

Onda, partícula e *laser*

O avanço da compreensão da natureza da luz através dos tempos

ANTIGUIDADE

500-300 a.C.

Pitágoras, Platão e outros sábios gregos não distinguiam visão e luz. Empédocles dizia que olhos emitiam tentáculos de fogo. Já para Leucipo a luz era feita de partículas emitidas pelos objetos

300-200 a.C.

Euclides e Ptolomeu descreveram os fenômenos da reflexão e da refração com auxílio da geometria assumindo que a luz viaja em linha reta

IDADE MÉDIA

Cerca de 1120

O filósofo árabe Ibn al-Haytham, conhecido no Ocidente como Alhazen, publica o *Livro de óptica*, obra em que combina técnicas experimentais e geometria e formula as leis da refração. Contesta Empédocles ao mostrar que a luz penetrava nos olhos. Fez experimentos com lentes, estudando também o fenômeno da dispersão da luz, que acreditava ser formada por partículas

1200-1300

Roger Bacon e outros estudam propriedades das lentes e seu uso para corrigir problemas de visão, como a miopia

Avanços na tecnologia do cotidiano dependerão cada vez mais do controle microscópico da luz | Igor Zolnerkevic

Em uma década, computadores, *tablets* e celulares sofrerão uma transformação invisível, movida a luz. Na aparência, não deverão ser muito diferentes. Mas seu funcionamento será mais rápido e consumirá menos energia elétrica graças a um novo conjunto de tecnologias para manipular a luz na escala microscópica. Novas tecnologias já estão permitindo a construção dos chamados *chips* nanofotônicos de silício. Assim como os *chips* de silício convencionais, os nanofotônicos são feitos de peças eletrônicas microscópicas. A diferença crucial é que, em vez de serem integrados por circuitos de fios metálicos, responsáveis por transmitir os sinais elétricos, os componentes do novo *chip* se comunicam por meio de sinais de luz, mais especificamente *laser*. A vantagem dos sinais luminosos sobre os elétricos é transportar mais informação mais rapidamente. Nos *chips* nanofotônicos, a troca de informações deve ocorrer quase sem a conversão de energia elétrica em calor.

Chips com elementos nanofotônicos já fazem parte dos programas de pesquisa de multinacionais da área de eletrônica e existem em protótipo. Quando estiverem prontos para serem comercializados, deverão beneficiar, no início, supercomputadores dos principais centros de dados do mundo. “Há ainda problemas de física básica e de engenharia para resolver”, afirma Gustavo Wiederhecker, físico da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) que estuda a interação da luz com materiais nanométricos. “Mas, em algum momento, o custo de produção vai baixar e a nanofotônica poderá entrar no cotidiano das pessoas.”

“Os avanços recentes da nanofotônica são impressionantes, mas nada disso é tão revolucionário quanto o *laser*”, explica Paulo Nussenzeig, físico da Universidade de São Paulo (USP) e especialista em óptica quântica. Nussenzeig colabora desde 2012 com a equipe da física Michal Lipson na Universidade Colúmbia, Estados Unidos, tentando explorar fenômenos quânticos da luz em *chips* nanofotônicos. No ano passado, o grupo publicou um artigo na revista *Nature Photonics* demonstrando como um efeito magnético quântico poderia ser usado para guiar a luz por um canal microscópico em um *chip* de silício. “O *laser* foi a mudança de paradigma que permitiu o desenvolvi-

Um futuro brilhante

EDUARDO CÉSAR

IDADE MODERNA

1690

Christiaan Huygens descreve matematicamente a luz como ondas se propagando em um meio material, explicando reflexão e refração

1704

Em *Opticks*, Isaac Newton descreve a luz como partícula e explica sua separação em cores ao atravessar um prisma por diferenças na massa e na velocidade das partículas

IDADE CONTEMPORÂNEA

1800

William Herschel descobre a luz infravermelha. No ano seguinte, Johann Ritter identifica a luz ultravioleta

1804

Thomas Young demonstra a interferência da luz ao fazê-la passar por duas fendas paralelas, fenômeno explicável se a luz for por ondas

1865

Ao sintetizar as leis da eletricidade e do magnetismo em quatro equações, James Clerk Maxwell conclui que campos elétricos e magnéticos podem oscilar no vácuo e se propagar como onda à velocidade da luz

mento de todas as tecnologias que o seguiram”, diz Nussenzveig, que em julho deste ano abordou os avanços recentes em sua área no *workshop* Light: Life & Science, realizado em São Carlos, interior de São Paulo, para celebrar o Ano Internacional da Luz, uma iniciativa da Organização das Nações Unidas para aumentar a consciência das pessoas sobre a importância da fotônica, a ciência e tecnologia do controle da luz, que permitiu a invenção do *laser* e das fibras ópticas que hoje conectam computadores mundo afora (ver a linha do tempo na pág. 16).

LUZ CONCENTRADA

A invenção do *laser* só foi possível graças ao fim do debate histórico sobre a verdadeira natureza física da luz, encerrado no início do século XX. Novos fenômenos envolvendo a matéria (átomos e elétrons) e a luz só foram completamente entendidos com o desenvolvimento da teoria da mecânica quântica. De acordo com essa teoria, um feixe de luz é feito de trilhões de fótons, entidades elementares cuja natureza é ambígua, podendo se comportar ora como ondas, ora como partículas.

Albert Einstein calculou em 1916 que, nas circunstâncias adequadas, a presença de um fóton na vizinhança de um átomo “excitado” – isto é, prestes a emitir ele mesmo um fóton – estimularia esse átomo a emitir um fóton idêntico. Nos anos 1950, vários pesquisadores tentaram usar esse efeito para criar o chamado *laser*, acrônimo em inglês para amplificação de luz por emissão estimulada de radiação. O engenheiro norte-americano Theodore Maiman foi o primeiro a produzir um equipamento capaz de emitir um *laser* com sucesso, em 1960.

O poder do *laser* está na sincronia de seus fótons. Diferentemente das fontes de luz natural e artificial, cujos átomos emitem fótons em tempos, frequências e direções diferentes, os átomos de um gerador de *laser* emitem fótons em sincronia, com a mesma frequência e a mesma direção. Um feixe de *laser* usado para soldar ou cortar chapas de metal, por exemplo, emite fótons com a mesma potência que uma lâmpada caseira de 100 Watts. A diferença é que o feixe *laser* permite concentrar toda essa potência em uma área muito pequena.

O *laser* também transformou a pesquisa básica e permitiu aos físicos explorarem a chamada



óptica não linear, especialidade de Cleber Mendonça, da USP de São Carlos. “Essa área trata de fenômenos ópticos que só aparecem quando a intensidade da luz é muito alta”, explica o físico.

Quando um feixe de *laser* muito intenso é focalizado sobre um ponto em um material, ocorre o seguinte na região próxima ao foco: as propriedades ópticas do material, tal como a sua capacidade de refletir ou refratar a luz, são transformadas pelo *laser* e, conseqüentemente, a luz do *laser* é transformada pelo material, alterando suas frequências de oscilação, por exemplo.

Mendonça e sua equipe na USP exploram esses efeitos não lineares para fabricar estruturas micro e nanométricas em vidros e polímeros orgânicos que os pesquisadores tentam tornar compatíveis com o silício. Já o grupo do físico Paulo Dainese, da Unicamp, investiga como os efeitos não lineares podem melhorar a manipulação da informação codificada em pulsos luminosos conduzidos por fibras ópticas.

Caminhos luminosos: Omar Florez Penaloza prepara experimento para medir o espalhamento da luz no Laboratório de Fibras Ópticas da Unicamp

1905

Einstein explica o efeito fotoelétrico assumindo que a luz é feita de partículas, mais tarde chamadas de fótons. No mesmo ano, apresenta sua teoria da relatividade restrita, que explica os experimentos mostrando que a luz se propaga no vácuo a velocidade constante

1916

Einstein descobre que um átomo, ao interagir com a luz, pode ser estimulado a emitir mais luz. Quando se encontra na presença de um fóton, um átomo que ganhou energia (excitado) emite outro fóton com a mesma direção e energia que o primeiro. É o princípio do *laser*

1960

Theodore Maiman cria o primeiro *laser* de luz visível, baseado nos cálculos de Einstein de 1916 e na invenção do *maser* (*laser* de microondas), produzido por vários pesquisadores em 1954



As fibras ópticas são canais flexíveis feitos de um vidro muito uniforme e transparente, capazes de conduzir os sinais luminosos por longas distâncias quase sem perder energia. Hoje, mais de 1 bilhão de quilômetros de fibras ópticas conectam os computadores do mundo, algo que seria impossível de fazer com cabos de transmissão de sinais elétricos, que se propagam pela oscilação de elétrons em um fio de metal. Esse chacoalhar dos elétrons provoca a perda de muita energia, em geral convertida em calor – já os fótons, se comparados aos elétrons, praticamente não perdem energia nesse processo.

Dainese explica que uma única fibra óptica pode transmitir múltiplas mensagens simultaneamente codificadas em sinais de luz, graças a componentes ópticos chamados multiplexadores, que combinam feixes de luz com frequências diferentes – cada frequência de luz transmite uma mensagem. “Às vezes, em telecomunicações, é preciso passar uma mensagem transmitida por um canal de frequência para outro”, conta Dainese. “Hoje isso é feito convertendo o sinal codificado em certa frequência de luz em um sinal elétrico e depois retransmitindo-o em outra frequência de luz, mas estamos estudando maneiras de usar efeitos não lineares para eliminar essa etapa elétrica, que é lenta e cara.”

Da mesma forma que se reduziu drasticamente o custo da transmissão da informação a longas distâncias usando fibras ópticas no lugar de cabos elétricos, chegou a hora de fazer o mesmo nos *chips* de computador. “No passado recente, os *microchips* eram muito compactos e tinham apenas um único núcleo de processamento com centenas de micrômetros de extensão”, explica Wiederhecker. “Isso mudou nos últimos 15 anos com o surgimento de processadores com vários núcleos, que trabalham em paralelo.” Nesses processadores, uma tarefa computacional é dividida em partes que são executadas simultaneamente pelos diferentes núcleos.

Para manter a sincronia entre os processadores trabalhando em paralelo, os núcleos precisam se comunicar. Hoje isso é feito por sinais elétricos transmitidos por fios metálicos. “A comunicação por sinais de luz resolveria o problema da velocidade e da dissipação de calor”, diz Wiederhecker.

“Mas, para isso, precisamos recriar multiplexadores, roteadores, filtros e outros componentes das redes de fibras ópticas na escala de algumas centenas de nanômetros.”

No momento, Wiederhecker e seus colegas trabalham na criação de nano-osciladores mecânicos movidos e sincronizados pela luz. “Dentro dos computadores há um cristal de quartzo que oscila acoplado a um circuito elétrico”, esclarece. “O oscilador funciona como um metrônomo, sincronizando as operações dos componentes do computador, como o processador, a memória e a placa de vídeo. Queremos construir uma estrutura nanométrica que vibre ao receber um sinal luminoso.”

CADA VEZ MENOR

Wiederhecker e outros pesquisadores estimam que essa integração microscópica da eletrônica com o *laser* permitirá a miniaturização de equipamentos que usam a luz para exames médicos e análises químicas. Atualmente, a maioria desses aparelhos é utilizada em laboratórios, mas o uso de *chips* fotônicos combinados a outras tecnologias pode permitir o desenvolvimento de equipamentos mais baratos e portáteis, que possam ser transportados para qualquer lugar.

“Alguns obstáculos ainda impedem que essa tecnologia se torne realidade, mas eles vêm sendo contornados rapidamente”, avalia Wilson R. Almeida, pesquisador que estuda aplicações da fotônica em sensoriamento biológico e aeroespacial no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e no Instituto de Estudos Avançados (IEAv), ambos vinculados ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial, ligado ao Comando da Aeronáutica. Almeida participou de uma equipe internacional que desenvolveu um dispositivo composto de estruturas nanométricas em um *chip* de silício, capaz de transmitir luz em apenas uma direção. O trabalho foi capa da revista *Nature Materials*, em 2013.

Um desses obstáculos, Almeida explica, é o uso do silício como base dos *chips* eletrônicos e fotônicos comerciais. Apesar de transmitir bem a luz, o silício não gera nem detecta luz de modo eficiente. “Já se demonstrou que existem soluções como o uso de materiais híbridos, que estão sen-

Cerca de 1960

A invenção do *laser* permite estudar interações não lineares em que a matéria altera as características da luz e a luz altera as propriedades ópticas da matéria

1962

Nick Holonyak e outros criam os diodos emissores de luz (LEDs) vermelha e verde. Em 1993, Shuji Nakamura cria o LED azul, permitindo a criação de LEDs de qualquer cor

1966

Charles Kao e George Hockman descobrem que impurezas reduzem a capacidade de fibras ópticas transmitirem luz por longas distâncias, problema resolvido nos anos 1980

Cerca de 1980

Físicos geram os primeiros pulsos de *laser* altamente controlados e de duração ultracurta, usados em navegação, astronomia, telecomunicações e espectroscopia

2010

IBM apresenta protótipo de *chip* integrado de silício com componentes nanofotônicos, que deverá ser utilizado no futuro

do aperfeiçoados e devem se tornar disponíveis comercialmente em até três anos”, ele prevê.

Um dos nanomateriais mais promissores a serem integrados aos *chips* nanofotônicos de silício são os chamados pontos quânticos, especialidade do físico Lázaro Padilha, da Unicamp. Pontos quânticos são pequenos grãos, com menos de 10 nanômetros de diâmetro, feitos de diversos materiais semicondutores. Ajustando o tamanho e as propriedades do material de que são feitos, os pontos quânticos podem transformar eletricidade em luz e funcionar como potentes lâmpadas de LED microscópicas – monitores de telas planas de altíssima resolução feitos de pontos quânticos foram lançados recentemente pela indústria eletrônica. Padilha participou de um estudo publicado em 2013 na *Nature Communications* no qual os pesquisadores mostram como aumentar de 0,2% para aproximadamente 8% a eficiência com que os pontos quânticos convertem eletricidade em luz.

Fazendo outros ajustes, os pontos quânticos também podem realizar a operação inversa: transformar luz em eletricidade, funcionando como minúsculos painéis solares. “Costumo dizer aos meus estudantes que a célula solar e o LED são o mesmo animal, mas de ponta-cabeça”, diz Padilha. “Daqui a 20 ou 30 anos”, ele prevê, “o telhado e as janelas das casas, o capô dos carros, tudo será coberto por uma camada de materiais que funcionarão como painéis solares microscópicos de alta eficiência, convertendo a luz do sol em energia elétrica”. ■

Projetos

1. Aplicações de pulsos de femtossegundos em óptica não linear: espectroscopia, formatação de pulsos e microfabricação (nº 2011/12399-0); **Modalidade** Projeto Temático; **Pesquisador responsável** Cleber Renato Mendonça (IFSC-USP); **Investimento** R\$ 1.181.820,00.
2. Óptica quântica e informação quântica em *chips* de silício (nº 2011/12140-6); **Modalidade** Bolsa no Exterior – Pesquisa; **Pesquisador responsável** Paulo Alberto Nussenzevig (IF-USP); **Investimento** R\$ 105.116,00.
3. Espectroscopia avançada em novos nanomateriais (nº 2013/16911-2); **Modalidade** Programa Jovens Pesquisadores em Centros Emergentes; **Pesquisador responsável** Lázaro Aurélio Padilha Junior; **Investimento** R\$ 2.658.400,00.
4. Nanofotônica em semicondutores do Grupo IV e III-V (nº 2012/17765-7); **Modalidade** Programa Jovens Pesquisadores em Centros Emergentes; **Pesquisador responsável** Gustavo Silva Wiederhecker (Unicamp); **Investimento** R\$ 1.113.640,00.
5. Processos de espalhamento de luz em microestruturas fotônicas (nº 2013/20180-3); **Modalidade** Programa Jovens Pesquisadores em Centros Emergentes; **Pesquisador responsável** Paulo Clóvis Dainese Júnior (Unicamp); **Investimento** R\$ 1.219.080,00.

Artigos científicos

- LAWRENCE, D. *et al.* Non-reciprocal phase shift induced by an effective magnetic flux for light. **Nature Photonics**. 3 ago. 2014.
- FENG, L. *et al.* Experimental demonstration of a unidirectional reflectionless parity-time metamaterial at optical frequencies. **Nature Materials**. 25 nov. 2012.
- BAE, W. K. *et al.* Controlling the influence of Auger recombination on the performance of quantum-dot light-emitting diodes. **Nature Communications**. 25 out. 2013.

Mil e uma utilidades

Inicialmente considerado uma solução à procura de um problema, *laser* ganha cada vez mais espaço na área da saúde

Ricardo Zorzetto

Bem-humorado, o físico norte-americano Arthur Schawlow ganhou o apelido de “Laser Man” nos anos 1960 por causa de suas demonstrações do invento que ajudara a criar. Em uma de suas preferidas, usava uma pistola a *laser* para estourar um balão de ar em forma de Mickey, colocado no interior de um balão transparente. No teste, um feixe de *laser* vermelho de meio milissegundo de duração atravessava a parede do primeiro balão sem danificá-la e concentrava a sua energia na parede escura do segundo, rompendo-a. Esse experimento simples, que Schawlow contou no livro *Lasers and their uses*, de 1983, ilustrava o princípio que havia gerado uma das primeiras aplicações do *laser*: seu uso na oftalmologia para evitar o descolamento da retina. Ao atravessar algumas camadas de tecido sem danificá-las e causar pequenas lesões na retina, estimulava a formação de cicatrizes nessa fina camada de células que absorve a luz no fundo do olho, evitando que se soltasse e levasse à perda da visão.

Desde que começou a ser empregado na oftalmologia, o *laser* e suas aplicações na saúde evoluíram muito. Físicos, engenheiros e técnicos aprimoraram o domínio sobre a produção dessa luz de cor muito pura, emitida de modo contínuo ou em pulsos de frações de segundo, sempre em



Sorriso iluminado: na odontologia, *laser* corta e molda dentes, além de reduzir infecções

feixes muito condensados, e desenvolveram uma ampla variedade de tipos de *laser*, agora usados em áreas tão distintas quanto a cardiologia, a dermatologia, a odontologia ou a fisioterapia.

Hoje cortam-se, desbastam-se e desintegram-se tecidos vivos num piscar de olhos com o *laser*. Mas, com ele, também é possível soldar vasos ou fornecer energia extra para as células, auxiliando-as a eliminar infecções e a se regenerarem. Em sintonia com os avanços no exterior, pesquisadores brasileiros vêm testando e aprimorando o uso de *lasers* e de LEDs – diodos emissores de luz, aparatos que, como o *laser*, permitem controlar a cor e a potência luminosa – para auxiliar o diagnóstico e o tratamento, em alguns casos ainda experimental, de diferentes problemas de saúde.

Um dos grupos mais ativos nessa área está na Universidade de São Paulo (USP) em São Carlos. Lá, a equipe do físico Vanderlei Bagnato e da dentista Cristina Kurachi trabalha há pouco mais de uma década no desenvolvimento de uma terapia à base de *laser* e de LED para identificar e tratar tumores de pele. Em parceria com médicos do Hospital Amaral Carvalho, centro de referência em oncologia localizado em Jaú, os pesquisadores ajudaram a produzir a versão nacional de um composto à base de ácido aminolevulínico e de aparelhos de LED ou de *laser* que podem ajudar

a definir as bordas do tumor e a eliminar as células doentes. Nessa estratégia de tratamento, conhecida como terapia fotodinâmica, a luz ativa o ácido aminolevulínico, absorvido pelas células tumorais, e desencadeia a produção de substâncias tóxicas que provocam a morte celular.

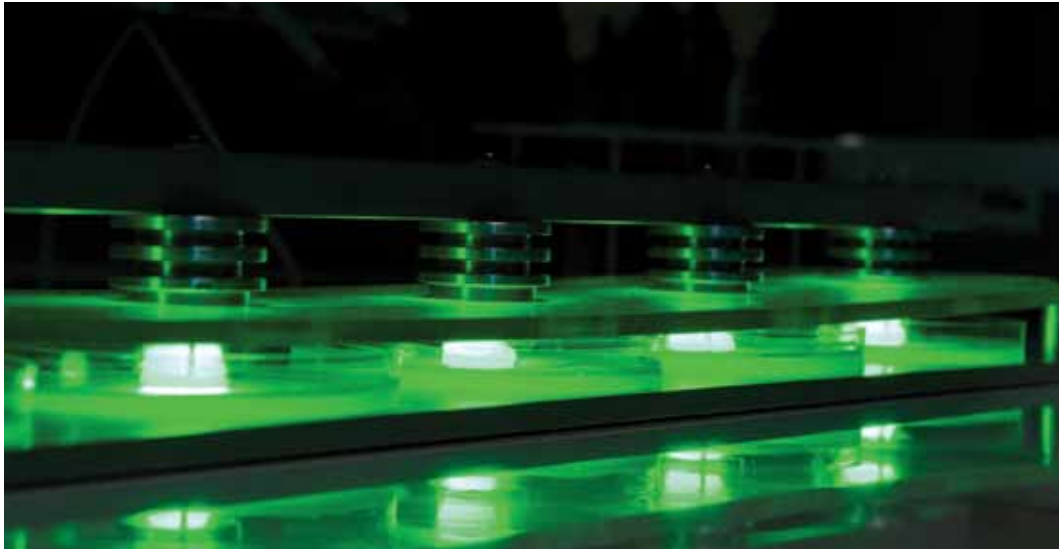
CONTRA O CÂNCER DE PELE

Nos últimos anos, Bagnato e seus colaboradores vêm testando a segurança e a eficácia da terapia fotodinâmica para combater o carcinoma basocelular, a forma mais comum e menos agressiva do câncer de pele – por ano, surgem quase 130 mil novos casos desse tumor no Brasil. O estudo mais extenso que fizeram incluiu 297 pessoas atendidas em 27 centros dermatológicos do país. Médicos treinados pela dermatologista Ana Gabriela Salvio aplicaram a terapia fotodinâmica em 366 carcinomas com até 2 centímetros de diâmetro e 2 milímetros de espessura. Essa estratégia eliminou a lesão tumoral em ao menos 70% dos casos, segundo artigo publicado em 2014 na *Photodiagnosis and Photodynamics Therapy*.

“A resposta melhora quando o diagnóstico da lesão é feito com o auxílio da luz ultravioleta”, afirma Cristina. Caso mais estudos comprovem a efetividade do tratamento, os pesquisadores pretendem tornar a terapia disponível no sistema público de saúde. “Ela pode se tornar uma ferramenta útil no Brasil, onde as pessoas podem levar até um ano para receber tratamento para um tumor de pele”, diz a pesquisadora, que tenta usar *laser* para detectar precocemente o melanoma, o câncer de pele mais agressivo e letal.

A atuação da equipe de São Carlos vai além da oncologia. Atualmente, os pesquisadores testam outros agentes fotossensibilizadores e cores específicas de luz para eliminar micoses de unha e acelerar a cicatrização de feridas difíceis de fechar, comuns em pessoas com diabetes. Com dentistas de São Paulo, do Paraná e da Bahia, Bagnato e Cristina tentam adequar a terapia fotodinâmica ao combate de bactérias e fungos que causam infecções na boca (ver Pesquisa FAPESP nº 181).

Em paralelo, o dentista Carlos de Paula Eduardo e sua equipe na Faculdade de Odontologia da USP em São Paulo usam o *laser* há 25 anos em estudos pioneiros no país para recuperar a saúde bucal. Eduardo criou o Laboratório Especial de Laser em Odontologia (Lelo) em 1990, ao retornar de um estágio na Universidade de Kyushu, no Japão. Desde então, cerca de 250 dissertações de mestrado e teses de doutorado desenvolvidas no Lelo analisaram diferentes aspectos do uso de *laser* de alta e de baixa potência em odontologia: de sua aplicação em cirurgia, para realizar cortes precisos em dentes e tecidos moles, ao seu emprego na prevenção de inflamações e infecções ou na recuperação dos tecidos.



À esquerda, teste com LEDs verdes para eliminar fungos

Abaixo, sessão de terapia fotodinâmica para tratar tumor de pele

Uma das contribuições importantes do grupo foi demonstrar que o *laser* de baixa potência ameniza a mucosite, inflamação do tecido que reveste a boca e atinge 40% das pessoas que fazem quimioterapia e 90% das que recebem transplante de medula óssea para restaurar o sistema imune após o tratamento da leucemia. Com equipes do exterior, Eduardo e o dentista Walter Niccoli Filho, da Universidade Estadual Paulista (Unesp) em São José dos Campos, testaram o efeito do *laser* em 70 pessoas submetidas ao transplante de medula. De 7 a 13 aplicações foram feitas entre o primeiro dia de preparo para o transplante e o terceiro dia após o procedimento. O *laser* vermelho foi mais eficaz que o infravermelho para reduzir a inflamação e ambos se saíram melhor do que o placebo, embora não eliminassem a mucosite, que torna difícil até comer.

Desde que começou a trabalhar com *laser* de baixa potência, Eduardo e sua equipe testaram diversas estratégias de aplicação até chegar a uma eficaz para prevenir o ressurgimento da herpes labial. Causada por um vírus que se aloja nos nervos e gânglios, essa infecção se manifesta na forma de feridas doloridas, acompanhadas de febre e dores musculares em períodos de estresse, quando a imunidade baixa. Com aplicações de *laser* vermelho nos lábios, o grupo do Lelo reduziu a frequência e a intensidade das infecções, segundo estudo que acompanhou os pacientes por três anos. “Demorou 15 anos até chegarmos a esse protocolo de tratamento, que agora pode ser adotado na prática clínica”, conta Eduardo.

MAIS FORÇA E MENOS CANSAÇO

A mesma luz que acelera a morte das células também pode protegê-las. O fisioterapeuta Nivaldo Parizotto, professor sênior da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), vem confirmando que algumas cores de *laser* e LED produzem um



efeito revigorante nos músculos. A aplicação sobre a pele de luzes vermelhas e infravermelhas reduziu a fadiga e melhorou o desempenho muscular, mostram estudos conduzidos por Parizotto e seu ex-aluno de doutorado Cleber Ferraresi, em parceria com pesquisadores da Universidade Harvard, nos Estados Unidos. Em testes com camundongos, o uso dessa luz dobrou a capacidade de realizar esforço físico. A redução da fadiga foi atribuída ao aumento da capacidade das células de produzir energia, que se elevou em 10 vezes.

Por um mecanismo ainda pouco compreendido, a aplicação de luz vermelha e infravermelha antes do exercício físico intenso protege as células musculares de danos mecânicos. Em um trabalho mais recente, Parizotto e Ferraresi usaram um dispositivo de LED e *laser*, desenhado pelo grupo de Bagnato e desenvolvido por uma empresa de São Carlos, para realizar sessões de fototerapia na equipe masculina de vôlei profissional de São Bernardo.

Os atletas receberam de 20 a 60 segundos (s) de irradiação sobre a coxa, a musculatura mais

O laser de baixa potência pode acelerar a cicatrização e promover a analgesia, diz Maria Cristina Chavantes

exigida nesse esporte, entre 40 e 60 minutos antes das partidas. O tratamento com luz, em especial nas doses intermediária (40 s) e máxima (60 s), reduziu os danos nas células musculares. No artigo da *Laser in Medical Science* de maio deste ano, em que descrevem os resultados, os pesquisadores supõem que a luz ajude a estabilizar a membrana das células musculares, evitando o rompimento. O mesmo grupo já havia mostrado antes que a luz infravermelha, associada ao exercício, produz efeitos sistêmicos: aumenta o desempenho muscular, melhora o funcionamento do sistema cardiovascular e acelera o emagrecimento (ver Pesquisa FAPESP nº 187). “O uso da luz parece auxiliar no controle da inflamação subclínica associada à obesidade e melhorar a capacidade de queimar gordura”, diz Parizotto.

A médica Maria Cristina Chavantes, especialista no uso clínico e cirúrgico do laser e atual presidente da Sociedade Brasileira de Laser em Medicina e Cirurgia, coordena há anos ensaios clínicos-piloto para avaliar o potencial terapêutico dessa ferramenta em situações diversas. Depois de receber treinamento no Japão, na Alemanha e nos Estados Unidos, ela começou a usar o laser de alta potência no fim dos anos 1980 para remover tumores que invadiam a traqueia e os brônquios e prejudicavam

a respiração de pessoas com câncer de pulmão – o procedimento não eliminava o câncer, mas facilitava a respiração. Também auxiliou a equipe de James Ausman a aplicar o laser em neurocirurgias no período que passou no Hospital Henry Ford. No início dos anos 1990, a convite do cirurgião cardíaco Adib Jatene (1929-2014), ela criou uma unidade de laser no Instituto do Coração (InCor) da USP, local onde em 1979 o cardiologista Radi Macruz havia iniciado um trabalho pioneiro no mundo: o uso de laser para remover depósitos de gordura (ateromas) da parede da artéria aorta.

No InCor, Maria Cristina ajudou os cirurgiões Luís Alberto Dallan e Sérgio Almeida de Oliveira a usar um laser de potência muito elevada para perfurar canais na parede do coração e restaurar parte de sua capacidade de bombear o sangue. O procedimento era realizado em pessoas com doença cardíaca grave, para as quais não havia alternativa de tratamento – de 40 operados, 34 tiveram redução dos sintomas um ano após a cirurgia. Por volta de 1996, Maria Cristina conheceu

os primeiros lasers de baixa potência e começou a usá-los em outras situações para as quais não havia tratamento satisfatório, como a cicatrização de cirurgias extensas, como as cardiovasculares ou as de reparação da coluna vertebral.

Mais recentemente Maria Cristina e sua equipe na Universidade Nove de Julho vêm testando a ação anti-inflamatória do laser de baixa potência para auxiliar na cicatrização de cirurgias de redução de estômago, para estimular o funcionamento da glândula tireoide e para tratar uma doença inflamatória crônica na região genital, o líquen escleroso. Ela também avalia a aplicação do laser em distintas áreas do corpo para ajudar a reduzir a pressão sanguínea de gestantes com hipertensão. Para a médica, algumas características do laser de baixa potência – ele é seguro, não invasivo e sua aplicação é indolor – lhe conferem potencial de uso clínico em muitas áreas da medicina. “Em especial para auxiliar na cicatrização e na analgesia”, diz Maria Cristina. Nada mal para uma ferramenta que, logo após criada, chegou a ser considerada sem utilidade ou, como dizia o físico Charles Townes, que com Schawlow propôs a base teórica dos emissores de laser, era uma solução à procura de um problema. ■

Projetos

1. Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica - Cepof (nº 2013/07276-1); **Modalidade** Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid); **Pesquisador responsável** Vanderlei Salvador Bagnato (IFSC-USP); **Investimento** R\$ 24.240.400,00 (para todo o projeto).
2. Uso das terapias laser e LED de baixa intensidade para aumentar o desempenho muscular: do *in vitro* e experimental ao uso clínico (nº 2010/07194-7); **Modalidade** Bolsa no Brasil – Doutorado; **Pesquisador responsável** Nivaldo Antonio Parizotto (UFSCar); **Beneficiário** Cleber Ferraresi; **Investimento** R\$ 111.006,00.
3. Estudo clínico do efeito da radiação laser (alta e/ou baixa potência) no tratamento de mucosite oral pós-radioterapia (nº 2005/57578-8); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Regular; **Pesquisador responsável** Carlos de Paula Eduardo (FO-USP); **Investimento** R\$ 26.161,90.
4. Avaliação da terapia fotodinâmica aplicada no tratamento de herpes labial: estudo *in vivo*, randomizado e cego (nº 2013/12317-9); **Modalidade** Bolsa no Brasil – Pós-doutorado; **Pesquisador responsável** Carlos de Paula Eduardo (FO-USP); **Beneficiária** Karen Muller Ramalho Eboli; **Investimento** R\$ 94.191,90.
5. Estudo *in vitro* do uso do laser de baixa potência na proliferação celular de tecido muscular cardíaco (processo de bioestimulação com arseneto de gálio (nº 2001/11865-5); **Modalidade** Bolsa no Brasil – Mestrado; **Pesquisadora responsável** Maria Cristina Chavantes (Universidade do Vale do Paraíba); **Beneficiária** Ritchelli Ricci; **Investimento** R\$ 26.400,00.

Artigos científicos

RAMIREZ, D. P. *et al.* Experience and BCC subtypes as determinants of MAL-PDT response: preliminary results of a national Brazilian project. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**. v. 11. p. 22-6. 2014.

SCHUBERT, M. M. *et al.* A phase III randomized double-blind placebo-controlled clinical trial to determine the efficacy of low level laser therapy for the prevention of oral mucositis in patients undergoing hematopoietic cell transplantation. **Supportive Care in Medicine**. 2007.

FERRARESI, C. *et al.* Light-emitting diode therapy in exercise-trained mice increases muscle performance, cytochrome c oxidase activity, ATP and cell proliferation. **Journal of Biophotonics**. 2015.

FERRARESI, C. *et al.* Light-emitting diode therapy (LEDT) before matches prevents increase in creatine kinase with a light dose response in volleyball players. **Lasers in Medical Science**. 2015.