

## Artigos de revisão

# Efeitos imediatos da fotobiomodulação com *laser* de baixa intensidade sobre o desempenho muscular: uma revisão integrativa da literatura

*Immediate effects of photobiomodulation with low-level laser therapy on muscle performance: an integrative literature review*

**Vanessa Mouffron Novaes Alves<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0000-0002-1974-366X>

**Renata Maria Moreira Moraes Furlan<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0000-0001-7588-9316>

**Andréa Rodrigues Motta<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0000-0002-1582-3785>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais  
– UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais,  
Brasil.

Conflito de interesses: Inexistente



## RESUMO

**Objetivo:** analisar a influência do laser de baixa intensidade no desempenho muscular e identificar os parâmetros dosimétricos mais utilizados.

**Métodos:** a busca de artigos foi realizada nas plataformas PubMed, BVS, Web of Science e SciELO. Foram selecionados artigos originais, com resumo disponível e que avaliaram o uso da fotobiomodulação sobre o desempenho muscular. Os dados foram analisados de acordo com o autor, ano de publicação, amostra, local de aplicação, parâmetros avaliados, comprimento de onda, dosimetria utilizada e resultados encontrados.

**Resultados:** a amostra final consistiu de 27 artigos publicados entre os anos de 2008 e 2017. O tamanho das amostras nos estudos variou entre oito e 60 indivíduos, com faixa etária entre 17 e 70 anos. Observou-se maior uso do comprimento de onda infravermelho, com aplicações pontuais no trajeto do músculo. Em relação à dose, houve variação de 0,24 a 50 joules por ponto. Do total, apenas cinco (18,5%) trabalhos não encontraram respostas significativas para as variáveis pesquisadas.

**Conclusão:** a maioria dos estudos apontou que o laser de baixa intensidade pode promover a melhora do desempenho muscular. A metodologia utilizada nos trabalhos foi diversa, o que dificultou a compilação dos dados e impossibilitou estabelecer os parâmetros dosimétricos ideais para esse objetivo.

**Descritores:** Terapia com Luz de Baixa Intensidade; Força Muscular; Sistema Estomatognático; Fonoaudiologia

## ABSTRACT

**Purpose:** to analyze the influence of low-level laser on muscle performance and to identify the most used dosimetric parameters.

**Methods:** the search for articles was carried out on the PubMed, BVS, Web of Science and SciELO platforms. The articles selected were original ones, with available abstracts and that evaluated the use of photobiomodulation on muscular performance. The data were analyzed according to the author, year of publication, sample, place of application, parameters evaluated, wavelength, dosimetry used and results found.

**Results:** the final sample consisted of 27 articles published between 2008 and 2017. The sample size in the studies ranged from 8 to 60 individuals, aged from 17 to 70 years. A greater use of infrared wavelength, with punctual applications carried out in the path of the muscle, was observed. Regarding the dose, there was a variation from 0.24 to 50 joules per point. Of the total, only 5 (18.5%) studies had not found significant answers for the considered variables.

**Conclusion:** most of the studies pointed out that low-level laser can improve muscle performance. The methodology used in the work was diversified, rendering data compilation difficult, being impossible to set the ideal parameters for this purpose.

**Keywords:** Low-Level Light Therapy; Muscle Strength; Stomatognathic System; Speech, Language and Hearing Sciences

Recebido em: 02/08/2019  
Aceito em: 17/09/2019

**Endereço para correspondência:**  
Vanessa Mouffron Novaes Alves  
Rua Piauí, 1571/504 – Bairro Funcionários  
CEP:30150-321 - Belo Horizonte,  
Minas Gerais, Brasil  
E-mail: [vanessamouffron@gmail.com](mailto:vanessamouffron@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

Os efeitos da fototerapia sobre o sistema muscular têm sido objeto de estudo de profissionais dedicados à reabilitação muscular e ao desempenho esportivo<sup>1</sup>. Dentre os principais achados relatados na literatura estão a melhora do desempenho<sup>1</sup>, a redução da fadiga<sup>2</sup>, maior ganho de força<sup>3</sup> e o relaxamento<sup>4,5</sup>.

Acredita-se que esses resultados ocorram devido à ação biomoduladora que a luz pode exercer sobre o organismo. Por meio do chamado efeito fotoquímico, a energia luminosa absorvida por cromóforos é transformada em energia química, que produz efeitos biológicos locais e/ou sistêmicos no organismo<sup>6</sup>. Para os comprimentos de onda vermelho e infravermelho, a absorção ocorre principalmente na mitocôndria e interfere diretamente no processo de respiração celular, permitindo o influxo imediato de oxigênio, a retomada da cadeia respiratória e, conseqüentemente, a aceleração da síntese de adenosina trifosfato (ATP) intracelular<sup>7,8</sup>. Tendo em vista que a atividade muscular requer grande gasto energético, acredita-se que recursos que otimizem a síntese de ATP possam também interferir de modo positivo no desempenho funcional<sup>1</sup>.

Os efeitos do *laser* sobre o organismo são determinados principalmente pelos parâmetros dosimétricos selecionados pelo terapeuta. Atualmente, a dosimetria é o maior desafio em laserterapia e, na literatura científica, os dados a respeito dos melhores parâmetros de irradiação ainda são bastante controversos, não havendo protocolos específicos bem estabelecidos para cada objetivo. A seleção adequada de variáveis físicas, como potência, dose, densidade de energia,

irradiância, energia por pontos, tipo de emissão, forma de aplicação e comprimento de onda são fundamentais para o alcance dos resultados desejados<sup>9</sup>.

Até o momento, apenas um estudo<sup>10</sup> avaliou os efeitos da fotobiomodulação no desempenho de um músculo orofacial. Apesar da escassez de evidências, a prática clínica tem demonstrado que a associação desse recurso à terapia em motricidade orofacial melhora o desempenho durante a realização dos exercícios miofuncionais e mioterápicos, sendo um campo com grande potencial para futuras pesquisas.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi analisar estudos sobre a influência do *laser* de baixa intensidade no desempenho muscular e identificar os parâmetros dosimétricos (comprimento de onda, dose, número de pontos, local de aplicação) mais comumente utilizados.

## MÉTODOS

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, que envolveu as seguintes etapas: elaboração das perguntas norteadoras, estabelecimento das palavras-chave e dos critérios de inclusão e exclusão de artigos, busca, seleção e análise crítica dos artigos.

As perguntas norteadoras foram: A aplicação do *laser* de baixa intensidade influencia o desempenho muscular? Qual comprimento de onda tem sido mais utilizado? Qual a dose e formas de aplicação mais usadas? As expressões de busca foram criadas com descritores e palavras-chave relacionadas à fotobiomodulação e desempenho muscular, e encontram-se descritas na Figura 1. As buscas foram realizadas nas plataformas *PubMed*, *BVS*, *Web of Science* e *SciELO*.

Base de Dados	Termos de busca
BVS e SciELO	tw:( («Lasers Semicondutores» OR «Lasers de Diodo» OR «Lasers de Arsenieto de Gálio e Alumínio» OR «Lasers de Arsenieto de Gálio» OR «Terapia com Luz de Baixa Intensidade» OR laserterapia OR «Terapia a Laser de Baixa Intensidade» OR «Irradiação a Laser de Baixa Intensidade» OR «Terapia a Laser de Baixa Potência» OR «Bioestimulação a Laser» OR «Irradiação a Laser de Baixa Potência» OR «Laser Biostimulation» OR «LLLT» OR lasers OR «Raios Laser» OR laser OR fototerapia OR «Láseres de Semicondutores» OR «Terapia por Luz de Baja Intensidad» OR «RayosLáser» OR fototerapia OR «Lasers, Semiconductor» OR «Low-Level Light Therapy» OR «Laser Biostimulation» OR «Laser Phototherapy» OR «LowLevel Laser Therapy» OR «Low-Level Laser Therapy» OR «PhotobiomodulationTherapy» OR phototherapy) AND («Músculo Esquelético» OR «Desenvolvimento Musculoesquelético» OR «Força Muscular» OR «Contração Muscular» OR «Desarrollo Musculoesquelético» OR «Fuerza Muscular» OR «Contracción Muscular» OR «Muscle, Skeletal» OR «MusculoskeletalDevelopment» OR «MuscleStrength» OR «MuscleContraction»))
PubMed e Web of Science	(«LLLT» OR «Lasers, Semiconductor» OR «Low-Level Light Therapy» OR «Laser Biostimulation» OR «Laser Phototherapy» OR «Low Level Laser Therapy» OR «Low-Level Laser Therapy» OR «Photobiomodulation Therapy» OR phototherapy) AND («Muscle, Skeletal» OR «Musculoskeletal Development» OR «Muscle Strength» OR «Muscle Contraction»)

**Figura 1.** Estratégia de busca de dados

Foram incluídos na seleção os artigos que atenderam aos seguintes critérios: ser original; possuir resumo disponível e ter entre seus objetivos o de avaliar os efeitos do *laser* de baixa intensidade no desempenho muscular por meio de parâmetros relacionados à resistência, força e fadiga.

Foram adotados como critérios de exclusão o uso exclusivo de outras fontes de luzes terapêuticas, como o *Light Emitting Diode* (LED), a luz pulsada e o *laser* de alta potência. Artigos que investigaram a melhora do desempenho muscular secundária à ação analgésica ou relaxante do *laser* também não foram considerados na análise.

A seleção dos artigos foi feita de forma independente por duas fonoaudiólogas por meio da leitura dos resumos. O gerenciamento dos dados foi realizado em uma planilha elaborada no *Microsoft Excel 2016* que permitiu às avaliadoras duas respostas para seleção: sim ou não. Os artigos que receberam “sim” das duas avaliadoras foram incluídos para leitura na íntegra. Aqueles que obtiveram resposta “não” das duas pesquisadoras foram excluídos do trabalho. Foi estabelecido que, caso houvesse divergências de respostas entre as duas avaliadoras, seria feita uma reunião de consenso e, permanecendo o impasse, uma terceira avaliadora seria consultada.

A análise do material foi realizada em duas etapas. Na primeira, as referências duplicadas nas bases de dados consultadas foram eliminadas e, por meio da leitura dos títulos e resumos, foram excluídos os artigos que não contemplavam os objetivos estabelecidos. Na segunda etapa, os artigos anteriormente selecionados foram obtidos e lidos na íntegra, tendo sido descartados aqueles que se enquadraram nos critérios de exclusão. As etapas da análise dos dados encontram-se na Figura 2.

Dos artigos selecionados para análise dos resultados e discussão dos achados, registraram-se autor e ano de publicação, objetivos, amostra e faixa etária, comprimento de onda utilizado, dose, número de pontos, local de aplicação e resultados.

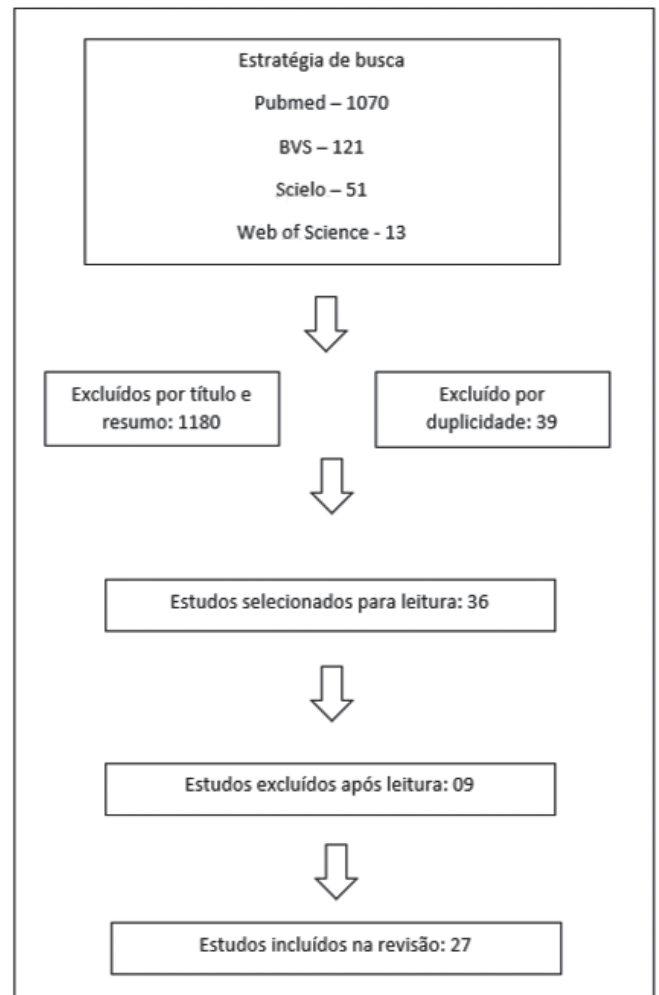


Figura 2. Etapas da seleção

## REVISÃO DA LITERATURA

Foram encontrados inicialmente 1.255 artigos. Após consenso entre as duas avaliadoras, chegou-se ao número de 36 artigos incluídos para leitura completa, dos quais nove foram excluídos por terem utilizado outras fontes de luz ou por terem o desempenho muscular relacionado ao efeito analgésico do *laser*. A Figura 3 apresenta um resumo com as informações analisadas dos artigos.

Autores e ano	Objetivos/Amostra	Comprimento de onda	Dose/número de pontos/local de aplicação/dose total	Resultados
Leal Junior e Lopes-Martins, 2008 <sup>(11)</sup>	Investigar os efeitos do <i>laser</i> na atenuação da fadiga muscular em 12 homens saudáveis de 18 a 35 anos.	Vermelho	5 J por ponto - 4 pontos sobre o bíceps - 20 J no total.	Houve aumento no número médio de repetições no grupo irradiado em relação ao grupo placebo. Não houve mudanças da contração voluntária máxima e nos níveis de lactato.
Leal Junior et al., 2009 <sup>(12)</sup>	Investigar os efeitos sobre a fadiga muscular em dez homens saudáveis de 18 a 36 anos.	Infravermelho	5 J por ponto - 4 pontos sobre o bíceps - 20 J no total.	Houve aumento no número médio de repetições no grupo irradiado em relação ao grupo placebo. Não houve mudanças nos níveis de lactato e no tempo de execução.
Leal Junior et al., 2009 <sup>(13)</sup>	Comparar os efeitos do <i>laser versus</i> LED sobre a fadiga muscular em oito homens saudáveis de 17 a 20 anos.	Infravermelho	6 J em cada ponto - 2 pontos sobre o reto-femoral - 12 J total.	Houve redução dos níveis de creatina quinase no grupo irradiado com LED. Em nenhum grupo houve melhora do desempenho muscular e dos níveis de lactato.
Leal Junior et al., 2009 <sup>(14)</sup>	Investigar os efeitos nos marcadores bioquímicos de recuperação muscular após exercício de alta intensidade em 20 homens saudáveis de 18 a 25 anos.	Infravermelho	4 J em cada ponto (jogadores de vôlei), 3 J em cada ponto (jogadores de futebol) - 5 pontos em cada perna sobre o reto femoral. 20 J e 15 J total respectivamente.	Houve melhora dos níveis de creatina quinase e de lactato nos grupos irradiados em relação ao placebo. Não houve efeito sobre a performance muscular.
Baroni et al., 2010 <sup>(15)</sup>	Investigar os efeitos do <i>laser</i> em marcadores indiretos de dano muscular em 36 homens saudáveis de 19 a 35 anos.	Infravermelho	30 J por ponto - 6 pontos sobre o quadríceps - 180 J total.	Houve melhora dos marcadores sanguíneos e menor decréscimo da CVM nos grupos irradiados em relação ao placebo. Não houve diferença na dor muscular.
Leal Junior et al., 2010 <sup>(16)</sup>	Avaliar os efeitos do <i>laser</i> sobre o desempenho e fadiga muscular em 14 homens saudáveis de 18 a 25 anos.	Vermelho	2,4 J por ponto 5 pontos sobre o tibial anterior - 12 J total.	O pico de torque foi maior após a aplicação do <i>laser</i> . Não houve efeitos sobre o índice de fadiga.
Leal Junior et al., 2010 <sup>(2)</sup>	Investigar os efeitos sobre o desempenho muscular, fadiga e recuperação muscular em nove homens saudáveis de 18 a 20 anos.	Infravermelho	30 J por ponto - 2 pontos sobre o bíceps - 60 J total.	Houve aumento do número de repetições, do tempo antes da exaustão e nos marcadores bioquímicos no grupo irradiado em relação ao grupo placebo.
Ferraresi et al., 2011 <sup>(17)</sup>	Testar os efeitos sobre o ganho de força em 36 homens saudáveis de 18 a 28 anos.	Infravermelho	3,6 J por ponto - 7 pontos sobre o quadríceps - 25,2 J total.	Houve um aumento do ganho de força muscular no grupo irradiado quando comparado aos grupos placebo e controle. Não houve diferença no perímetro da coxa.
Almeida et al., 2012 <sup>(18)</sup>	Investigar o efeito na fadiga muscular e comparar os comprimentos de onda V e IV em dez participantes saudáveis de 19 a 27 anos.	Vermelho ou Infravermelho	5 J por ponto - 4 pontos sobre o bíceps - 20 J total.	A força máxima média foi maior para V e IV sem diferença entre eles. Não houve efeito sobre a média das forças.
Marchi et al., 2012 <sup>(19)</sup>	Avaliar os efeitos sobre desempenho no exercício, no estresse oxidativo e na condição muscular em 22 homens saudáveis de 20 a 25 anos.	Infravermelho	30 J por ponto - 12 pontos sobre o membro inferior (quadríceps, isquiotibial e gastrocnêmico) - 360 J total.	Houve melhora do desempenho no exercício aeróbico, no estresse oxidativo e dos marcadores bioquímicos de dano muscular no grupo irradiado quando comparado ao controle.
Vieira et al., 2012 <sup>(20)</sup>	Investigar se o <i>laser</i> associado ao treino de resistência aumenta o desempenho muscular em 45 mulheres saudáveis de 18 a 28 anos.	Infravermelho	3,6 J por ponto - 5 pontos sobre o quadríceps - 18 J no total.	Houve aumento da resistência à fadiga no grupo irradiado quando comparado ao controle. Não houve mudanças significativas na capacidade respiratória e no trabalho muscular.
Higashi et al., 2013 <sup>(21)</sup>	Avaliar os efeitos sobre a fadiga muscular em 20 mulheres saudáveis de 18 a 25 anos.	Infravermelho	7 J por ponto - 8 pontos sobre o bíceps - 56 J no total.	Não houve diferença no número de repetições, nos índices de lactato e na fadiga eletromiográfica.
Muñoz et al., 2013 <sup>(10)</sup>	Comparar o efeito do <i>laser versus</i> LED na atividade do músculo masseter em dez homens saudáveis com média de idade de 28 ± 6 anos.	Infravermelho	0,8 J por ponto - 8 pontos sobre o masseter. - 6,4 J no total.	Houve aumento da atividade muscular nos grupos irradiados quando comparado ao controle. Não houve diferença na força, no tempo de fadiga e nos níveis de lactato.
Toma et al., 2013 <sup>(22)</sup>	Investigar os efeitos do <i>laser</i> na fadiga muscular em 24 mulheres saudáveis de 60 a 70 anos.	Infravermelho	7 J por ponto - 8 pontos sobre o reto femoral dominante - 56 J no total.	Houve aumento do número de repetições no grupo irradiado em relação ao grupo placebo. Não houve efeito sobre a fadiga eletromiográfica.
Alves et al., 2014 <sup>(23)</sup>	Avaliar os efeitos imediatos sobre o desempenho cardiorespiratório e fadiga eletromiográfica em 18 participantes saudáveis de 18 a 30 anos.	Infravermelho	14 J por ponto - 3 pontos sobre o quadríceps femoral e 1 ponto do gastrocnêmico - 56 J no total.	Houve melhora da eficiência cardiovascular. A fadiga eletromiográfica não apresentou mudanças.
Felismino et al., 2014 <sup>(24)</sup>	Investigar os efeitos sobre marcadores de dano muscular e desempenho de força em 22 homens saudáveis de 20 a 35 anos.	Infravermelho	1 J por ponto - 4 pontos sobre o bíceps - 4 J bilateralmente no total.	Houve diminuição dos níveis de creatina quinase no grupo irradiado em relação ao grupo placebo. Não houve efeito sobre a recuperação do desempenho de força máxima.
Maciel et al., 2014 <sup>(25)</sup>	Investigar a ação do <i>laser</i> sobre o desempenho muscular e fadiga em 12 mulheres saudáveis de 18 a 30 anos.	Infravermelho	0,81 J por ponto - «aproximadamente 29 pontos» sobre o tibial anterior.	Houve aumento do torque na avaliação da resistência após <i>laser</i> . Não houve mudança no pico de força, na fadiga eletromiográfica e nos níveis de lactato.

Autores e ano	Objetivos/Amostra	Comprimento de onda	Dose/número de pontos/local de aplicação/dose total	Resultados
Vieira et al., 2014 <sup>(26)</sup>	Investigar os efeitos sobre a fadiga muscular em sete homens saudáveis com média de idade de 21 ± 3 anos.	Infravermelho	4 J por ponto - Reto-femoral: 3 pontos – (12 J no total) - Vasto medial: 1 ponto (4 J no total) - Vasto lateral: 1 ponto (4 J no total). Cada protocolo foi repetido 3 vezes durante a realização do exercício: 60 J no total.	Observou-se aumento do número de repetições e diminuição da fadiga eletromiográfica após aplicação do <i>laser</i> .
Baroni et al., 2015 <sup>(27)</sup>	Investigar os efeitos no ganho de força e na hipertrofia muscular em 30 participantes saudáveis de 20 a 35 anos.	Infravermelho	30 J por ponto - 8 pontos sobre o quadríceps – 240 J no total.	Houve maior ganho de força (CVM) e maior hipertrofia muscular no grupo irradiado quando comparado ao placebo.
Kakahata et al., 2015 <sup>(28)</sup>	Avaliar os efeitos sobre a fadiga e a potência muscular em 22 mulheres sedentárias com média de idade de 21,21 ± 2.8 anos.	Vermelho	0,24 J por ponto - 8 pontos sobre o tríceps sural - 1,92 J no total.	Não foram encontradas mudanças na altura do salto, no índice de fadiga e na dor muscular de início tardio.
Bublitz et al., 2016 <sup>(29)</sup>	Avaliar os efeitos na capacidade funcional, percepção subjetiva de esforço e níveis de lactato sanguíneo em 20 participantes hospitalizados com insuficiência cardíaca de 35 a 65 anos.	Infravermelho	4 J por ponto - 7 pontos sobre o quadríceps – 28 J no total.	Houve redução da percepção do esforço no grupo irradiado em relação ao grupo placebo. Não houve diferença no teste de função submáxima e nos níveis de lactato.
Souza et al., 2016 <sup>(30)</sup>	Avaliar os efeitos imediatos sobre desempenho neuromuscular e fadiga em 60 participantes saudáveis de 18 a 28 anos.	Infravermelho	5 J por ponto - 5 pontos sobre o músculo soleo - 25 J no total.	Houve redução do índice de fadiga por dinamometria no grupo irradiado em relação ao placebo. Não houve diferença na frequência mediana.
Toma et al., 2016 <sup>(31)</sup>	Avaliar os efeitos da associação do <i>laser</i> ao treino muscular no ganho de força em 48 mulheres saudáveis de 60 a 70 anos.	Infravermelho	7 J por ponto - 8 pontos sobre o quadríceps – 56 J no total.	Houve melhora do desempenho e dos índices de lactato no grupo irradiado em relação ao placebo. Não houve diferença na fadiga.
Vanin et al., 2016 <sup>(32)</sup>	Avaliar os efeitos a médio prazo do <i>laser</i> sobre recuperação muscular, na melhora do desempenho, e comparar diferentes doses em 28 homens saudáveis de 18 a 35 anos.	Infravermelho	Grupo A = 10 J por ponto - 6 pontos sobre o quadríceps - 60 J no total. Grupo B = 30 J por ponto - 6 pontos sobre o quadríceps – 180 J no total. Grupo C = 50 J por ponto - 6 pontos sobre o quadríceps – 300 J no total.	O Grupo A aumentou a CVM comparado ao placebo nas reavaliações de 24 a 96 h. O Grupo C melhorou a CVM nos tempos imediatamente após e 24 h e os níveis de creatina quinase e IL-6.
Vassão et al., 2016 <sup>(33)</sup>	Investigar os efeitos da fotobiomodulação na fadiga muscular e no desempenho em 30 mulheres saudáveis de 60 a 70 anos.	Infravermelho	7 J por ponto - 8 pontos sobre o reto femoral dominante – 56 J no total.	Observou-se melhora da fadiga eletromiográfica e dos níveis de lactato, sem efeito sobre a força muscular.
Zagatto et al., 2016 <sup>(34)</sup>	Avaliar os efeitos de cinco dias de laserterapia nos marcadores de lesão muscular e no desempenho em 20 homens saudáveis com média de idade de 15,4 ± 1,2	Infravermelho	3 J por ponto - 8 pontos sobre o músculo abdutor – 24 J no total.	Houve melhora do desempenho dos saltos, sem efeito na tarefa de natação e nos marcadores bioquímicos de lesão muscular.
Marchi et al., 2017 <sup>(35)</sup>	Comparar os efeitos de três dispositivos fotobiomoduladores sobre o desempenho muscular e recuperação pós-treino em 40 homens saudáveis de 18 a 35 anos.	Infravermelho	30 J por ponto - 6 pontos sobre o quadríceps – 180 J no total.	A luz pulsada se mostrou mais efetiva que o <i>laser</i> contínuo de baixa intensidade e que o <i>laser</i> de alta potência na CVM e dor muscular de início tardio. Para danos musculares o <i>laser</i> de alta potência mostrou-se mais eficaz.

Legenda: V – *laser* vermelho; IV – *laser* infravermelho; J - joule; LLLT – *LowLevel Laser Therapy*; RM – repetição máxima; CVM – contração voluntária máxima; LED – *Light Emitting Diode*.

**Figura 3.** Principais achados da literatura sobre a aplicação do laser de baixa intensidade para melhora do desempenho muscular



A amostra deste estudo constituiu-se, então, de 27 artigos publicados nos anos de 2008<sup>11</sup>, 2009<sup>12-14</sup>, 2010<sup>2,15,16</sup>, 2011<sup>17</sup>, 2012<sup>18-20</sup>, 2013<sup>10,21,22</sup>, 2014<sup>23-26</sup>, 2015<sup>27,28</sup>, 2016<sup>29-34</sup> e 2017<sup>35</sup>. Desses, apenas três (11,1%) estão publicados em português<sup>10,16,28</sup>. O restante encontra-se em língua inglesa, porém todos eles (100,0%) foram produzidos por autores brasileiros.

O tamanho das amostras nos estudos variou de oito<sup>13</sup> a 60<sup>30</sup> indivíduos, com faixa etária entre 17<sup>13</sup> e 70 anos<sup>22,33</sup>. Quanto às características dos participantes, 26 (96,3%) artigos foram realizados com indivíduos saudáveis e apenas um (3,7%) artigo avaliou a influência do *laser* na capacidade funcional de pacientes hospitalizados com histórico de insuficiência cardíaca<sup>29</sup>. Ainda sobre a caracterização da amostra, três (11,1%) trabalhos tiveram como objetivos específicos a avaliação do desempenho de mulheres idosas<sup>22,31,33</sup>. Do total, três (11,1%) apresentaram como critério de exclusão o tom de pele, não incluindo no estudo pessoas negras ou com fototipo de pele mais escuro<sup>25,32,35</sup>.

Dentre os objetivos dos estudos, os principais aspectos investigados foram a ação do *laser* sobre a fadiga muscular<sup>2,11-13,15,16,18,20-23,25,26,28,29,33,35</sup> e sobre o ganho de força e/ou desempenho em determinada atividade<sup>2,10,14,16,17,19,20,24,25,27,28,30-35</sup>. A comparação dos efeitos do *laser* com o de outras fontes de luz terapêutica foi também objetivo de três (11,1%) estudos<sup>10,13,35</sup>, e um (3,7%) trabalho comparou os efeitos dos comprimentos de onda vermelho e infravermelho sobre a fadiga muscular<sup>18</sup>.

O comprimento de onda mais utilizado foi o infravermelho, tendo sido a opção de 23 (85,2%)<sup>2,10,12-15,17,19-27,29-35</sup> pesquisas. Apenas três (11,1%)<sup>11,16,28</sup> utilizaram o vermelho. Além desses, um (3,7%) autor utilizou os dois comprimentos de onda, separadamente, com a finalidade de compará-los<sup>18</sup>. Nenhum estudo utilizou os comprimentos de onda vermelho e infravermelho simultaneamente.

As doses totais utilizadas foram calculadas de acordo com a quantidade de joules (J) por ponto de aplicação multiplicada pelo número de pontos, e variou de 1,92 J<sup>28</sup> a 300 J<sup>32</sup>. O valor mínimo utilizado em um ponto foi de 0,24 J<sup>28</sup> e o máximo 50 J<sup>32</sup>, e o número de pontos esteve entre dois<sup>2,13</sup> e “aproximadamente” 29 pontos<sup>25</sup>.

Em relação aos pontos de aplicação, em todos os trabalhos a aplicação foi feita com contato e ao longo da extensão do músculo avaliado ou responsável pela função solicitada.

No que diz respeito aos resultados, cinco (18,5%) trabalhos não encontraram respostas significativas em pelo menos uma das variáveis pesquisadas<sup>13,21,28,34,35</sup>. Os demais encontraram respostas estatisticamente significativas em pelo menos uma das variáveis avaliadas, com melhora dos níveis de fadiga, do ganho de força e de resistência, evidenciando que o *laser* de baixa intensidade pode ser um recurso capaz de otimizar o desempenho muscular.

O desempenho muscular foi avaliado por meio da melhor execução da tarefa proposta, por avaliação cardiorrespiratória, pelo aumento da carga do exercício ou, ainda, pelo número de repetições. Em relação à fadiga, esse fator foi contemplado nos trabalhos com referência ao tempo de execução, a marcadores bioquímicos (como níveis de lactato e proteína creatina quinase) e ao sinal eletromiográfico. Por não se tratarem de objetivos desta pesquisa, não foram aqui discutidos os métodos e instrumentos de avaliação e os testes físicos propostos. Tais análises seriam dificultadas sobretudo por serem conhecimentos específicos de áreas além do campo de competência da Fonoaudiologia.

A investigação do *laser* como um recurso para melhorar o desempenho muscular é bastante recente, o que foi evidenciado pelo artigo de publicação mais antiga, de 2008<sup>11</sup>. Isso justifica as dificuldades em se encontrar parâmetros dosimétricos ideais para se atingir os diferentes objetivos propostos, sendo essa limitação discutida pelos autores de todos os trabalhos analisados. Acredita-se que o fato de todos os trabalhos terem autoria brasileira pode estar relacionado às linhas de pesquisas dos autores. Notou-se que os mesmos autores participaram de diversos trabalhos, o que ocasionou desenhos metodológicos bastante semelhantes.

Sobre a caracterização da amostra, a maioria das pesquisas incluiu indivíduos saudáveis, e apenas uma investigou os efeitos em pacientes hospitalizados<sup>29</sup>. Tal achado era esperado, uma vez que ao se investigar novas abordagens ou ferramentas terapêuticas é interessante compreender seu funcionamento em sujeitos saudáveis para depois avaliar sua eficácia em diferentes condições clínicas. Em relação à idade, a maioria dos estudos adotou algum intervalo compreendido entre 17 e 36 anos. Um estudo apresentou intervalos de 35 a 65 anos<sup>29</sup> e apenas três, que pretendiam avaliar os efeitos em idosos, adotaram como critérios de inclusão idade entre 60 e 70 anos<sup>22,31,33</sup>.

Nenhum dos artigos abordou possíveis contraindicações para laserterapia como critérios de exclusão, nem mesmo as descritas nos manuais dos fabricantes. Apenas fatores que pudessem influenciar as variáveis pesquisadas foram levados em consideração, e três pesquisas excluíram da amostra participantes com pele escura<sup>25,32,35</sup> alegando que, por ser a melanina um cromóforo, esses sujeitos poderiam apresentar maior sensibilidade à luz.

Em relação ao tamanho da amostra, verificou-se N bastante reduzido em todas as pesquisas, com número de participantes variando entre oito<sup>26</sup> e 60<sup>30</sup> sujeitos. Todos os autores referiram que esse quantitativo pode ter interferido nos resultados alcançados.

Quanto aos parâmetros dosimétricos, observou-se grande variação. O comprimento de onda mais utilizado foi o infravermelho, tendo sido a opção da maior parte dos estudos<sup>2,10,12-15,17,20-27,29-35</sup>. A justificativa principal foi a referência a estudos anteriores e ao fato de que esse comprimento de onda apresenta maior penetrabilidade no tecido humano.

Apenas três estudos<sup>11,16,28</sup> utilizaram somente o comprimento de onda vermelho. Um deles não obteve respostas significativas, porém foi também o que utilizou a dose mais baixa<sup>28</sup>. No outro trabalho<sup>11</sup>, os autores referiram que a escolha pelo vermelho ocorreu por disponibilidade do equipamento, reconhecendo que o infravermelho teria sido a escolha ideal, embora tenham encontrado como resposta um aumento significativo no número de repetições. O terceiro trabalho que utilizou o comprimento de onda visível<sup>16</sup> também observou melhora do pico de torque (força muscular funcional máxima), porém sem efeitos sobre a fadiga muscular. Segundo os autores, isso pode ser devido à profundidade de alcance da luz, que permitiu um aporte energético para melhor desempenho da contração, porém seu alcance limitado não foi suficiente para que a energia acumulada influenciasse o índice de fadiga. O trabalho que utilizou os dois comprimentos de onda separadamente, com a finalidade de compará-los<sup>18</sup>, encontrou melhora do pico de torque para ambos, sem diferença estatística entre eles. Tendo em vista a justificativa pautada no alcance da luz e levando-se em conta a superficialidade dos músculos faciais, espera-se que não haja diferença significativa entre esses comprimentos de onda quando investigados os efeitos nos músculos faciais.

A dose foi um parâmetro que sofreu grande variação entre os trabalhos, sobretudo levando-se em consideração o número de pontos e a dose total. As

doses por ponto mais utilizadas foram sete J<sup>21,22,31,33</sup> e 30 J<sup>2,15,19,27,32,35</sup>. No entanto, não foi possível estabelecer correlação entre a dose utilizada e os resultados obtidos, pois, para uma mesma dose, resultados diversos foram encontrados. Esse parâmetro continua sendo, ainda, o maior desafio para a elaboração de protocolos para utilização do *laser* não só no desempenho muscular como em outras áreas.

Em relação às técnicas de aplicação, todas foram feitas com contato da ponteira na pele e sobre o músculo alvo. O número de pontos variou, porém em todos os trabalhos observou-se a preocupação de que a irradiação fosse feita em toda a extensão do músculo alvo. Como houve grande variedade de modelos dos equipamentos e, conseqüentemente, na área de saída da luz, o número de pontos também foi bastante diverso. Em quatro (14,8%) trabalhos<sup>17,20,31,34</sup> a aplicação foi feita após os protocolos de exercícios. Em dois (7,4%) estudos<sup>24,26</sup> a irradiação ocorreu entre as séries, e nos demais (77,8%) o *laser* foi aplicado antes da atividade. A justificativa mais utilizada para a aplicação após o exercício pautou-se no fato de que o *laser* auxilia na recuperação muscular após o esforço. No entanto, observou-se que esse parâmetro não foi determinante para o sucesso terapêutico, uma vez que não garantiu respostas significativas em todos os trabalhos. A aplicação antes dos exercícios parece ter relação com o aumento da síntese de ATP proporcionada pela ação fotobiomoduladora, o que favorece o aporte energético para o trabalho muscular durante a atividade.

Os demais parâmetros, como potência, densidade de energia e densidade de intensidade não foram aqui discutidos por serem medidas relacionadas aos modelos dos equipamentos, e não programadas pelo pesquisador.

De modo geral, observou-se pelos resultados encontrados que o *laser* de baixa intensidade interfere no desempenho muscular, melhorando o índice de fadiga, aumentando o ganho de força, melhorando marcadores químicos e aumentando também a resistência muscular. No entanto, em decorrência da diversidade metodológica, torna-se difícil identificar parâmetros eficazes para a obtenção desses resultados.

## CONCLUSÃO

Esta revisão permitiu identificar os principais parâmetros dosimétricos para aplicação do *laser* de baixa intensidade no desempenho muscular.

Observou-se predomínio do comprimento de onda infravermelho nas pesquisas, com aplicação na extensão do músculo em pontos equidistantes. Não foi possível correlacionar os resultados obtidos com a dose empregada, porém observou-se que a fotobiomodulação com *laser* de baixa intensidade apresenta-se como um potencial recurso para otimizar o desempenho muscular e reduzir os níveis de fadiga após atividades intensas.

## REFERÊNCIAS

1. Leal-Junior ECP, Vanin AA, Miranda EF, de Carvalho P de T, Dal Corso S, Bjordal JM. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2015;30(2):925-39.
2. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Frigo L, DeMarchi T, Rossi RP, de Godoi V et al. Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to postexercise recovery. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(8):524-32.
3. Vanin AA, Miranda EF, Machado CS, de Paiva PR, Albuquerque-Pontes GM, Casalechi HL et al. What is the best moment to apply phototherapy when associated to a strength training program? A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2016;31(8):1555-64.
4. Shinozaki EB, Santos MBF, Okazaki LK, Marchini L. Clinical assesment of the efficacy of low level laser therapy on muscle pain in women with temporomandibular dysfunction, by surface electromyography. *Braz J Oral Sci.* 2010;9(4):434-8.
5. Santos MTBR, Nascimento KS, Carazzato S, Barros AO, Mendes FM, Diniz MB. Efficacy of photobiomodulation therapy on masseter thickness and oral health-related quality of life in children with spastic cerebral palsy. *Lasers MedSci.* 2017;32(62):1279-88.
6. Karu T. Photobiological fundamentals of low-power laser therapy. *IEEE J Quantum Electron.* 1987;23(10):1703-17.
7. Lane N. Cell biology: power games. *Nature.* 2006;443(7114):901-3.
8. Karu TI, Pyatibrat LV, Afanasyeva NI. Cellular effects of low power laser therapy can be mediated by nitric oxide. *Lasers Surg Med.* 2005;36(4):307-14.
9. Sousa MVP. What is low-level laser (light) therapy? In: Hamblin MR, Sousa MVP, Agrawal T (eds). *Handbook of low-level laser therapy.* New York: Pan Stanford; 2016. p. 1-16.
10. Muñoz ISS, Hauckl LA, Nicolau RA, Kelencz CA, Maciel TS, de Paula Júnior AR. Effect of laser vs LED in the near infrared region on the skeletal muscle activity: clinical study. *Rev Bras EngBioméd.* 2013;29(3):262-8.
11. Leal Junior ECP, Lopes-Martins RAB, Dalan F, Ferrari M, Sbabo FM, Generosi RA et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Photomed Laser Surg.* 2008;26(5):419-24.
12. Leal Junior ECP, Lopes-Martins RAB, Vanin AA, Baroni BM, Grosselli D, De Marchi Tet al. Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Lasers Med Sci.* 2009;24(3):425-31.
13. Leal Junior ECP, Lopes-Martins RAB, Baroni BM, De Marchi T, Rossi RP, Grosselli D et al. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLT) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise. *Photomed Laser Surg.* 2009;27(4):617-23.
14. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Baroni BM, De Marchi T, Taufer D, Manfro DS et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers MedSci.* 2009;24(6):857-63.
15. Baroni BM, Leal Junior ECP, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(4):789-96.
16. Leal Junior ECP, Nassar FR, Tomazoni SS, Bjorda JM, Lopes-Martins RAB. Low-level laser therapy enhances muscular performance as measured by isokinetic dynamometry in humans. *FisioterPesqui.* 2010;17(4):317-21.
17. Ferraresi C, Oliveira TB, Zafalon LO, Reiff RBM, Baldissera V, Perez SEA et al. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers Med Sci.* 2011;26(3):349-58.
18. De Almeida P, Lopes-Martins RAB, De Marchi T, Tomazoni SS, Albertini R, Corrêa JCF et al. Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):453-8.



19. Marchi T, Leal Junior EC, Bortoli C, Tomazoni SS, Lopes-Martins RA, Salvador M. Low-level laser therapy (LLL) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. *Lasers MedSci.* 2012;27(1):231-6.
20. Vieira WH, Ferraresi C, Perez SE, Baldissera V, Parizotto NA. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):497-504.
21. Higashi RH, Toma RL, Tucci HT, Pedroni CR, Ferreira PD, Baldini G et al. Effects of low-level laser therapy on biceps braquialis muscle fatigue in young women. *Photomed Laser Surg.* 2013;31(12):586-94.
22. Toma RL, Tucci HT, Antunes HK, Pedroni CR, Oliveira AS, Buck I et al. Effect of 808 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in elderly women. *Lasers Med Sci.* 2013;28(5):1375-82.
23. Alves MAS, Pinfildi CE, Nilsen Neto L, Lourenço RP, Azevedo PHSM, Dourado VZ. Acute effects of low-level laser therapy on physiologic and electromyographic responses to the cardiopulmonary exercise testing in healthy untrained adults. *Lasers MedSci.* 2014;29(6):1945-51.
24. Felismino AS, Costa EC, Aoki MS, Ferraresi C, Lemos TMAM, Vieira WHB. Effect of low-level laser therapy (808 nm) on markers of muscle damage: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Lasers MedSci.* 2014;29(3):933-8.
25. Maciel TS, Muñoz IS, Nicolau RA, Nogueira DV, Hauck LA, Osório RA et al. Phototherapy effect on the muscular activity of regular physical activity practitioners. *Lasers Med Sci.* 2014;29(3):1145-52.
26. Vieira WHB, Bezerra RM, Queiroz RA, Maciel NF, Parizotto NA, Ferraresi C. Use of low-level laser therapy (808nm) to muscle fatigue resistance: a randomized double-blind crossover trial. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(12):678-85.
27. Baroni BM, Rodrigues R, Freire BB, Franke RA, Geremia JM, Vaz MA. Effect of low-level laser therapy on muscle adaptation to knee extensor eccentric training. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(3):639-47.
28. Kakihata CMM, Malanotte JA, Higa JY, Errero TK, Balbo SL, Bertolini GRF. Influence of low-level laser therapy on vertical jump in sedentary individuals. *Einstein.* 2015;13(1):41-6.
29. Bublitz C, Renno AC, Ramos RS, Assis L, Sellera CA, Trimer R et al. Acute effects of low-level laser therapy irradiation on blood lactate and muscle fatigue perception in hospitalized patients with heart failure-a pilot study. *Lasers Med Sci.* 2016;31(6):1203-9.
30. Souza CG, Borges DT, Macedo LB, Brasileiro JS. Low-level laser therapy reduces the fatigue index in the ankle plantar flexors of healthy subjects. *Lasers MedSci.* 2016;31(9):1949-55.
31. Toma RL, Vassão PG, Assis L, Antunes HK, Renno AC. Low level laser therapy associated with a strength training program on muscle performance in elderly women: a randomized double blind control study. *Lasers Med Sci.* 2016;31(6):1219-29.
32. Vanin A, De Marchi T, Tomazoni SS, Tairova O, Leão Casalechi H, Carvalho PTC et al. Pre-exercise infrared low-level laser therapy (810nm) in skeletal muscle performance and postexercise recovery in humans, what is the optimal dose? A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Photomed Laser Surg.* 2016;34(10):473-82.
33. Vassão PG, Toma RL, Antunes HKM, Tucci HT, Renno ACM. Effects of photobiomodulation on the fatigue level in elderly women: an isokinetic dynamometry evaluation. *Lasers MedSci.* 2016;31(2):275-82.
34. Zagatto AM, Ramos SP, Nakamura FY, Lira FS, Lopes-Martins RA, Carvalho RLP. Effects of low-level laser therapy on performance, inflammatory markers, and muscle damage in young water polo athletes: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Lasers MedSci.* 2016;31(3):511-21.
35. Marchi T, Schmitt VM, Fabro DS, Silva LL, Sene J, Tairova O et al. Phototherapy for improvement of performance and exercise recovery: comparison of 3 commercially available devices. *J AthlTrain.* 2017;52(5):429-38.