



Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas,
Agrárias e da Saúde

ISSN: 1415-6938

editora@uniderp.br

Universidade Anhanguera
Brasil

Vieira Dourado, Kerson Bruno; Carnevali Junior, Luiz Carlos; Francisco de Paulo, Rafael Júlio;
Cavallieri Gomes, Alexandre
LEDTERAPIA. Uma nova perspectiva terapêutica ao tratamento de doenças da pele, cicatrização de
feridas e reparação tecidual
Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, vol. 15, núm. 6, 2011, pp. 231-248
Universidade Anhanguera
Campo Grande, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26024221017>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Kerson Bruno Vieira Dourado

Centro Universitário Ítalo Brasileiro
UniTALO

kersondourado@bol.com.br

Luiz Carlos Carnevali Junior

Faculdade Anhanguera de
Taboão da Serra

luiz.carnevali@aedu.com

Rafael Júlio Francisco de Paulo

Centro Universitário Ítalo Brasileiro
UniTALO

rafaelfpaulo@gmail.com

Alexandre Cavallieri Gomes

Universidade Metodista de São Paulo
UMESP

alexandreacavallieri@superig.com.br

Anhanguera Educacional Ltda.

Correspondência/Contato
Alameda Maria Tereza, 4266
Valinhos, São Paulo
CEP 13.278-181
rc.ipade@aesapar.com

Coordenação
Instituto de Pesquisas Aplicadas e
Desenvolvimento Educacional - IPADE

Revisão de Literatura
Recebido em: 24/08/2011
Avaliado em: 13/10/2011

Publicação: 5 de setembro de 2012

LEDTERAPIA

Uma nova perspectiva terapêutica ao tratamento de doenças da pele, cicatrização de feridas e reparação tecidual

RESUMO

A terapia luminosa é um procedimento usado por diferentes sociedades antigas, há séculos, objetivando o tratamento de diversas patologias de pele, cicatrização de feridas e reparação tecidual. Por esse motivo, o objetivo da presente revisão é investigar novas possibilidades sobre a aplicabilidade de tratamento por diodo emissor de luz (LED). O procedimento metodológico foi a revisão de literatura e as bases de dados acessadas foram Pubmed, Medline, Lilacs, SciELO, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e SIBI-USP. Conclui-se que a terapia luminosa por LED é uma excelente alternativa ao tratamento a laser de baixa intensidade, devido à eficiência similar no tratamento de diversas patologias da pele, cicatrização de feridas e reparação tecidual, sem causar dor ou efeitos colaterais ao paciente, somado ao menor custo de fabricação do produto.

Palavras-Chave: terapia luminosa; diodo emissor de luz; LED; ledterapia; fototerapia.

ABSTRACT

Light therapy is a procedure used by several ancient societies across the centuries, aiming the treatment of several skin diseases, wound healing and tissue repair. Therefore, the aim of the current review is to investigate new possibilities upon the light emitting diode (LED) therapy applicability. The methodological procedure was a literature review, where Pubmed, Medline, Lilacs, SciELO, Virtual Library in Health (BVS) and SIBI-USP database were accessed. In conclusion, LED light therapy is an excellent alternative in substitution to low-level laser therapy (LLLT), due to a similar efficiency in treatment of several skin diseases, wound healing and tissue repair, without causing pain or side effects to the patient, added a lower cost of production.

Keywords: light therapy; light-emitting diode; led; ledtherapy; phototherapy.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, milhões de pessoas no mundo inteiro, independente de faixa etária, gênero, etnia e condição socioeconômica, desenvolvem feridas crônicas, principalmente quando há doenças associadas como as infectocontagiosas e/ou crônico-degenerativas (FERRIS, 2007).

A cicatrização de feridas é um processo complexo que envolve respostas sistêmicas e locais, e seu sucesso depende da etiologia da lesão, tipo de tecido acometido, condição sistêmica do paciente, entre outras (PINHEIRO, 2009).

Há milênios, os benefícios da terapia luminosa são usados para o tratamento de diversas patologias da pele, sendo considerada uma das mais antigas modalidades terapêuticas (BAROLET, 2008). Todavia, há uma tendência, nos dias de hoje, em usar agentes terapêuticos que atuem positivamente na reparação de feridas, e uma das terapias recomendadas é o uso de fonte luminosa, como tem sido usado desde os tempos antigos. Sendo assim, a utilização de diferentes fontes luminosas e protocolos têm indicado a necessidade de avaliação da eficácia (PINHEIRO et al., 2005).

O custo atual de um equipamento a laser comparado com o diodo emissor de luz (LED) é maior, o que dificulta o acesso ao tratamento com laser, no caso de pessoas com baixa condição econômica. Sendo a coerência uma das características que diferencia o laser do LED, este último é considerado uma alternativa ao tratamento a laser de baixa intensidade (ENWEMEKA, 2006).

Com isso, o objetivo da pesquisa é investigar as possibilidades de aplicação da terapia por diodo emissor de luz (LED).

A metodologia empregada foi a revisão de literatura acerca do tema proposto, onde foram acessadas as bases de dados *Pubmed*, *Medline*, *Lilacs*, *SciELO*, *Biblioteca Virtual em Saúde (BVS)* e *SIBI-USP*. Os descritores usados para a coleta de dados foram: terapia luminosa, diodo emissor de luz, LED, ledterapia e fototerapia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os diodos emissores de luz (LEDs) são semicondutores complexos que convertem corrente elétrica em um espectro luminoso estreito não coerente. Em 1993, uma empresa japonesa começou a produzir luz branca a partir da combinação da luz azul, vermelha e verde, o que abriu um importante campo para essa tecnologia. A luz emitida vai do comprimento de onda do ultravioleta ao visível e ao infravermelho, que vai dos 247 aos

1300 nanômetros (nm). As cores mais usadas são: Azul (400-470nm), Verde (470-550nm), Vermelho (630-700nm), Infravermelho (700-1200nm). Uma diferença significativa entre lasers e LEDs é o modo como a energia luminosa é liberada. O pico de energia liberada no LED é mensurado em mili Watts, já o laser é em Watts, porém, apresentam o mesmo comprimento de onda. Os LEDs não liberam energia suficiente para causar danos aos tecidos humanos e não oferece o mesmo risco de acidentes aos olhos que o laser. A terapia luminosa por luz visível e infravermelha é julgada como sendo de risco insignificante pela Administração de Medicamentos e Alimentos (FDA) e tem sido aprovada para uso em humanos. Dentre outras vantagens sobre o laser inclui-se a possibilidade de combinar comprimentos de onda de vários tamanhos. O LED dispersa a luz por uma superfície maior comparada com o laser e pode ser usada onde grandes áreas são indicadas ao tratamento, resultando em redução no tempo de tratamento. Segundo os parâmetros utilizados, os efeitos biológicos dependem de: comprimento de onda, dose (fluência), intensidade (densidade de potência), tempo de irradiação, modo contínuo ou pulsado da onda, e padrões de pulso, por exemplo. Clinicamente, fatores como frequência, intervalo entre os tratamentos e número total de tratamentos são considerados. Quanto à segurança, o LED é seguro, não é térmico, nem tóxico e invasivo, e não há relato na literatura de efeitos colaterais. Porém, a atenção deve ser enfatizada em pacientes com epilepsia ou com fotofobia quando se utiliza LEDs de modo pulsado. (BAROLET, 2008).

O autor supracitado conclui que mais seguro que a luz solar, a terapia luminosa de baixa energia propicia ao paciente tratamento sem dor ou efeitos colaterais. O futuro parece induzir à terapia por LEDs com métodos inovadores como a fotoprofilaxia, fotopreparação, e uso da fotoregulação.

A terapia luminosa é uma das mais antigas modalidades terapêuticas usadas no tratamento de várias condições de saúde. Os benefícios da luz solar para o tratamento de doenças da pele tem sido exploradas por milênios pelos povos do Egito, Índia e China. Muitos anos após o descobrimento dos benefícios terapêuticos da luz, outro segmento do espectro magnético de comprimento de onda visível e infravermelho foi usado. Na década de 60, Endre Mester, um médico húngaro, começou uma série de experimentos de potenciais carcinogênicos do laser (rubí, 694 nm) em ratos. Para sua surpresa, o laser não causou câncer, mas aumentou o crescimento dos pelos que foram cortados devido ao objetivo do experimento. Sendo essa, a primeira demonstração de fotobioestimulação com terapia a laser de baixa intensidade. Com isso, essa observação o estimulou a desenvolver outros estudos que fornecessem suporte para a eficácia da aplicação de luz vermelha na cicatrização de feridas. Desde então, tratamentos utilizando fontes de luz coerente (laser) e não-coerente (LEDs) têm se ampliado (BAROLET, 2008).

A Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica (NASA) desenvolveu LEDs para experimentos com crescimento de plantas no espaço, mas observaram que esses diodos emitindo radiação luminosa foram promissores em tecidos corporais para promover a cicatrização de feridas e crescimento tecidual. O uso de LED desenvolvido pela NASA, para terapia isolada ou em conjunto, acelera grandemente o processo de cicatrização de feridas, reduzindo o risco de infecção, diminuindo custo com tratamento, entre outras vantagens. Sendo o LED uma alternativa ao laser, este obteve aprovação da Administração de Medicamentos e alimentos (FDA) por não oferecer riscos ao paciente. Pesquisas com LED, *in vitro*, produziram aumento no crescimento celular de cento e quarenta a duzentos por cento em fibroblastos de ratos, osteoblastos e células musculares esqueléticas, e no aumento de cento e cinquenta e cinco a cento e setenta e um por cento em células epiteliais humanas. Outras pesquisas mostraram diminuição no tamanho da ferida de até trinta e seis por cento no tratamento em conjunto com oxigênio hiperbárico em modelo animal com isquemia; produziu melhora maior que quarenta por cento em lesão muscular por treinamento físico; diminuiu o tempo de cicatrização de ferida em tripulantes de um submarino; redução de quarenta e sete por cento da dor em criança que sofria de mucosite oral (WHELAN et al., 2001).

Al-Watban e Andres (2003) realizaram uma pesquisa cujo objetivo era determinar os efeitos dos diodos emissores de luz policromáticos no processo de cicatrização de queimaduras de ratos diabéticos e não diabéticos. O cluster usado era de vinte e cinco diodos emissores de luz policromáticos apresentavam comprimentos de onda de 510-543, 594-599, 626-639, 640-670 e 842-879 nm com dosagem de 272 mW. Trinta ratos foram divididos em cinco grupos: controle, 5, 10, 20 e 30 J/cm². Após a realização da queimadura, o tratamento com radiação ocorria três vezes por semana, por três semanas consecutivas. Os autores demonstraram que os efeitos do tratamento com LEDs policromáticos em ratos não diabéticos foram insignificantes, mas no grupo de ratos diabéticos o tratamento foi proveitoso.

A fotobiomodulação pela luz vermelha ao infravermelho usando laser de baixa intensidade ou diodo emissor de luz tem se mostrado como acelerador no processo de cicatrização de ferida, melhorando a recuperação de lesão isquêmica cardíaca, e atenuando a degeneração de lesão do nervo óptico. Evidências indicam que os efeitos terapêuticos da luz vermelha e infravermelha resultam, em parte, de mecanismos de sinalização intracelular causados pela interação da luz infravermelha com o citocromo C oxidase da molécula do fotorreceptor mitocondrial, com isso, propiciando relação entre as ações da luz vermelha e infravermelha no metabolismo oxidativo mitocondrial *in vitro* e *in vivo*. (EELLS, 2004). O autor propõe que a fotobioestimulação por radiação vermelha e

infravermelha representa um método terapêutico inovador e não-invasivo para o tratamento de lesões teciduais e processos de disfunção mitocondrial como retinopatia diabética, degeneração macular relacionada à idade, neuropatia óptica hereditária de Leber e doença de Parkinson.

Taly et al. (2004) avaliaram a eficácia da terapia luminosa com múltiplos comprimentos de onda no tratamento de úlceras de pressão em pacientes com neuropatia. Fizeram parte da pesquisa trinta e cinco indivíduos divididos em grupo experimental (trinta e cinco úlceras) e grupo controle (vinte e nove úlceras). O grupo experimental recebeu quatorze sessões com aparelho que continha laser no centro, com comprimento de onda de 820 nm (arseneto de gálio e alumínio), e quarenta e cinco diodos superluminosos ao redor do laser, com diferentes comprimentos de onda. A energia usada foi de 4,5 J/cm². No grupo controle era simulado o tratamento, mas não havia exposição à radiação eletromagnética. Quanto aos resultados, não encontraram diferenças significantes na cicatrização entre os grupos, porém, ocorreu cicatrização completa em dezoito úlceras no grupo experimental, com tempo médio de $2,45 \pm 2,06$ semanas, e quatorze no controle, com tempo médio de $1,78 \pm 2,13$ semanas. Concluem que a terapia luminosa com diferentes comprimentos de onda com laser não influenciou totalmente a cicatrização de úlceras de pressão. Evidências limitadas sugerem melhora na cicatrização do estágio 3 e 4.

Os autores Glickman et al. (2005), usaram menor comprimento de onda (azul) para verificar a efetividade no tratamento de desordem afetiva sazonal. Quatro pacientes foram randomizados em dois grupos: LED azul (468 nm; 607mW/cm²) e LED vermelho (654 nm; 34 mW/cm²). O tratamento era matinal e durava quarenta e cinco minutos diariamente, por um período de três semanas. Uma escala de depressão era usada semanalmente para avaliação dos pacientes. Os resultados mostraram que o tratamento com LED azul diminuíram significativamente os escores em relação ao LED vermelho, portanto, sendo efetivo no tratamento de desordem afetiva sazonal.

Vinck et al. (2005) investigaram a eficácia do LED verde na proliferação de fibroblastos e na viabilidade de circunstâncias hiperglicêmicas. Um meio de cultura com fibroblastos embrionários de ave era suplementado com 30g/L de glicose. Foram aplicadas radiação (570 nm, 10 mW) durante três dias consecutivos. Cada tratamento durava três minutos resultando em exposição de 0,1 J/cm². Os autores concluem que a irradiação com LED verde em fibroblastos, em condições hiperglicêmicas, aumenta a proliferação celular.

Pinheiro et al. (2005) avaliaram as diferenças no processo de cicatrização de feridas cutâneas em trinta ratos Wistar nutridos e desnutridos, utilizando luz polarizada (400-2000 nm, 20 ou 40 J/cm²). Os autores relatam que o estado nutricional influenciou no processo de cicatrização tão bem quanto à qualidade do tecido cicatrizado e que o uso de luz polarizada resultou em efeito biomodulatório positivo.

Desmet et al. (2006) fizeram um artigo de revisão, com pesquisas atuais sobre o uso de luz vermelha e infravermelha no tratamento de vários modelos *in vitro* e *in vivo*. A terapia luminosa de baixa intensidade usa luz vermelha e infravermelha em uma faixa de espectro de 630-1000 nm, modulando numerosas funções celulares, pode propiciar aceleração no processo cicatricial de feridas, melhoria na recuperação de lesões isquêmicas cardíacas e atenuação na degeneração de nervos ópticos lesionados pela melhoria na produção e metabolismo energético mitocondrial. Para esta revisão, a escolha da faixa de espectro é ampla e isto não representa efetividade dos tratamentos, em todo o espectro escolhido, realizados na literatura.

Para Enwemeka (2006), a crescente aceitação de luz não-coerente em fototerapia continua motivando debates sobre o valor da coerência nos resultados benéficos conquistados com a luz. A coerência é o que distingue o laser do diodo emissor de luz. Enquanto o laser é coerente e monocromático, o LED apresenta característica não-coerente e policromático, contudo, o LED é considerado uma alternativa ao tratamento com laser de baixa intensidade. Luz coerente é visivelmente simétrica, semelhante aos tecidos biológicos e estruturas moleculares. Essa observação tem induzido à sugestão de que a interação entre as simetrias do laser e tecidos biológicos pode gerar benefícios terapêuticos adicionais, mas não há evidência científica que suporte tal conjectura.

Trelles e Mayo (2006) estudaram os efeitos da fototerapia a laser na cicatrização de feridas e sequela pós-operatória da ablação a laser. A terapia por LED consistia de vinte minutos por sessão (830 nm, 55J/cm² e 633 nm, 98 J/cm²). A região contralateral da face foi coberta para o tratamento não influenciar nos resultados. Os resultados indicam que o tempo de cicatrização com o lado tratado com LED foi de cinquenta por cento menor e a sequela foi significativamente menor comparado com o lado não tratado. Após seis meses de término da pesquisa, no grupo prospectivo, não houve diferença significativa na melhora das rugas entre os lados, porém, a pele parecia mais jovem do lado tratado com LED. A combinação da terapia com LED auxilia na sustentação de bons resultados através da manutenção do programa terapêutico.

Trelles, Allones e Mayo (2006) avaliaram a ablação de verruga plantar com a terapia por diodo emissor de luz vermelha para auxiliar na cicatrização. Cento e vinte e

uma verrugas de cinquenta e oito pacientes foram removidas e, após o tratamento, a terapia por LED vermelho foi aplicada (633 nm, 20 minutos, 96 J/cm²) na ferida e área ao redor, no segundo, sexto e décimo dia. Concluem que a terapia com LED vermelho se mostrou uma estratégia excelente, com cicatrização acelerada e livre de dor em lesões de difícil tratamento e cicatrização com baixa intercorrência.

Bevilacqua et al. (2007) investigaram os efeitos da terapia fotodinâmica com toluidine azul O e LED na viabilidade de cultura planctônica em células streptococcus mutantes. O LED tinha um comprimento de onda de 600-670 nm, 116mW, energia 21J, dose 2,18 J/cm². As amostras eram preparadas e divididas em cinco grupos. Os resultados mostraram cem por cento de morte das bactérias com uso de irradiação e toluidine azul O. Concluem que a terapia fotodinâmica é eficiente para eliminar microorganismos e prevenir a formação de biofilmes.

No mundo inteiro, independentemente de faixa etária e classe socioeconômica, indivíduos desenvolvem feridas crônicas. Isso ocorre principalmente em indivíduos que apresentam doenças associadas como insuficiência arterial ou venosa, problemas neurológicos periféricos, câncer, infecções, entre outras (FERRIS et al., 2007). Os autores chamam a atenção para que haja maior conscientização quanto ao problema, magnitude da necessidade e o potencial para cuidados paliativos às feridas para melhorar a cicatrização e qualidade de vida do paciente. Também há necessidade para se advogar por mudanças políticas, regulação e diretrizes de reembolso que podem ser limitantes à prática de cuidados paliativos às feridas.

Os autores Hawkins e Abrahamse (2007) objetivaram, com a pesquisa, verificar se o amplo espectro e o infravermelho em combinação com o laser pode auxiliar a fototerapia e acelerar a proliferação celular para melhorar a relação de cicatrização tecidual. Foram usados os comprimentos de onda de 632.8, 830 e 1064 nm, com dose de 5 J/cm². Os resultados indicam que os 5J/cm², com comprimento de onda de 632.8 nm no escuro ou 830nm na luz, é a dose mais efetiva para estimular a proliferação celular.

Os autores Boixeda, Calvo e Bagazgoitia (2008) fizeram um artigo com o objetivo de abordar, de maneira superficial, diferentes tecnologias emergentes em dermatologia, especialmente os lasers e fontes luminosas para tratamento de lesões vasculares, acne, tatuagens com tintas encapsuladas, cicatrizes, aplicação de diodos emissores de luz, novidades no tratamento da celulite, terapia fotodinâmica, métodos de sucção, e por fim a recente introdução de dispositivos caseiros para o tratamento de diversos problemas dermatológicos.

Enwemeka et al. (2008) estudaram os efeitos da luz visível azul (405 nm) na contaminação por *staphylococcus aureus* resistentes à metilicina adquirida no âmbito comunitário e hospitalar. Os meios de cultura eram irradiados com densidade de energia de 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 e 60 J/cm² com aparelho de diodo superluminoso. As colônias de bactérias foram incubadas por vinte e quatro horas a uma temperatura de 35°C, posteriormente, imagem digital da colônia foi obtida para verificação da área ocupada e contagem. Os resultados mostram que a irradiação com luz azul reduziu significativamente a área e a quantidade de bactérias para as duas situações. A máxima erradicação da bactéria adquirida na comunidade (92,1%) ocorreu em 9,2 minutos de exposição, já a bactéria adquirida em hospital (93,5%) ocorreu em 8,4 minutos de exposição. Quanto maior o tempo de irradiação, mais bactérias são erradicadas. Contudo, o efeito não foi linear com o aumento de densidade de energia entre 1 e 15 J/cm² resultou em maior erradicação do que entre 15 e 60 J/cm². Concluem que para doses baixas de energia, a luz azul elimina as bactérias *staphylococcus aureus* resistentes à metilicina adquirida no âmbito comunitário e hospitalar, sendo a fototerapia uma ferramenta efetiva para essa finalidade.

Arruda et. al. (2009) verificaram a segurança e eficácia da luz azul (407-420 nm, 40 mW/cm²) no tratamento de acne inflamatória graus II e III comparada com terapia com aplicação de peróxido de benzoíla (cinco por cento). Sessenta pacientes foram divididos em dois grupos: trinta integrantes no grupo da luz azul realizaram oito sessões de quinze minutos de terapia, duas vezes por semana, por um período mínimo de intervalo de quarenta e oito horas; e trinta no grupo do peróxido de benzoíla, com aplicação diária. A avaliação ocorreu por meio de registros fotográficos e contagem das lesões. Os autores concluem que a terapia com luz azul foi tão eficaz quanto o peróxido de benzoíla 5% para o tratamento de acne graus II e III, porém a aplicação de luz azul propiciou menos efeitos colaterais.

Caetano et al. (2009) testaram a hipótese de que a fototerapia por LED combinando comprimentos de onda de 660 nm e 890 nm promove a cicatrização de úlcera venosa que não respondeu a outras formas de tratamento. Para isso, realizaram um estudo randomizado para comparar um total de vinte pacientes com trinta e duas úlceras crônicas, divididos em três grupos (grupo 1= placebo, usou 1% de creme de sulfadiazina de prata e tratado com dose menor que 0,3J/cm²; grupo 2= tratado de maneira similar, porém recebeu 3J/cm²; grupo 3= controle, recebeu tratamento somente de creme de sulfadiazina de prata). O tempo de tratamento foi de três meses e o registro de imagem era por fotografia digital e analisado no computador. O equipamento 2 era composto por trinta e seis diodos (500mW) espalhados em um cluster (32- 15mW, 890nm diodos

superluminosos/ 4- 5mW, 660 nm diodos superluminosos). O equipamento 1 era idêntico, porém só emitia comprimento de onda de 660 nm. Os resultados mostraram que as úlceras tratadas com fototerapia cicatrizaram mais rápido comparado ao grupo controle e ao placebo para o tempo de 30, 60 e 90 dias, exceto comparado com o grupo placebo para o período de 60 dias.

Leal Jr. et al. (2009) avaliaram os efeitos da terapia a laser de baixa intensidade com diodo simples (810 nm, 200 mW) e da terapia com múltiplos diodos emissores de luz (*cluster*, 660/850 nm, 10/30 mW) antes de exercício de alta intensidade. Oito jogadores de voleibol foram avaliados no teste de *wingate* após a aplicação de terapia luminosa no músculo reto femoral. Os autores relataram que nenhum dos protocolos pré-exercício aumentou o desempenho no teste de *wingate* ou reduziu os níveis de lactato sanguíneo. Somente no grupo de aplicação do cluster houve diminuição significativa nos níveis de creatina quinase.

Conforme Pinheiro (2009), diferentes tratamentos fototerápicos são capazes de estimular o reparo da pele, ligamento, tendão, cartilagem, osso e feridas humanas. Há vários fatores importantes para o resultado do tratamento envolvendo o uso de fontes luminosas. A maioria dos protocolos propostos utiliza diferentes parâmetros, o que mostra conflito de resultados. Esses parâmetros incluem comprimento de onda, energia, densidade de energia, duração, frequência de aplicação, entre outros. Com isso, nos últimos anos, várias pesquisas sobre os benefícios do uso de LEDs e vários comprimentos de onda foram publicadas tanto em condições patológicas quanto em normais *in vitro* e *in vivo*, e também para rejuvenescimento facial. Portanto, a tecnologia a LED é considerada uma alternativa efetiva para o tratamento de feridas cutâneas e mucosas.

Os autores Siqueira et al. (2009) realizaram um estudo de caso, paciente do sexo masculino, 86 anos, que apresentava úlceras nos membros inferiores. O membro inferior esquerdo foi tratado com LED (628 nm) e o direito recebeu tratamento convencional (controle). Para a mensuração da área lesionada, usaram um protetor plástico estéril sobre a ferida, delimitando a borda interna da ferida com pincel de ponta fina. Após esse procedimento, outro papel servia para o registro da área da lesão, que era digitalizado e, posteriormente, calculada a área da lesão através de um programa. A dor do paciente era avaliada com a escala visual analógica. Os resultados indicaram alterações nas características clínicas da lesão, obtendo uma área cicatrizada de trinta por cento maior em relação à úlcera controle. No que diz respeito à dor, no membro inferior tratado os valores foram de oito para zero e no controle de nove para dois. Concluem que a terapia por LED é uma alternativa de tratamento na evolução cicatricial e redução da dor.

Whinfield e Aitkenhead (2009) fizeram uma revisão sobre pesquisas clínicas que testam a fototerapia em modelos humanos a fim de avaliar os valores da fototerapia nos cuidados com feridas. Os resultados de numerosas investigações *in vitro* e *in vivo* sugerem que a fototerapia pode estimular a atividade celular, promover reparação tecidual. Registros de experimentos clínicos em humanos são poucos. Há uma inconsistência de parâmetros de tratamento selecionados entre estudos que testavam os efeitos da fototerapia na cicatrização de feridas. Testes clínicos usando modelos humanos não fornecem evidências suficientes para estabelecer a utilidade da fototerapia como uma ferramenta efetiva em cuidados com feridas.

Para Issa e Manela-Azulay (2010), na terapia fotodinâmica há uma reação química ativada por luz usada para destruição de tecido biológico e necessita de um agente fotossensibilizante no tecido-alvo. Por isso, os LEDs são indicados para terapia fotodinâmica tópica. De acordo com os autores, a terapia é indicada para pacientes com lesões superficiais, múltiplas, disseminadas pelo corpo, pacientes imunossuprimidos. Também são indicadas para o tratamento de acne, fotoenvelhecimento, esclerodermia, hidrosadenite, psoríase, verrugas, leishmaniose, entre outras.

De acordo com Yeh, Wu e Cheng (2010), LEDs, lasers e luz pulsada intensa têm tornado-se um campo de tratamento médico e fototerapia, porém, os LEDs não se desenvolveram somente no campo do fotorrejuvenescimento, mas também usados para tratamento rinite, artrite, icterícia, inflamação tecidual, anormalidades de pele, e para o alívio de estresse, distúrbios afetivos sazonais e de relógio biológico. Enquanto os equipamentos a laser fornecem estimulação tecidual com aumento da atividade celular durante a cicatrização de ferida, eles apresentam limitação no comprimento de onda e o tamanho da ferida que deve ser tratada pela largura do feixe do laser também fica limitado. Já os equipamentos de LED permitem composição de diferentes espectros eletromagnéticos além do tamanho da área a ser tratada e produzindo níveis altos de luz com baixa radiação, e apresentando mais tempo de vida útil.

Um estudo preliminar realizado por Ablon (2010) avaliou a eficácia da combinação de diodos emissores de luz de 830 nm, 60 J/cm² e 633 nm, 126 J/cm², no tratamento de psoríase recalcitrante. Nove pacientes apresentavam psoríase crônica e a maioria já apresentava resistência ao tratamento convencional. Todos foram tratados em um período de cinco semanas, duas vezes por semana, com duração de vinte minutos cada sessão. O período de intervalo entre as sessões foi de quarenta e oito horas, e após a realização da pesquisa, um período de acompanhamento de três a oito meses foi

realizado. Concluem que a fototerapia por LED é fácil de aplicar, livre de dor e efeitos adversos, e bem tolerados pelos pacientes de todos os tipos de pele.

Baroni et al. (2010) verificaram os efeitos da terapia por diodo emissor de luz na fadiga muscular do quadríceps através da dinamometria isocinética. Dezesete voluntários, sexo masculino, fisicamente ativos, foram incluídos no estudo randomizado duplo-cego. Foram realizadas duas sessões do teste de fadiga isocinética (trinta contrações concêntricas máximas para flexão e extensão de joelho; amplitude de movimento de noventa graus; velocidade angular de cento e oitenta graus por segundo). A contração voluntária máxima foi realizada antes e depois do teste. O tratamento com LED foi realizado com *cluster* de múltiplos diodos (trinta e quatro vermelhos de 660 nm, 10 mW; trinta e cinco diodos infravermelhos de 850 nm, 30 mW) em três locais do quadríceps, com dose total de irradiação de 125,1 J. Quanto aos resultados, não observaram diferenças na contração voluntária pré-terapia entre o grupo experimental e o controle. Contudo, no pós-terapia foram observados torques maiores no grupo experimental. Os autores concluem que o tratamento com LED produziu um menor decréscimo no torque isométrico máximo após exercício isocinético concêntrico de alta intensidade, o que é consistente com aumento no desempenho humano.

Os autores Houreld e Abrahamse (2010) estudaram os efeitos de diferentes comprimentos de onda (632.8, 830 ou 1064 nm, com 5J/cm²) na migração celular, viabilidade e proliferação em células fibroblásticas em feridas diabéticas. A morfologia celular e migração foram determinadas microscopicamente enquanto que a viabilidade celular foi por luminescência de ATP, e a proliferação foi pelo fator de expressão de crescimento fibroblástico e a atividade alcalina fosfatase. Os autores concluem que a irradiação a 632.8 nm foi mais eficiente para a cicatrização de feridas do que para a radiação infravermelha. Radiação com comprimento de onda maior foi a que registrou o pior resultado.

Li, Leu e Wu (2010) investigaram os efeitos da radiação com LED vermelho na proliferação e diferenciação osteogênica de células-tronco mesenquimais de medula óssea de rato usando radiação de diodo emissor de luz vermelha. A medula óssea do rato foi tratada com doses simples ou múltiplas, com LED vermelho (630 nm) e intensidade de energia de 5 e 15 mW/cm², e exposição à radiação de 2 e 4 J/cm². Os resultados demonstraram crescimento acentuado de células-tronco mesenquimais de medula óssea com o uso do LED vermelho. Dose simples de irradiação aumenta a proliferação em curto prazo, contudo, múltiplas exposições (15 mW/cm²; 4 J/cm²) indicam o maior aumento na proliferação celular.

Lipovsky et al. (2010) queriam identificar o comprimento de onda visível mais efetivo para induzir a ação bactericida. As bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* foram estudadas e os comprimentos de ondas utilizados foram 400-500 nm, 500-800 nm, com lâmpada de halogênio com filtro apropriado para irradiação, e 415 e 455 nm, 100 mW/cm², com LED. Concluem que a luz azul com comprimento de onda de 415 nm pode ser usada para a erradicação de bactérias. Contudo, deve-se notar que baixa intensidade de luz visível pode ser perigosa por promover proliferação celular.

Souza et al. (2010) avaliaram a proliferação fibroblástica histologicamente em ferida cutânea dorsal de roedores tratados com diodos emissores de luz em três diferentes tipos de comprimento de onda. Os ratos Wistar foram divididos em quatro grupos (G0- grupo controle; G1- LED vermelho, 700±20nm, 15mW, 10 J/cm²; G2- LED verde, 500±20nm, 8mW, 10 J/cm²; G3- LED azul, 460±20nm, 22mW, 10 J/cm²). A aplicação da radiação iniciava-se imediatamente após a cirurgia e era repetido dia sim dia não, por sete dias. Os resultados mostraram que o LED vermelho e verde apresentaram aumento significativo no número de fibroblastos quando comparados com o grupo controle, indicando efeito biomodulatório positivo na proliferação fibroblástica. Porém, a aplicação de LED azul não indicou aumento significativo na proliferação fibroblástica.

Ishikawa et al (2011) usaram um método de fotocoagulação aplicando radiação de um diodo emissor de luz azul-violeta. O comprimento de onda utilizado era de 380-515 nm, 750 mW/cm², dez segundos (7,5 J/cm²) e se necessário mais dez segundos, para os dez casos de extração dentária. O grupo controle era composto por cinco pacientes e o processo para controle de sangramento era o convencional. Os resultados mostraram que a irradiação com LED azul-violeta resultou em hemostasia imediata do local. Cinco casos apresentaram coagulação nos primeiros dez segundos, e os outros cinco necessitaram de mais dez segundos para controlar o sangramento. Já métodos convencionais podem levar de dois a cinco minutos (média de três minutos) para se obter a hemostasia. Concluem que a radiação azul-violeta causa imediata formação de coágulo após extração dentária, e que a terapia é segura, confiável e não apresenta efeitos adversos.

Naeser et al. (2011) fizeram um estudo usando LED vermelho e infravermelho para verificar se há melhora na função cognitiva de pacientes com lesão cerebral traumática. O tratamento foi aplicado na cabeça, bilateralmente, usando um *cluster* com 61 diodos (9-633 nm, 52-870 nm), 12 a 15 mW por diodo, totalizando 500mW; 22,2 mW/cm²; 13,3 J/cm² no couro cabeludo (estimado 0,4J/cm² no córtex cerebral). O primeiro paciente, sexo feminino, cinquenta e nove anos, sete anos após sofrer o trauma cranioencefálico, em acidente automobilístico, começou a fazer tratamento com LED transcranial. Sua

capacidade para se manter atento em frente ao computador era de vinte minutos antes do tratamento, e após era de mais de três horas, porém, se o paciente interrompesse o tratamento por duas semanas, ele regredia. O segundo paciente, sexo feminino, cinquenta e dois anos, teve um trauma cranioencefálico, e a ressonância nuclear magnética mostrou atrofia da região frontoparietal. Antes do tratamento, o paciente estava afastado do trabalho por cinco meses. Após quatro meses de tratamento em casa, com aplicação de radiação por LED à noite, ela retornou ao trabalho. Testes neuropsicológicos, após nove meses de aplicação do LED transcranial, indicaram melhora na memória, inibição, e redução do estresse pós-traumático. Caso haja interrupção do tratamento por uma semana, já ocorre regressão. Os autores concluem que a aplicação de LED transcranial pode melhorar a cognição, reduzir custos com tratamento no caso do trauma cranioencefálico, e pode ser realizado em casa.

Oplander et al. (2011) estudaram os efeitos da luz azul em diferentes comprimentos de onda (410, 420, 453, e 480 nm) emitidos por um diodo emissor de luz, na viabilidade, proliferação e capacidade oxidativa de fibroblastos humanos. Observaram que a radiação (410, 420 nm) no estresse oxidativo celular e efeitos tóxicos é modo dependente da dose e comprimento da onda. Nenhuma toxicidade foi encontrada usando comprimento de onda de 453 e 480 nm. Contudo, a luz azul com comprimentos de onda menores (410, 420, 453 nm) reduziu a capacidade antioxidativa dos fibroblastos. Portanto, os resultados mostram que a luz azul em diferentes comprimentos de onda pode reduzir graus de variação no estresse oxidativo celular com diferentes resultados fisiológicos. Por outro lado, o uso da luz azul através das propriedades tóxicas e antiproliferativas podem representar uma nova possibilidade no tratamento e prevenção de quelóides, cicatrizes hipertróficas e doenças fibróticas da pele.

Oshima et al. (2011) avaliaram a efetividade do diodo emissor de luz no tratamento de osteoartrite de joelho. Quatorze ratos brancos foram divididos em dois grupos (experimental e controle). Após cinco semanas de secção do ligamento cruzado anterior, os joelhos eram expostos à radiação a LED vermelho e infravermelho de dez minutos por dia, cinco dias por semana, durante cinco semanas, perfazendo um total de 2,4 J/cm². Os autores concluem que houve preservação geral da superfície articular e diminuição dos níveis inflamatórios em articulações com osteoartrite com aplicação de terapia com LED.

Wu e Persinger (2011) usaram diodo emissor de luz convencional para investigar os efeitos da radiação vermelha e infravermelha na proliferação de células-tronco de planárias amputadas. Os animais eram expostos à luz branca, vermelha (630 nm) e

infravermelha (880 nm), com parâmetros de 1 mW/cm² e 0,01J/cm², em ambiente escuro e com claridade diurna. Os resultados indicam que a radiação infravermelha aumentou a mobilidade do animal no terceiro dia de aplicação. Os autores sugerem que fontes de luz não-coerentes, com densidades energéticas mil vezes menor que o propiciado por um laser de baixa potência, permanece efetivo na geração de efeito fotobioestimulador.

De acordo com as pesquisas consultadas, o comprimento de onda mais utilizado é o que varia do espectro vermelho ao infravermelho (WHELAN et al., 2001; EELLS, 2004; DESMET et al., 2006; AL-WATBAN; ANDRES, 2003; GLICKMAN et al., 2005; TRELLES; MAYO, 2006; TRELLES; ALLONES; MAYO, 2006; BEVILACQUA et al., 2007; HAWKINS; ABRAHAMSE, 2007; BAROLET, 2008; CAETANO et al., 2009; LEAL JR et al., 2009; SIQUEIRA et al., 2009; ABLON, 2010; BARONI et al., 2010; HOURELD; ABRAHAMSE, 2010; LI; LEU; WU, 2010; SOUZA et al., 2010; NAESER et al., 2011; OPLANDER et al., 2011; OSHIMA et al., 2011; WU; PERSINGER, 2011). Apesar das pesquisas utilizarem um amplo espectro, observa-se carência de resultados para pequenas faixas de espectros que variem do vermelho ao infravermelho.

Mesmo que os comprimentos de onda gerados por LEDs possam variar do ultravioleta até o infravermelho, passando por comprimentos de onda visíveis, nem todos se mostram terapeuticamente confiáveis e/ou efetivos em decorrência da quantidade pequena de publicações, como é o caso da luz azul (AL-WATBAN; ANDRES, 2003; GLICKMAN et al., 2005; ENWEMEKA et al., 2008; ARRUDA et al., 2009; LIPOVSKY et al., 2010; SOUZA et al., 2010; ISHIKAWA et al., 2011; OPLANDER et al., 2011), da luz verde (AL-WATBAN; ANDRES, 2003; VINCK et al., 2005; SOUZA et al., 2010) e da luz violeta. (ISHIKAWA et al., 2011).

Quanto aos objetivos mais citados, observa-se o interesse, por parte da maioria dos pesquisadores, em cicatrização de feridas e crescimento celular (WHELAN et al., 2001; EELLS, 2004; DESMET et al., 2006; FERRIS et al., 2007; WHINFIELD; AITKENHEAD, 2009; ISSA; MANELA-AZULAY, 2010; YEH; WU; CHENG, 2010; AL-WATBAN; ANDRES, 2003; TALY et al., 2004; PINHEIRO et al., 2005; VINCK et al., 2005; TRELLES; MAYO, 2006; TRELLES; ALLONES; MAYO, 2006; CAETANO et al., 2009; SIQUEIRA et al., 2009; ABLON, 2010; BARONI et al., 2010; HOURELD; ABRAHAMSE, 2010; LI; LEU; WU, 2010; LIPOVSKY et al., 2010; SOUZA et al., 2010; OPLANDER et al., 2011).

Mas, existem artigos que investigaram os efeitos do LED na eliminação de bactérias (ENWEMEKA et al., 2008; LIPOVSKY et al., 2010), acne (ARRUDA et al., 2009), desempenho físico (LEAL JR et al., 2009; BARONI et al., 2010), na coagulação sanguínea

(ISHIKAWA, 2011), função cognitiva (NAESER et al., 2011), desordem afetiva sazonal (GLICKMAN et al., 2005) e inflamação articular (OSHIMA et al., 2011).

Os aparelhos de LEDs são mais econômicos do que a luz pulsada intensa ou o laser, são altamente duráveis e mais baratos a longo-prazo, e sua fabricação resulta em menor peso (SIQUEIRA et al., 2009; YEH; WU; CHENG, 2010). Isso chamou a atenção dos pesquisadores do laboratório de Física da Universidade Estadual de Londrina, pois o custo de fabricação do equipamento comparado com os encontrados no mercado é menor, existindo a possibilidade de viabilizar sua construção e aplicação em larga escala, trazendo benefícios tanto para os órgãos públicos e/ou privados quanto para os pacientes, em especial os menos favorecidos. Com isso, o LED pode ser usado em locais menos favorecidos economicamente, já que não necessita de alta voltagem, além de aparelhos que apresentem baterias que duram por longos períodos de tratamento (SIQUEIRA et al., 2009).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A terapia luminosa por diodo emissor de luz (LED) é uma excelente alternativa ao tratamento a laser de baixa intensidade.

As vantagens de usar tal tecnologia são a eficiência similar no tratamento de diversas patologias de pele, cicatrização de feridas e reparação tecidual, sem causar dor ou efeitos colaterais ao paciente, o que tende a minimizar os problemas de saúde pública. O custo de fabricação do produto é menor para os equipamentos com LED, bem como o peso real comparado com o laser terapêutico de baixa potência. A durabilidade do material também é citada na literatura como vantagem.

Com isso, os órgãos públicos e/ou privados tendem a reduzir custos com aquisição e manutenção de equipamentos e capacitação profissional. Já os pacientes podem usufruir dos benefícios propiciados pela ledterapia tanto no ambiente clínico/ambulatorial quanto no ambiente residencial, pois os equipamentos não necessitam de alta voltagem, além de aparelhos que apresentem baterias que duram por longos períodos de tratamento.

Faz-se necessária a realização de mais pesquisas científicas acerca do tema abordado para se verificar a efetividade de tratamento no que diz respeito às patologias de pele, cicatrização de feridas e reparação tecidual, utilizando comprimentos de onda fora do espectro vermelho e infravermelho.

REFERÊNCIAS

- ABLON, G.; FAAD, M.D. Combination 830-nm and 633-nm light-emitting diode phototherapy shows promise in the treatment of recalcitrant psoriasis: preliminary findings. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.28, n.1, p.141-146, 2010.
- ARRUDA, L.H.F. et al. Estudo clínico, prospectivo, aberto, randomizado e comparativo para avaliar a segurança e a eficácia da luz azul *versus* peróxido de benzoíla 5% no tratamento da acne inflamatória grau I e II. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.84, n.5, p.463-468, 2009.
- AL-WATBAN, F.A.H.; ANDRES, B.L. Polychromatic led therapy in burn healing of non-diabetic and diabetic rats. **Journal of Clinical Laser Medicine e Surgery**, v.21, n.5, p.249-258.
- BAROLET, D. Light-emitting diodes (led) in dermatology. **Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery**, v.27, p.227-238, 2008.
- BARONI, B.M. et al. Effect of light-emitting diodes therapy (ledt) on knee extensor muscle fatigue. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.28, n.5, p.653-658, 2010.
- BEVILACQUA, I.M. et al. The impact of photodynamic therapy on the viability of *streptococcus mutans* in a planktonic culture. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.25, n.6, p.513-518, 2007.
- BOIXEDA, P.; CALVO, M.; BAGAZGOITIA, L. Recent advances in laser therapy and other technologies. **Actas dermo-sifiliografica**, v.99, p.262-268, 2008.
- CAETANO, K.S. et al. Phototherapy improves healing of chronic venous ulcers. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.27, n.1, p.111-118, 2009.
- DESMET, K.D. et al. Clinical and experimental applications of nir-led photobioestimulation. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.24, n.2, p.121-128, 2006.
- EELLS, J.T. et al. Mitochondrial signal transduction in accelerates wound by near-infrared light therapy. **Mitochondrion**, v.4, p.559-567, 2004.
- ENWEMEKA, C.S. The place of coherence in light induced tissue repair and pain modulation, **Photomedicine and Laser Surgery**, v.24, n.4, p.457, 2006.
- ENWEMEKA, C.S. et al. Visible 405 nm sld light photo-destroys methicillin-resistant *staphylococcus aureus* (MRSA) in vitro. **Laser in Surgery and Medicine**, v.40, p.734-737, 2008.
- FERRIS, F.D. et al. Palliative wound care: managing chronic wounds across life's continuum: a consensus statement from the international palliative wound care initiative. **Journal of Palliative Medicine**, v.10, n.1, p.37-39, 2007.
- GLICKMAN, G. et al. Light therapy for seasonal affective disorder with blue narrow-band light-emitting diodes (leds). **Society of Biological Psychiatry**, v.59, p.502-507, 2006.
- HAWKINS, D.; ABRAHAMSE, H. Influence of broad-spectrum and infrared light combination with laser irradiation on the proliferation wound skin fibroblasts. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.25, n.3, p.159-169, 2007.
- HOURELD, N.; ABRAHAMSE, H. Low-intensity laser irradiation stimulates wound healing in diabetic wound fibroblast cells (ws1). **Diabetes Technology e Therapeutics**, v.12, n.12, p.971-978, 2010.
- ISHIKAWA, I. et al. Blue-violet light emitting diode (led) irradiation immediately controls socket bleeding following tooth extraction, clinical and electron microscopic observations. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.29, n.5, p.333-338, 2011.
- ISSA, M.C.A.; MANELA-AZULAY, M. Terapia fotodinâmica: revisão da literatura e documentação iconográfica. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.85, n.4, p. 501-511, 2010.
- LI, W.; LEU, Y.; WU, J. Red-light light-emitting diode irradiation increase the proliferation and osteogenic differentiation of rat bone marrow mesenchymal stem cells. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.28, supl. 1, p.s157-s165, 2010.
- LIPOVSKY, A. et al. Visible light-induced killing of bacteria as a function of wavelength: implication for wound healing. **Laser in Surgery and Medicine**, v.42, p.467-472, 2010.

- LEAL JUNIOR, E.C.P. et al. Comparison between single-diode low-level laser therapy (lllt) and led multi-diode (cluster) therapy (ledt) applications before high-intensity exercise. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.27, n.4, p.617-623, 2009.
- OSHIMA, Y. et al. Effect of light-emitting diode (led) therapy on the development of osteoarthritis (OA) in a rabbit model. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v.65, p.224-229, 2011.
- OPLÄNDER, C. et al. Effects of blue light irradiation on human dermal fibroblasts. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v.103, p.118-125, 2011.
- NAESER, M.A. et al. Improved cognitive function after transcranial, light-emitting diode treatment in chronic, traumatic brain injury: two case report. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.29, n.5, p.351-358, 2011.
- PINHEIRO, A.L.B. Advances and perspectives on tissue repair and healing. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.27, n.6, p.833-836, 2009.
- PINHEIRO, A.L.B. et al. Biomodulative effects of polarized light on the healing of cutaneous wounds on nourished and undernourished wistar rat. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.24, n.5, p.616-624, 2006.
- SIQUEIRA, C.P.C.M. et al. Efeitos biológicos da luz: aplicação de terapia de baixa potência empregado leds (*light emitting diode*) na cicatrização da úlcera venosa: relato de caso. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v.30, n.1, p.37-46, 2009.
- SOUSA, A.P.C. et al. Effect of led phototherapy of three distinct wavelengths on fibroblasts on wound healing: a histological study in a rodent model. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.28, n.4, p.547-552, 2010.
- TALY, A.B. et al. Efficacy of multiwavelength light therapy in the treatment of pressure ulcers in subjects with disorders of the spinal cord: a randomized double-blind controlled trial. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v.85, p.1657-1661, out. 2004.
- TRELLES, M.A.; ALLONES, I.; MAYO, E. Er: yag laser ablation of plantar verrucae with red led therapy-assisted healing. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.24, n.4, p.494-498, 2006.
- _____. Combined visible light and infrared light-emitting diode (led) therapy enhances wound healing after laser ablative resurfacing of photodamaged facial skin. **Medical Laser Application**, v.21, p.165-175, 2006.
- VINCK, E.M. et al. Green light emitting diode irradiation enhances fibroblasts growth impaired by high glucose level. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.23, n.2, p.167-171, 2005.
- WHELAN, H.T. et al. Effect of nasa light-emitting diode irradiation on wound healing. **Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery**, v.19, n.4, p.305-314, 2001.
- WHINFIELD, A.L.; AITKENHAD, I. The light revival: does phototherapy promote wound healing: a review. **The Foot**, v.19, p.117-124, 2009.
- WU, H.P.; PERSINGER, M.A. Increased mobility and stem-cell proliferation rate in *dugesia tigrina* induced by 880nm light emitting diode. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v.102, p.156-160, 2011.
- YEH, N.G.; WU, C.; CHENG, T.C. Light-emitting diodes: their potential in biomedical applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, p.2161-2166, 2010.

Kerson Bruno Vieira Dourado

Graduado em Educação Física e Fisioterapeuta pela FEFISA - Faculdades Integradas de Santo André. Especialista em: Fisiologia do Exercício (UNIFESP/EPM); Fisiologia e Biomecânica da Atividade Motora, Avaliação e Reabilitação pelo Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo/FEFISA -

Faculdades Integradas (IOT-HC-FMUSP/FEFISA); Treinamento Personalizado e Qualidade de Vida (FEFISA); Acupuntura (ETOSP). Docente do curso de graduação em Educação Física da Faculdade Anhanguera de Taboão da Serra; Docente do curso de graduação em Educação Física e Fisioterapia do Centro Universitário ÍtaloBrasileiro (UNIÍTALO). Discente do programa de pós-graduação Lato Sensu em Fisioterapia nas Disfunções Musculoesqueléticas da Universidade Metodista de São Paulo (UMESP).

Luiz Carlos Carnevali Junior

Graduado em Educação Física (FEFISA). Mestre e Doutorando em Ciências (Instituto de Ciências Biomédicas ICB/USP). Especialista em Fisiologia do Exercício (UniFMU). Coordenador e Docente do curso de graduação Educação Física da Faculdade Anhanguera de Taboão da Serra. Coordenador e Docente dos cursos de pós-graduação da Universidade Gama Filho (UGF).

Rafael Júlio Francisco de Paulo

Graduado em Fisioterapia pela Universidade Santo Amaro (UNISA). Especialista em Fisioterapia Ortopédica, Traumatológica e Desportiva pela Universidade Santo Amaro (UNISA); especialista em Reabilitação Músculo-Esquelética pela Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (SCM/SP); especialista em Fisiologia e Biomecânica do Aparelho Locomotor pelo Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo/FEFISA – Faculdades Integradas (IOT-HC-FMUSP/FEFISA). Docente do curso de graduação em Educação Física do Centro Universitário ÍtaloBrasileiro (UNIÍTALO).

Alexandre Cavallieri Gomes

Graduado e mestre em Fisioterapia pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Coordenador e Docente do curso de Fisioterapia, graduação e pós-graduação Lato Sensu (Fisioterapia nas Disfunções Musculoesqueléticas), da Universidade Metodista de São Paulo (UMESP). Docente convidado nos cursos Lato Sensu em Fisioterapia Dermato-funcional da Universidade Paulista (UNIP) e Universidade Cidade de São Paulo (UNICID); em Fisioterapia Ortopédica e Traumatológica da Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Membro da equipe de fisioterapeutas das equipes esportivas da Metodista.