteira e a pele

O afastamento ou a aproximação da ponteira é capaz de alterar fluência da luz no tecido alvo. A distância entre a ponteira e a pele também influencia a profundidade de penetração da luz. Quanto maior essa distância, menor a penetração da luz. Esse conhecimento é de extrema importância no momento do tratamento, uma vez que o afastamento ou aproximação da ponteira, em relação à pele, pode alterar muito a fluência, a segurança do tratamento e o efeito. Isso ocorre pelo fato de a luz não ser perfeitamente colimada.

## Profundidade de penetração dos *lasers* na pele

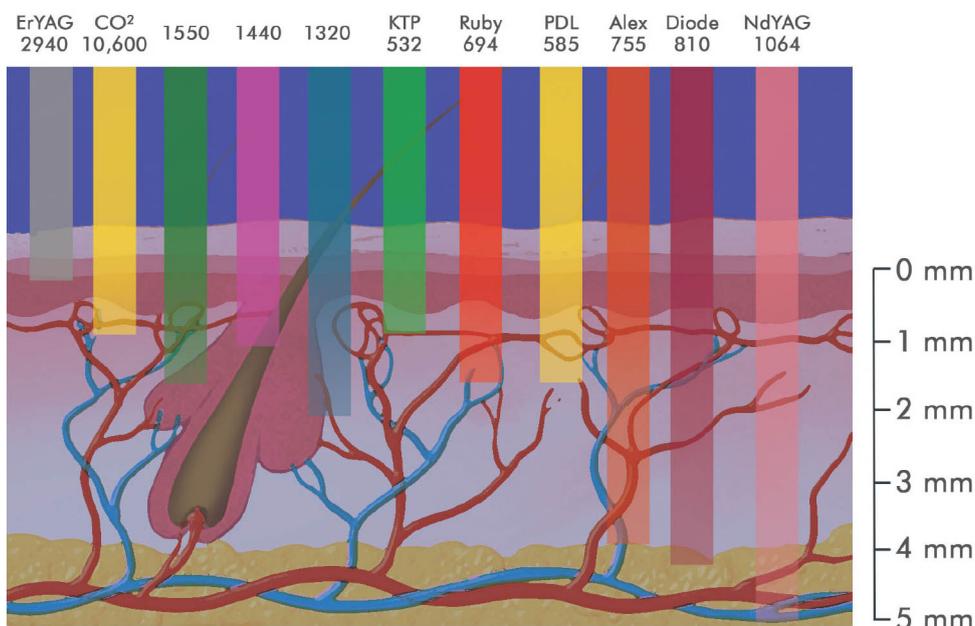
A profundidade de penetração da luz na pele depende de:

- Comprimento de onda da luz;
- Potência utilizada;
- Tamanho do foco;
- Quantidade e localização do cromóforo alvo em cada camada da pele.

A profundidade de penetração de diferentes *lasers* está representada na **Figura 1.8**.

Para um mesmo comprimento de onda, mais potência significa maior profundidade de penetração nos tecidos. Lesões mais superficiais requerem comprimentos de ondas mais curtos, enquanto as mais profundas, comprimentos de onda mais longos. Vasos mais profundos requerem comprimentos de ondas maiores que vasos mais superficiais, por exemplo. No entanto, sabemos que os *lasers* de erbium glass (2.940 nm) e  $\text{CO}_2$  (10.600 nm), apesar de terem comprimentos de onda maiores, penetram menos profundamente. Por que isso ocorre?

Porque o alvo de ambos é a água, que tem alta afinidade por esses comprimentos de onda e está em grande quantidade na epiderme e na derme, absorvendo os feixes de luz e não deixando estes chegarem as camadas mais profundas da pele.



**Figura 1.8.** Profundidade de penetração de diferentes *lasers* na pele.

## Parede de melanina

A epiderme funciona como uma “parede de melanina” que absorve a energia dos *lasers* cujo cromóforo alvo é a melanina, não penetrando mais profundamente quando ela está em grande quantidade na pele. Quanto mais escura a pele, maior a absorção da luz pela epiderme. Por isso, nos fototipos mais altos pode haver queimaduras, com discromias posteriores. De modo geral, fototipos mais altos requerem parâmetros mais suaves e maior proteção epidérmica, com utilização de comprimentos de onda maiores (comprimentos de onda < 800 nm atingem a melanina da epiderme) e resfriamento da epiderme. Comprimentos de onda mais longos são menos absorvidos pela melanina, protegendo indivíduos bronzeados ou de fototipos mais altos, dos efeitos colaterais. Deve-se evitar tratar indivíduos bronzeados, pelo maior risco de queimaduras e hiperpigmentação pós inflamatória.

## Resfriamento da pele

Pode ser feito por meio de pulsos múltiplos com intervalos entre eles (há resfriamento da pele entre os pulsos), do uso de gel gelado entre a ponteira e a

pele, *sprays* criógenos, aparelhos de ar resfriado e ponteiros resfriados, presentes em alguns dos aparelhos.

O resfriamento da epiderme permite o uso de potências mais altas, com maior eficácia do tratamento, menor incômodo e menor risco de sequelas ao paciente, especialmente os de fototipos mais altos. O resfriamento também alivia a dor de alguns tratamentos.

## Sobreposição de pulsos

A sobreposição de pulsos (estaqueamento) com intervalos entre eles, pode aumentar a segurança do tratamento, uma vez que, esses intervalos, permitem o resfriamento do tecido, evitando seu superaquecimento, quando se quer aplicar potências maiores.

## CUIDADOS NA APLICAÇÃO DE LASERS

- Não trabalhar próximo a gases inflamáveis.
- Retirar peças metálicas do paciente e espelhos da sala.
- Assepsia das ponteiros entre um paciente e outro.
- Aspiradores ou máscaras são indicados para *lasers* ablativos, para evitar aspiração de partículas de tecido liberadas no ar, já que potencialmente pode haver transmissão de vírus, como HPV e HIV.
- Proteção ocular com o uso de óculos específicos ou protetores extra ou intraoculares, pois muitas tecnologias podem causar danos oculares permanentes.

**Quadro 1.1.** Exemplo de especificação dos óculos de proteção: 315-532 IR L6.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprimentos de onda protegidos (em nanômetros)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modos de operação:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– D → modo contínuo (&gt; 0,25 s);</li> <li>– I → modo pulsado (1 μs a 0,25 s);</li> <li>– R-Q → modo alternado (1 ns a 1 μs)</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densidade ótica (L):               <ul style="list-style-type: none"> <li>– 0 ... 100% transmissão</li> <li>– 1 ... 10%</li> <li>– 2 ... 1%</li> <li>– 3 ... 0,1%</li> <li>– 4 ... 0,01%</li> <li>– 5 ... 0,001%</li> <li>– 6 ... 0,0001%</li> <li>– 7 ... 0,00001%</li> </ul> </li> </ul>	

***Laser além da estética*** mostra a experiência de mais de 30 anos no manejo de patologias e alterações da pele, onde a tecnologia desempenha um importante papel terapêutico.

São 24 capítulos abordando o uso correto dessas tecnologias e o seu emprego em afecções, como rosácea, acne, cicatrizes, feridas, queimaduras, tumores benignos e malignos da pele, alopecias, colagenoses, verrugas, psoríase, vitiligo, dermatite atópica, onicomicoses, entre outras. Há, em alguns capítulos, acesso a vídeos com aplicação prática das tecnologias.

A combinação de diferentes fontes de energia e *laser* proporciona uma medicina moderna, com opções de tratamentos mais eficientes.

Este livro, de leitura agradável, é destinado aos profissionais amantes do uso das tecnologias na pele, dermatologistas, cirurgiões plásticos, vasculares, oftalmologistas, endócrinos, fisioterapeutas, e todas as áreas da saúde em que a terapêutica com alta tecnologia e *laser* é usada.

*Dra. Silvia Karina Kaminsky Jedwab*

**Di**livros

ISBN 978-65-86143-83-6



9 786586 143836