

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO – UNINOVE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO**

**EFEITOS DA TERAPIA DE FOTOBIMODULAÇÃO COMBINADA AO CAMPO  
MAGNÉTICO ESTÁTICO (FOTOMAGNETOTERAPIA) APLICADA EM DIFERENTES  
MOMENTOS NO DESEMPENHO E RECUPERAÇÃO MUSCULAR EM ATLETAS DE  
CROSSFIT®**

Doutorando: Henrique Dantas Pinto

Orientador: Prof Dr. Ernesto Cesar Pinto Leal Junior

São Paulo, Fevereiro de 2020

**2020**

**HENRIQUE DANTAS PINTO**

**EFEITOS DA TERAPIA DE FOTOBIMODULAÇÃO COMBINADA AO CAMPO  
MAGNÉTICO ESTÁTICO (FOTOMAGNETOTERAPIA) APLICADA EM DIFERENTES  
MOMENTOS NO DESEMPENHO E RECUPERAÇÃO MUSCULAR EM ATLETAS DE  
CROSSFIT®**

Dissertação apresentada à  
Universidade Nove de Julho para obtenção  
do título de Doutor em Ciências da  
Reabilitação.

Orientador: Prof. Dr. Ernesto Cesar  
Pinto Leal-Junior

**SÃO PAULO, SP**

Dantas Pinto, Henrique.

Efeitos da terapia de fotobiomodulação combinada ao campo magnético estático (fotomagnetoterapia) aplicada em diferentes momentos no desempenho e recuperação muscular em atletas de Crossfit®. / Henrique Dantas Pinto. 2020.

88 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2020.

Orientador (a): Prof. Dr. Ernesto Cesar Pinto Leal Junior.

I. Laser. 2. LED. 3. Fadiga muscular. 4. Recuperação muscular. 5. Crossfit®.

I. Leal Junior, Ernesto Cesar Pinto .

II. Título.

CDU 615.8

São Paulo, 19 de fevereiro de 2020.

TERMO DE APROVAÇÃO

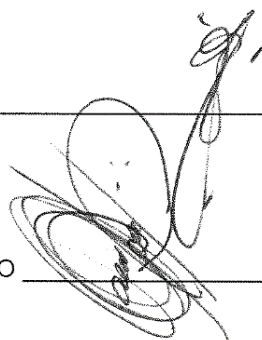
Aluno (a): Henrique Dantas Pinto

Título da Tese: "Efeitos da Terapia de Fotobiomodulação no Desempenho e Recuperação Muscular em Atletas de Crossfit®".

Presidente: PROF. DR. ERNESTO CESAR PINTO LEAL JUNIOR \_\_\_\_\_

Membro: PROF. DR. PAULO DE TARSO CAMILLO DE CARVALHO \_\_\_\_\_

Membro: PROF. DR. JAN MAGNUS BJORDAL \_\_\_\_\_



## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a minha mãe que se mantém como grande intercessora junto a Deus! Minha esposa, que sempre me apoia e se privou de muitos momentos para a conclusão deste trabalho. Meu filho, que ele adquira a sede pela verdade, paixão pelo conhecimento e entenda o valor de cada etapa superada. Meu pai que lutou muito para conseguir deixar como herança a educação. E meus irmãos que sempre me ensinaram a ser mais forte.*

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a Deus pelas graças necessárias para conseguir concluir esta etapa, pela saúde e força, por iluminar meu Anjo da Guarda que me conduziu durante todo o processo, me manteve em segurança durante tantas viagens.

Agradeço a minha mãe Maria Lúcia, que sempre ressaltou a importância dos estudos, sempre me apoiou e hoje é grande intercessora junto à Deus.

Agradeço a minha esposa, Caroline e a meu filho Pedro Henrique, que ao longo destes anos sempre estiveram ao meu lado, e souberam abrir mão de muitos momentos juntos de forma paciente e amorosa.

Agradeço ao meu pai, Afonso, que através de sua luta diária, é grande exemplo de homem, pai e ser humano, e doou sua vida para proporcionar a melhor educação para seus filhos.

Agradeço aos meus irmãos que sempre me apoiaram em meus objetivos, são meus companheiros e me ajudam desde muito pequeno a ser mais forte e lutar pelos meus sonhos.

Agradeço a minha amiga e coorientadora Dora, que teve papel importantíssimo, me influenciou muito e se manteve sempre solícita a me ajudar durante todo o processo.

Agradeço de maneira especial ao meu orientador Prof. Dr. Ernesto que fez tudo isso ser possível, organizando e conduzindo de maneira impecável todo o processo, acreditou em mim, e continuou me apoiando mesmo quando os planos mudaram.

Agradeço aos amigos do laboratório, Adriane, Paulo, Carol, Luana e Matheus, que me ajudaram muito em várias etapas fundamentais na conclusão deste doutorado.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior de pelo auxílio financeiro.

Agradeço aos atletas e amigos que se prontificaram a colaborar dando o máximo esforço durante todo período de testes.

**Título do Projeto:** Terapia De Fotobiomodulação Combinada Ao Campo Magnético Estático (Fotomagnetoterapia) Aplicada Em Diferentes Momentos No Desempenho E Recuperação Muscular Em Atletas De Crossfit®

**Doutorando:** Henrique Dantas Pinto

**Orientador:** Prof. Dr. Ernesto Cesar Pinto Leal Junior

### **RESUMO**

O Crossfit® é conhecido como “*Sports of Fitness*” e tem uma rotina de treino chamada de *WODs* (*Workout of the Day* - treino do dia). Baseia-se na combinação de movimentos funcionais, constantemente variados e de alta intensidade. Nos campeonatos é exigido que o atleta conclua vários *WODs* em uma sequência de dias, por isso é necessário que o atleta empregue estratégias que visam acelerar o processo de recuperação muscular. A utilização da terapia de fotobiomodulação (TFBM) com Laser de Baixa Potência (LBP) e/ou com diodo emissor de luz (LED) juntamente com a ação do campo magnético estático (CME) (Fotomagnetoterapia) na resposta fisiológica muscular pós-exercício tem se mostrado eficaz na melhora do desempenho atlético. O objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos da TFBM/CME sobre o desempenho de atletas de Crossfit®. Foi conduzido um ensaio clínico randomizado, placebo-controlado, cruzado e triplo-cego com 12 atletas submetidos a um protocolo de intervenção com TFBM/CME efetivo ou placebo pré e/ou pós *WOD*, totalizando quatro momentos diferentes de aplicação. Foram realizadas avaliações para análise do desempenho atlético por meio de teste funcional, percepção subjetiva de esforço e variáveis fisiológicas relacionadas ao dano muscular. No teste funcional a TFBM/CME aplicada pós *WOD* apresentou diferença ( $p < 0.0001$ ) em valores percentuais 48h após em relação ao placebo. A TFBM/CME efetiva em qualquer momento foi capaz de modular a liberação de CK ( $p < 0.0001$ ) em valores percentuais 48h após *WOD*, já a liberação de IL-6 apresentou redução ( $p < 0.0001$ ) 24 h após o *WOD* tanto em valores percentuais quanto nos absolutos, quando comparadas a terapia placebo. A TFBM/CME foi capaz de modular a liberação dos marcadores de dano muscular avaliados, também de reduzir o tempo de recuperação em atletas de Crossfit® que apresentaram desempenho superior no teste funcional quando receberam TFBM/CME, com vantagem para a aplicação pós o *WOD*.

**Palavras-chave:** Laser, LED, Fadiga Muscular, Recuperação Muscular, Crossfit®.

**Project title:** Effects of Photobiomodulation Therapy Combined With Static Magnetic Field (Photomagnetotherapy) Applied At Different Moments In Performance And Muscle Recovery In Crossfit® Athletes

**ABSTRACT**

Crossfit® is known as “Sports of Fitness”, has a training routine, called *WODs* (Workout of the Day), and based on the combination of functional movements, constantly varied and of high intensity. In championships, the athlete is required to complete several *WODs* in a sequence of days, so it is necessary for the athlete to employ strategies that aim to accelerate the muscle recovery process. The use of photobiomodulation therapy (PBMT) with low-level laser (LBP) and / or light emitting diode (LED) and the association of static magnetic field (sMF) in the post-exercise muscular physiological response have been shown to be effective in improved athletic performance. The aim of this study was to evaluate the effects of PBMT/sMF on the performance of Crossfit® athletes. A randomized, placebo-controlled, crossover and triple-blind clinical trial was conducted in which 12 athletes were submitted to an intervention protocol with effective PBMT/sMF or placebo pre and/or post *WOD*, totaling four different moments of application. Analyzes of athletic performance in functional testing, exertion subjective perception and physiological outcome of the intervention was analyzed. In the functional test, PBMT/sMF applied after *WOD* showed a difference ( $p < 0.0001$ ) in percentage values 48h after *WOD*. PBMT/sMF effective at any time was able to modulate CK release ( $p < 0.0001$ ) in percentage values, when compared to placebo therapy 48h after *WOD*, whereas the IL-6 marker had its release reduced with ( $p < 0.0001$ ) in the evaluation 24h after the *WOD* in percentage and absolute values also. PBMT/sMF was able to modulate the release of biochemical markers of muscle damage evaluated, was also able to reduce the recovery time of Crossfit® athletes who showed superior performance in the functional test when received PBMT/sMF, with an advantage for post-*WOD* application.

**Key words:** Low level laser therapy, LED (*Light Emitting Diode*), Photobiomodulation Therapy, Crossfit®, Muscle Recovery.



## LISTAS DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Parâmetros TFBM/CME.....	28
<b>Tabela 2:</b> Resultados Teste Funcional, Subjetivo (RPE) e bioquímicos.....	31

## LISTAS DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Características da radiação comum (A) e das radiações emitidas pela luz LED e pela luz LASER (B e C).....	15
<b>Figura 2:</b> Fluxograma dos Testes.....	23
<b>Figura 3:</b> Locais de Irradiação.....	27
<b>Figura 4:</b> Gráfico da Porcentagem da Mudança no Número de Agachamentos Realizados.....	32
<b>Figura 5:</b> Gráfico da Porcentagem de mudança na atividade de CK.....	33
<b>Figura 6:</b> Gráfico Porcentagem de Alteração nos Níveis de IL-6.....	34

## SUMÁRIO

1- Contextualização.....	10
2- Hipótese da Pesquisa.....	18
3- Objetivos.....	19
3.1- Geral.....	19
3.2- Específicos.....	19
4- Metodologia.....	20
4.1- Aspectos Éticos.....	20
4.2- Sujeitos.....	20
4.3- Critérios de Inclusão e Exclusão.....	21
4.4- Randomização e Cegamento.....	21
4.5- Procedimentos.....	23
4.5.1- Avaliações .....	24
4.5.2- Terapia de Fotobiomodulação .....	26
5- Análise Estatística .....	29
6- Resultados .....	30
7- Discussão.....	34
8- Conclusão.....	39
9- Referências Bibliográficas.....	40
<b>ANEXO I – Questionário de Inclusão e Exclusão.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO II – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO III – Termo de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO IV – Questionário RPE .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO V – Carta de Anuência .....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE I – Artigo .....</b>	<b>62</b>

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O Crossfit® surgiu no início dos anos 2000 como um método de treinamento de força e condicionamento físico<sup>1</sup>. Sua rotina de treino é baseada na combinação de movimentos funcionais, constantemente variados e de alta intensidade<sup>2</sup>. Os treinos são chamados de *WODs* (*Workout of the Day*- treino do dia), compostos por uma grande variação de movimentos como exercícios do basismo (levantamento terra, supino, agachamentos), levantamentos de peso olímpicos (Arremesso e Arranco), movimentos de ginástica e calestemia (barra fixa, flexão de braço, abdominais e burpees), além de estímulos cardiorrespiratórios (correr, pedalar, remar, pular corda e outros saltos<sup>3</sup>). Estes exercícios são frequentemente combinados e realizados em alta intensidade com repetições rápidas e sucessivas, com limitado ou nenhum tempo de recuperação<sup>4</sup>.

Os *WODs* são pontuados e frequentemente envolvem elementos de competição entre seus participantes, característica que levou esse método de treinamento a ser conhecido como “*Sports of Fitness*”<sup>5</sup>. As academias de Crossfit® são chamadas de box, e segundo o site oficial da *Crossfit® Incorporated* até 2005 haviam apenas 13 box<sup>6</sup> filiados, e estavam todos localizados nos Estados Unidos<sup>6</sup>. O Crossfit® Games teve sua primeira edição em 2007. Desde então acontece anualmente, nessa competição os ganhadores são apontados como os atletas mais bem condicionados do mundo (“*The Fittest on Earth*”)<sup>7</sup>. No início o Crossfit® Games reuniu cerca de 70 participantes<sup>6</sup>, e esse número aumentou para mais de 13 mil atletas em 2017<sup>8</sup>. Em 2018 a competição envolveu 416 mil participantes em todo mundo<sup>9</sup>. O Crossfit® Games transformou o mercado do fitness, hoje conta com o patrocínio da empresa americana de artigos esportivos Reebok e é transmitido pela rede de televisão americana de Entertainment and Sports Programming Network (ESPN)<sup>7</sup>.

Esse crescimento ocorreu coincidentemente em um momento em que existia nos meios acadêmicos e médicos um apelo crescente para evitar o sedentarismo com grande incentivo à prática da atividade física como promoção da saúde<sup>8</sup>. Smith *et al.* (2013)<sup>9</sup> também atribui esse crescimento a grande influência que a metodologia possui na perda de peso e no aumento da capacidade cardiovascular, juntamente com a utilização de exercícios variados e eficientes com relação ao tempo<sup>9</sup>. Isso se dá porque o praticante deve realizar os *WODs* com a mais alta intensidade possível, o que só é viável em treinos curtos<sup>4</sup>.

33 O Crossfit® compreende a tríade de elementos funcionais, constantemente  
34 variados e de alta intensidade. O conceito de treinamento funcional ainda vem sendo  
35 muito discutido dentro da indústria do *fitness* e no meio acadêmico. Segundo Boyle  
36 (2018), um dos pioneiros no meio acadêmico a utilizar o termo, treinamento funcional  
37 é essencialmente treinar com um propósito<sup>10</sup>. Para seu criador, a utilização do termo  
38 funcional está baseado no fato de se empregarem movimentos funcionais em seus  
39 treinos, e para ele movimentos funcionais são movimentos com padrões de  
40 recrutamento motor universais, eles são realizados em uma onda de contração do  
41 centro para a extremidade, e são movimentos compostos, ou seja, envolvem múltiplas  
42 articulações<sup>2</sup>.

43 Em relação a ser constantemente variado seu criador resume em uma frase, “a  
44 amplitude da adaptação será igual à amplitude do estímulo”<sup>2</sup>. Por esse motivo os *WODs*  
45 variam tanto com relação à sua duração (curta, média ou longa) quanto com relação à  
46 sua carga (leves, moderadas e pesadas). Essa variação de estímulos garante que em um  
47 mesmo programa de treinamento possa trabalhar os três principais sistemas  
48 energéticos responsáveis pela ressíntese de Adenosina Trifosfato (ATP)<sup>11</sup>. Baker *et*  
49 *al.*(2010)<sup>11</sup> categorizam esses sistemas em: sistema do metabolismo fosfogênico,  
50 sistema do metabolismo glicolítico e sistema do metabolismo oxidativo. Para os autores  
51 o mais importante durante momentos de demanda de energia (geração de Adenosina  
52 Trifosfato) é ter um sistema de controle sensível para aumentar rapidamente o  
53 metabolismo<sup>11</sup>, afirmação que vai ao encontro da visão de Glassman (2002)<sup>1</sup> que a  
54 eficácia de um método de treinamento pode estar relacionado com a capacidade de  
55 obter estímulos adequados para mudança dentro desses três sistemas.

56 Outro ponto importante da alternância de estímulos é a tentativa de otimizar a  
57 competência física em cada uma das dez capacidades físicas (resistência cardiovascular  
58 / respiratória, resistência, flexibilidade, força, poder, velocidade, coordenação,  
59 agilidade, equilíbrio e precisão)<sup>2</sup>.

60 O último elemento do tripé que sustenta o Crossfit® é a alta intensidade. A  
61 intensidade é definida pela potência, que por sua vez é a taxa de tempo para realizar  
62 um trabalho<sup>1</sup>. O desenvolvimento da potência está sempre presente nos treinos diários  
63 do Crossfit®<sup>1</sup>. Muito se tem estudado nos meios acadêmicos sobre métodos de  
64 treinamento que utilizam a intensidade como base<sup>4,9,12,13,14,15, 16</sup>.

65 Exercícios de alta intensidade foram capaz melhorar significativamente os  
66 sistemas de fornecimento de energia anaeróbico e aeróbico<sup>12</sup> e parece ser uma  
67 estratégia predominante para controlar a obesidade por causa de sua eficiência de  
68 tempo<sup>13</sup>. Quando aplicado em praticantes de diferentes modalidades esportivas o  
69 programa de alta intensidade com intervalos curtos mostrou-se eficiente em  
70 sobrecarregar tanto os sistemas de liberação de energia anaeróbica quanto aeróbica  
71 quase maximamente<sup>14</sup>. Sobrecarregar os sistemas nos treinos é de fundamental  
72 importância, visto que essa tentativa de levar a fadiga é vital para a função fisiológica do  
73 corpo humano, pois evita que o ATP caia para níveis baixos que podem causar rigidez  
74 muscular ou danificar os músculos de maneira irreversíveis<sup>11</sup>.

75 Segundo Claudino *et al.* (2016)<sup>17</sup>, o Crossfit® é considerado como uma forma de  
76 treino de HIIT (*High-Intensity Interval Training*), que incorpora movimentos funcionais,  
77 multiarticulares e de alta intensidade. Entretanto, o Crossfit®, enquanto esporte se  
78 diferencia do HIIT por excluir os períodos de descanso<sup>9</sup>. Feito *et al.* (2018)<sup>16</sup> trouxeram  
79 em seu trabalho uma definição sobre o que acontece de maneira mais comum nos  
80 treinos de Crossfit®. Os autores diferenciaram o HIIT do HIFT (*High-Intensity Functional*  
81 *Training*), HIIT é caracterizado por estímulos relativamente curtos de atividade vigorosa  
82 repetida, intercaladas por períodos de descanso ou baixa intensidade exercício para  
83 recuperação, enquanto o HIFT utiliza exercícios funcionais constantemente variados e  
84 de variadas durações que podem ou não incorporar descanso<sup>16</sup>. O principal ponto em  
85 comum das duas modalidades de treinamento é precisamente a alta intensidade.

86 Jagim *et al.* (2015)<sup>18</sup> realizaram um estudo, cujo objetivo foi identificar as  
87 demandas físicas durante competições como as de Crossfit®, e constataram que essas  
88 atividades são fisicamente exigentes, além de serem executadas em alta intensidade  
89 com um grande envolvimento do sistema de energia anaeróbica, também com medidas  
90 de capacidade aeróbica que se correlacionam com o desempenho.

91 Nas competições, tradicionalmente, o objetivo principal dos *WODs* é realizar  
92 determinada tarefas, um número de repetições e exercícios, o mais rápido possível<sup>9,19</sup>,  
93 além de submeter o atleta a vários *WODs* num mesmo dia e em dias sequenciais de  
94 competição<sup>6</sup>, exigindo que o atleta lide com a fadiga e a recuperação muscular.  
95 Conforme Timón *et al.* (2019)<sup>20</sup>, *WODs* causam estresse metabólico e muscular, bem  
96 como uma diminuição no desempenho físico.

97           Essa demanda por intensidade tem preocupado a comunidade científica, o que  
98 se confirma pelas várias publicações que estudaram a relação entre a prática de  
99 Crossfit® e o risco de lesões<sup>21-25</sup>. Hak et al. (2013)<sup>21</sup> em uma análise sobre a natureza e  
100 prevalência das lesões em praticantes de Crossfit® relataram que a perda da técnica  
101 durante a fadiga extrema está associada à lesões na coluna lombar. Weisenthal et al.  
102 (2014)<sup>23</sup> relatam que a fadiga causa modificações na biomecânica do movimento o que  
103 aumenta o risco de lesões. Maté-Muñoz et al. (2017)<sup>26</sup> acrescentam que muitos  
104 exercícios utilizados no Crossfit® exigem uma técnica de movimento aprimorada além  
105 de alta potência sustentada ao longo do tempo. Desta forma, podem provocar fadiga  
106 considerável e levar à lesões em sessões de exercícios subsequentes<sup>26</sup>. Com isso, pode-  
107 se inferir que o risco de lesões pode estar intimamente relacionado com a fadiga gerada  
108 pela intensidade dos movimentos exigidos durante a execução dos *WODs*<sup>26</sup>.

109           Tibana *et al.* (2016)<sup>4</sup> investigaram as respostas fisiológicas dos marcadores de  
110 dano muscular, interleucina-6 (IL-6), interleucina-10 (IL-10), osteoprotegerina, lactato e  
111 glucose, e as possíveis causas da fadiga durante duas sessões consecutivas de Crossfit®.  
112 Os autores advertem que seja incorporado sessões de menor intensidade e/ou dias de  
113 descanso com intuito de ajudar a minimizar os distúrbios imunológicos<sup>4</sup>. De maneira  
114 análoga, Heavens *et al.* (2014)<sup>15</sup> também analisaram os efeitos dos treinos de alta  
115 intensidade nos marcadores de dano muscular, creatina quinase (CK), IL-6, mioglobina  
116 e testosterona, e vão além ao recomendar que a intensidade dos treinos deve ser  
117 individualmente escalonada afim de minimizar o risco de lesão e apontam para a  
118 importância de períodos de recuperação e dias de descanso entre as sessões de  
119 treinamento de alta intensidade. O aumento da concentração de CK no sangue parece  
120 ter relação com o aumento da citocina pró-inflamatória IL-6, que está intimamente  
121 ligada ao aumento de neutrófilos no período de recuperação muscular<sup>27,28</sup>.

122           Neste cenário, existe uma busca constante por ferramentas que possam atenuar  
123 os danos causados pelo exercício intenso, a fim de diminuir o tempo entre as práticas e  
124 aumentar o rendimento do atleta minimizando o risco de lesões. Como resposta à essa  
125 procura podemos identificar na literatura recente mais de cinquenta estudos  
126 controlados e randomizados publicados neste campo, mostrando que a terapia de  
127 fotobiomodulação (TFBM) pode não apenas aumentar o desempenho em sujeitos

128 saudáveis em um ambiente controlado, mas também em atletas de alto nível em testes  
129 de campo<sup>29</sup>.

130 A TFBM, com laser de baixa potência (LBP) ou luz emitida por diodos (LED), vem  
131 sendo utilizada com diferentes fins terapêuticos desde o final da década de 1960,  
132 quando houve um grande avanço na produção dos equipamentos e em suas aplicações  
133 na área médica<sup>30,31,32</sup>. Consiste na aplicação de luz de baixa potência, Laser ou LED, sobre  
134 o tecido biológico modulando a atividade biológica e celular<sup>33</sup>. Esses efeitos de  
135 modulação, estimulam ou inibem os processos celulares e biológicos<sup>33</sup>. O aumento da  
136 atividade celular, tanto em divisão quanto em síntese, tem sido relacionado ao  
137 comprimento de onda e dose utilizada, não especificamente à fonte de luz<sup>34</sup>. Isso se  
138 explica por meio das características da radiação da luz, que são:

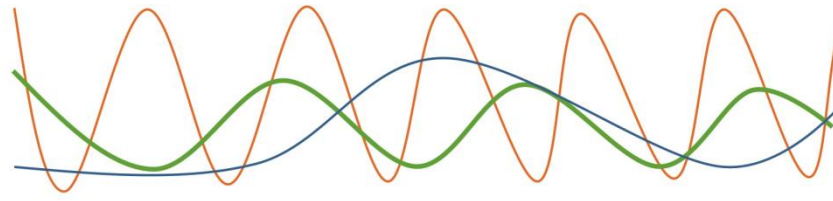
139 - Coerência: significa que a radiação está em fase, ou seja, os campos elétricos e  
140 magnéticos ocorrem ao mesmo tempo, coerência temporal. Além disso, esses campos  
141 seguem em mesma direção, coerência espacial<sup>35</sup>.

142 - Colimação: consequente da coerência espacial indica que o laser permanece  
143 em um feixe paralelo. Devido ao fato de a radiação não divergir, a energia é propagada  
144 durante distâncias muito longas<sup>35</sup>.

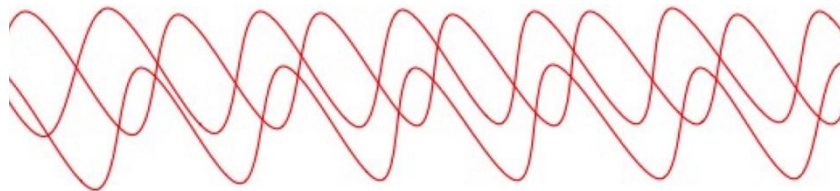
145 - Monocromaticidade: indica que o laser apresenta distribuição espectral  
146 estreita, está em uma frequência específica, portanto, tem um único comprimento de  
147 onda no espectro visível ou invisível<sup>35</sup>.

148 Os LEDs são diodos emissores de luz de radiação monocromática e não-coerente,  
149 já o laser possui radiação monocromática e coerente<sup>36</sup>. Os resultados positivos da  
150 utilização desse tipo de terapia podem ser alcançados com os dois tipos de fonte de luz,  
151 pois ao interagir com o tecido biológico a radiação laser sofre os mesmos efeitos que  
152 qualquer outra radiação eletromagnética, ocorrendo reflexão, refração e absorção. A  
153 radiação é tanto disseminada como absorvida, fato que indica que a propriedade de  
154 colimação diminui e a de coerência é perdida nas primeiras camadas do tecido  
155 biológico<sup>34</sup>. De tal modo, os efeitos de fotobiomodulação tecidual não são atribuídos à  
156 coerência da luz, mas sim ao comprimento de onda e a dose<sup>34</sup>.

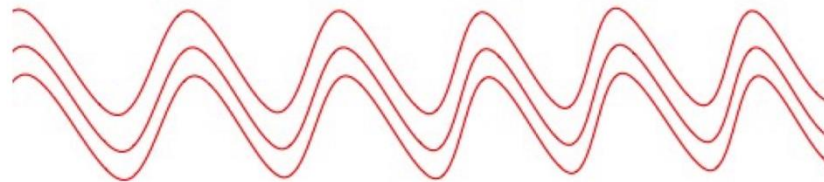




A: Luz do sol - muitas cores diferentes



B: LED - radiação monocromática e não-coerente



C: LASER - radiação monocromática e ondas coerentes (caminhos paralelos e sincronizados)

157

158 **Figura 1** . Características da radiação comum (A) e das radiações emitidas pela luz LED  
 159 e pela luz LASER (B e C)<sup>36</sup>

160

161 Além disso, é importante ressaltar que o uso dessa modalidade de tratamento  
 162 clínico é seguro e não produz efeito térmico sobre os tecidos independente do tom da  
 163 pele<sup>37</sup>.

164 Estudos prévios demonstraram que a terapia com a utilização de TFBM foi capaz  
 165 de inibir a elevação dos níveis de CK e acelerar a remoção de lactato sanguíneo após o  
 166 exercício, diminuindo o tempo de recuperação muscular e melhorando a  
 167 performance<sup>32,38,39</sup>. O LED possui efeitos semelhantes aos da LBP na atenuação da fadiga  
 168 muscular e na melhora da recuperação pós-exercício<sup>40,41</sup>.

169 Recentemente estudos utilizando a fotomagnetoterapia (TFBM/CME),  
 170 combinando diferentes comprimentos de onda (905nm super-pulsado laser, 875nm  
 171 LEDs e 660nm LEDs) agindo de maneira sinérgica, mostraram efeitos benéficos na  
 172 recuperação da fadiga muscular<sup>42,43,44</sup>. A utilização da combinação LBP e LED pode

173 atenuar os efeitos da fadiga, auxiliar a recuperação muscular e conseqüentemente  
174 melhorar o desempenho de atletas, sugerindo a diminuição do risco de lesões<sup>42,43,44</sup>.  
175 Estudos, também demonstraram diminuição no tempo de recuperação muscular e  
176 melhora do desempenho muscular geral, com a utilização da TFBM<sup>45,46</sup>.

177 Juntamente com a TFBM dispomos da ação do campo magnético estático (CME).  
178 Os CMs são campos de força produzidos pela movimentação de correntes elétricas, que  
179 atuam em outras cargas móveis e interagem com alguns processos biológicos<sup>47</sup>. A  
180 interação entre CME e tecido biológico promove o aumento da produção de adenosina  
181 trifosfato mitocondrial (ATP) e diminui o estresse oxidativo<sup>47,48,49</sup>. Autores afirmam que  
182 esses efeitos podem ser benéficos para algumas condições osteomusculares<sup>48,49</sup>.  
183 Evidências sugerem que o uso do CME apresentou efeitos positivos no alívio da dor em  
184 condições de osteoartrite<sup>50,51</sup>.

185 Autores também demonstraram que o uso do CME associado a TFBM gera maior  
186 transferência de elétrons, ativando as cadeias respiratórias mitocondriais e aumentando  
187 a produção de ATP<sup>52</sup>. No cenário clínico, estudos já demonstraram que a associação da  
188 TFBM com CME promove efeitos ergogênicos<sup>53,44</sup>. Além disso, resultados positivos  
189 foram demonstrados por estudos que utilizaram a TFBM/CME na diminuição da  
190 intensidade da dor em pacientes com disfunção temporomandibular e pós artroplastia  
191 de quadril<sup>54,55</sup>. Assim, a combinação de TFBM e CME parece ter uma interação positiva  
192 na diminuição da intensidade da dor musculoesquelética.

193 Alguns autores avaliaram os efeitos da TFBM/CME na resposta fisiológica do  
194 dano muscular causado pelo exercício físico, analisando marcadores bioquímicos como  
195 a CK e o lactato desidrogenase e demonstraram atenuação do dano muscular auxiliando  
196 no processo de recuperação da função muscular<sup>56,57</sup>. Huang et al. (2009)<sup>58</sup> esclareceram  
197 que a Fotobiomodulação tem a capacidade de modular os processos fotobiológicos das  
198 células, agindo no nível mitocondrial em diversos processos e aumentando o consumo  
199 de oxigênio e produção de ATP.

200 Diferentes estudos demonstraram bons resultados com a utilização da TFBM no  
201 retardo da fadiga muscular através de testes funcionais e de laboratório, além de níveis  
202 de marcadores relacionados com dano muscular, e no aumento da remoção de lactato  
203 sanguíneo reduzindo assim o dano muscular e acelerando a recuperação muscular entre  
204 sessões de exercícios<sup>32,59,45</sup>.

205 Utilizando os mesmos parâmetros dos estudos de Antonialli *et al.* (2014)<sup>42</sup> e  
206 Miranda *et al.* (2016)<sup>43</sup>, Pinto *et al.* (2016)<sup>44</sup> avaliaram os efeitos da TFBM/CME com  
207 atletas de rugby em um teste de campo. Os autores demonstraram redução significativa  
208 do tempo médio de *sprints* e índice de fadiga, além da diminuição significativa no  
209 percentual dos níveis de lactato sanguíneo e percepção de fadiga, comprovando os  
210 efeitos na melhora do desempenho e na recuperação de atletas de rugby de alto  
211 rendimento.

212 Com relação ao melhor momento para aplicação da TFBM encontramos na  
213 literatura algumas divergências, não só quando o objeto de estudo estava relacionado  
214 as capacidades de força<sup>60,61</sup>, mas também em estudos objetivando as capacidades  
215 aeróbicas e de resistência<sup>62,63,64</sup>. Vanin *et al.* (2016) em estudo para testar o melhor  
216 momento da aplicação da TFBM/CME concluíram que a terapia produz ganhos de força  
217 aprimorados quando aplicada antes do exercício<sup>61</sup>. Entretanto De Marchi *et al.* (2012)  
218 apresentaram resultados favoráveis com a aplicação prévia ao treino aeróbico<sup>64</sup>.  
219 Contudo, Miranda *et al.* (2017) observaram melhores resultados em treinamento de  
220 endurance com esteira ergométrica quando a TFBM/CME foi aplicada antes e depois das  
221 sessões de exercícios quando comparado com outros momentos de aplicação, sendo  
222 que essa modalidade de aplicação, antes e depois, apresentou um resultado três vezes  
223 superior do que apenas o exercício. Esses resultados abrangeram aumento da captação  
224 de oxigênio e no tempo até a exaustão, além de reduzir a gordura corporal em  
225 voluntários sedentários saudáveis em um programa de treinamento aeróbico<sup>63</sup>. Além  
226 disso, quando o objeto de estudo eram as demandas anaeróbicas Pinto *et al.* (2016)<sup>44</sup>  
227 encontram resultados positivos com a aplicação da TFBM/CME prévia a um teste de  
228 campo.

229 Muitos estudos utilizando a TFBM/CME a fim de retardar a fadiga e aumentar a  
230 performance obtiveram resultados positivos em diferentes tipos de exercício<sup>42,43,44</sup>.  
231 Desta forma, a prática do Crossfit® - tendo em vista a alta intensidade exigida e a  
232 característica mista com relação a utilização tanto de força quanto de resistência  
233 aeróbica e muscular - requer uma boa tática de recuperação visando deixar o atleta  
234 pronto para os próximos *WODs* em dias de treino ou competição. Sendo assim, torna-  
235 se necessário entender qual a melhor estratégia de utilização da TFBM/CME, bem com  
236 o melhor momento de aplicação pré e/ou pós *WOD*.

237           2. HIPÓTESE DA PESQUISA:

238

239           Com base em estudos anteriores realizados por diversos grupos de pesquisa em  
240 laboratório e em teste de campo, apresentamos a hipótese de que a TFBM/CME com a  
241 combinação de diferentes fontes de luz é capaz de melhorar a recuperação muscular  
242 diminuindo os níveis dos marcadores inflamatórios relacionados ao dano muscular,  
243 aumentando assim o desempenho do atleta de Crossfit®.

244 3. OBJETIVOS:

245

246 **3.1 Geral:**

247 O estudo teve como objetivo estudar os efeitos da TFBM/CME, combinando  
248 diferentes fontes de luz e campo magnético estático, no desempenho e recuperação  
249 muscular de atletas de Crossfit® em diferentes momentos de aplicação, pré *WOD* e/ou  
250 pós *WOD*.

251

252 **3.2. Específicos:**

253 - Identificar o melhor momento de aplicação da TFBM/CME para auxiliar na  
254 capacidade de recuperação muscular.

255 - Analisar os efeitos da TFBM/CME na capacidade de recuperação muscular em  
256 um teste funcional.

257 - Analisar os efeitos da TFBM/CME nos marcadores bioquímicos inflamatórios  
258 relacionados ao dano muscular.

259

## 260 4. METODOLOGIA

261

### 262 4.1 Aspectos Éticos

263 Foi realizado um ensaio clínico randomizado, cruzado, placebo controlado e  
264 triplo-cego. Para a realização deste estudo todos os procedimentos foram submetidos à  
265 avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Nove de Julho  
266 (UNINOVE).

267

### 268 4.2 Sujeitos

269 Tendo em vista que não existem estudos verificando o efeito da  
270 fotomagnetoterapia no desempenho e na recuperação muscular pós-exercício em  
271 atletas de Crossfit<sup>®</sup>, o número de participantes foi calculado com base nos resultados  
272 obtidos na primeira semana (fase) do presente estudo. O cálculo foi realizado contando  
273 com 12 participantes (3 atletas por tratamento) por um pesquisador não envolvido nas  
274 coletas de dados e que não estava ciente sobre a alocação dos voluntários nos diferentes  
275 tratamentos. Para o cálculo amostral considerou-se o valor  $\beta$  de 20% e  $\alpha$  de 5%.

276 Nesta primeira semana/fase, verificou-se que a aplicação de fotomagnetoterapia  
277 aplicada de maneira efetiva antes do *WOD* resultou em uma alteração percentual no  
278 número de *squats* realizados (desfecho primário deste estudo) imediatamente após os  
279 tratamentos e *WOD* de 98,45% (desvio padrão de 7,28) com relação à avaliação pré  
280 *WOD* (*baseline* = 100%), quando aplicada de maneira efetiva após o *WOD* resultou em  
281 uma alteração percentual de 99,01% (desvio padrão de 8,11), já quando aplicada de  
282 maneira efetiva antes e após o *WOD* resultou em uma alteração percentual de 97,92%  
283 (desvio padrão de 6,53), e por fim, quando aplicada a terapia placebo antes e após o  
284 *WOD*, a alteração percentual foi de 90,88% (desvio padrão de 7,57). Para o cálculo  
285 amostral utilizamos a ferramenta *Researcher's Toolkit*.

286 (<https://www.dssresearch.com/KnowledgeCenter/toolkitcalculators/samplesizecalculators.aspx>).

288 A partir dos parâmetros explicitados acima, utilizados para o cálculo amostral,  
289 obtivemos como resultado o n de 12 voluntários por tratamento, e sendo este estudo  
290 um estudo cruzado este foi o tamanho total da amostra. Tendo em vista que o  
291 dispositivo de fotomagnetoterapia utilizado no estudo não provoca efeitos térmicos

292 deletérios<sup>37</sup>, foram recrutados voluntários de diferentes etnias e tons de coloração de  
293 pele.

294 Os voluntários foram informados sobre todos os procedimentos do estudo  
295 anteriormente a sua realização, seguido da assinatura do Termo de Consentimento Livre  
296 e Esclarecido (TCLE anexo II), conforme resolução 196/96 do Conselho Nacional de  
297 Saúde (CNS).

298

### 299 **4.3 Critérios de inclusão e exclusão**

300 Foram incluídos no estudo atletas amadores de Crossfit®, que não  
301 apresentassem histórico de lesão musculoesquelética nas regiões dos quadris, joelhos e  
302 panturrilhas no mês que antecedeu o estudo e que não estivessem fazendo uso de  
303 agentes farmacológicos. Além disso, os atletas deveriam estar praticando a modalidade  
304 há pelo menos 1 ano e se comprometessem de maneira voluntária a participar de todas  
305 as etapas.

306 Os indivíduos que não atenderam aos critérios supramencionados, ou que  
307 apresentaram lesão musculoesquelética ou articular durante a realização das coletas de  
308 dados foram excluídos do estudo.

309

### 310 **4.4 Randomização e Cegamento**

311 Os testes realizaram-se em quatro etapas, uma etapa por semana, com duração  
312 total de quatro semanas. Na primeira etapa todos os atletas realizaram os  
313 procedimentos para a avaliação basal (pré-*WOD*) e avaliação pós *WOD*, sendo estas: 1  
314 hora, 24 horas e 48 horas após. Na primeira etapa, após a avaliação basal um  
315 pesquisador realizou um sorteio para saber qual a sequência de tratamento que o grupo  
316 deveria seguir.

317 Existe quatro possíveis maneira de realizar o tratamento, duas referentes a  
318 programação da TFBM/CME (ativa ou placebo) e outras duas referente ao momento da  
319 aplicação (antes ou depois do *WOD*). Desta forma as possibilidades se encerravam entre:  
320 placebo pré *WOD* e placebo pós *WOD*, placebo pré *WOD* e fotomagnetoterapia ativa  
321 pós *WOD*, fotomagnetoterapia ativa pré *WOD* e placebo pós *WOD* ou ainda  
322 fotomagnetoterapia ativa pré *WOD* e fotomagnetoterapia ativa pós *WOD*.

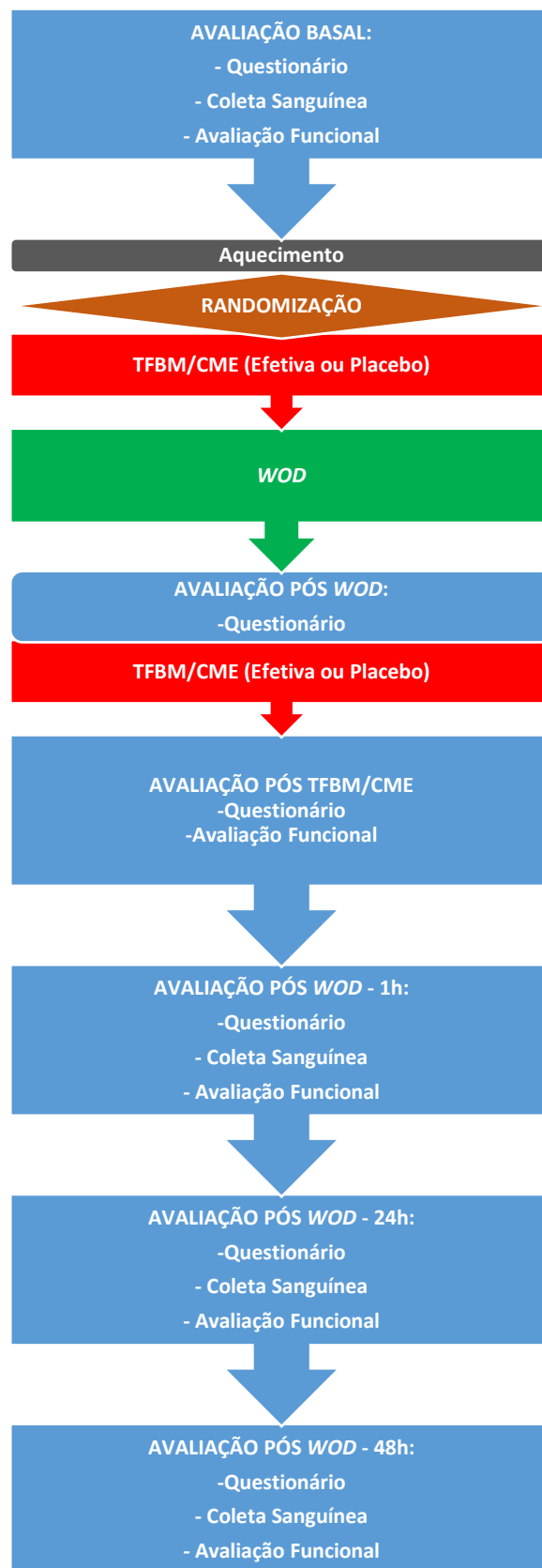
323 A ordem dos tratamentos foi determinada por randomização, para tanto foram  
324 gerados códigos no site random.org para garantir que na etapa 1, 1/4 dos atletas  
325 receberia placebo pré *WOD* e placebo pós *WOD*, 1/4 placebo pré *WOD* e TFBM/CME  
326 ativa pós *WOD*, 1/4 TFBM/CME ativa pré *WOD* e placebo pós *WOD* ou ainda 1/4  
327 TFBM/CME ativa pré *WOD* e TFBM/CME ativa pós *WOD* respectivamente. Para as etapas  
328 seguintes (2, 3 e 4) também foram incorporados 25% do número de atletas por  
329 combinação de tratamento, a fim de contrabalançar o número de atletas por  
330 combinação de tratamento durante as quatro etapas do estudo.

331 O pesquisador designado para realizar a randomização não teve conhecimento  
332 sobre a alocação dos tratamentos.

333 O equipamento de TFBM/CME foi programado por um pesquisador que não  
334 participou de nenhuma etapa da coleta de dados e análise dos dados, e foi instruído a  
335 não revelar a programação até a finalização do estudo. Tanto a TFBM/CME ativa quanto  
336 placebo têm o mesmo aspecto de luz e tempo de aplicação, proporcionando o  
337 cegamento adequado dos pesquisadores e atletas. Além disso, os atletas utilizaram  
338 óculos opaco de proteção e para garantir o cegamento dos atletas. O fluxograma (figura  
339 2) apresentado nos procedimentos exhibe o detalhamento e todos os processos que  
340 foram adotados na execução do presente estudo.



## 4.5 Procedimentos



342

343

344

**Figura 2:** Fluxograma dos Testes

#### 4.5.1 Avaliações

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

**Avaliação Qualitativa – RPE (*Ratings of perceived exertion*):** como um indicador de carga interna, utilizamos a escala de percepção de esforço CR-100<sup>65,66</sup>(ANEXO III). Essa escala é simples, não-invasiva, sem custos e validada para mensuração da percepção da intensidade do exercício<sup>67,68</sup>. Além disso é considerada mais precisa do que a escala CR-10<sup>65,69</sup>. A fim de diferenciar o esforço percebido na musculatura de membros inferiores e na capacidade cardiorrespiratória, os atletas foram questionados a atribuir uma nota de 0 a 100 para o cansaço/fadiga nas pernas (RPE-MI) e cansaço cardiorrespiratório (RPE-R). Para isso, duas escalas idênticas foram apresentadas ao atleta para que ele quantificasse o seu estado naquele momento específico. Todos os detalhes quanto ao preenchimento e a interpretação da escala foram fornecidos antes de qualquer procedimento e os pesquisadores certificaram-se da compreensão de cada atleta. O preenchimento foi realizado individualmente antes de cada etapa (etapa 1, etapa 2, etapa 3 e etapa 4) e também imediatamente após cada *WOD*, repetindo-se em todos os momentos das avaliações (1h, 24h e 48h).

361

362

363

364

365

**Coletas sanguíneas:** Foram coletadas amostras sanguíneas (5ml, através de punção da veia ante cubital) previamente ao *WOD* (basal) e 1h, 24 e 48 horas após o *WOD*, uma vez que, o dano muscular pós-exercício e o processo inflamatório causado por esse dano apresentam um pico em seu curso temporal de até 48 horas após a atividade<sup>42,61,70</sup>.

366

367

368

369

As amostras foram coletadas por uma enfermeira que não teve conhecimento sobre a alocação do grupo na terapia. Uma hora após a obtenção de cada amostra, as mesmas foram centrifugadas a 3000 rpm durante 20 minutos. O soro foi armazenado em tubos (Eppendorf®) e mantido a -80° C para posteriores análises.

370

371

372

373

A partir das amostras sanguíneas coletadas foi analisada a atividade enzimática de creatina quinase (CK) como marcador indireto de dano muscular (por espectrofotometria e com uso de kits de reagentes específicos fabricados pela Labtest® - Brasil).

374 Também foram analisados os níveis da citocina Interleucina-6 (IL-6), como  
375 marcador pró-inflamatório (através do método ELISA e utilizando kits de reagentes BD®  
376 e seguindo as instruções do próprio fabricante).

377 Os resultados foram interpretados usando a fórmula 2-Ct (Ct: número de ciclos  
378 necessários para atingir o limiar de fluorescência acima do valor de fundo - background)  
379 que relaciona a expressão do gene de interesse comparado aquela do gene controle  $\beta$ -  
380 actina. Todas as análises foram realizadas em triplicata e o valor mediano foi considerado  
381 para análise estatística.

382

383 **Avaliação Funcional - Máximo Número de Repetições de Agachamento Livre**  
384 **em 1 minuto:** como um indicador de capacidade funcional utilizamos um teste simples  
385 de agachamento livre, sendo instruído ao atleta que realizasse o maior número de  
386 repetições dentro de 1 minuto. Um avaliador contou o número de repetições válidas e  
387 determinou como repetição não válida aquela em que o atleta não quebrasse a linha  
388 paralela da patela com relação a crista ilíaca na fase profunda do movimento ou não  
389 finalizasse o movimento com uma extensão completa dos joelhos e quadril na fase de  
390 inicial e final.

391 Essa avaliação foi realizada previamente ao *WOD* (basal), logo após o  
392 tratamento, 1h, 24 e 48 horas após o *WOD*.

393

394 ***Workout of the Day:*** Os atletas foram submetidos a um *WOD* cuja o objetivo era  
395 finalizar no menor tempo possível uma sequência de três exercícios (Calorias na Assault  
396 AirBike®, Hang Squat Clean e Box Jump Over), em um modelo de série já bem conhecido  
397 dos atletas de 21-15-9, sem descanso.

398 Na primeira série os atletas deveriam completar vinte e uma (21) repetições, na  
399 segunda o número de repetições baixava para quinze (15) e na última reduzia para nove  
400 (9) repetições.

401 Calorias na Assault AirBike® - foi utilizado o modelo mais popular e também o  
402 mesmo utilizado durante o Crossfit® Games, para contabilizar as repetições os atletas  
403 deveriam pedalar a bicicleta até alcançarem o número de repetições exigido em calorias.

404 Hang Squat Clean – o exercício iniciava-se com o atleta de pé com o corpo todo  
405 estendido segurando uma barra junto ao corpo, com 40kg de peso total, o atleta deveria

406 lançar a barra até os ombros enquanto efetuava um agachamento completo, fazendo  
407 com que o quadril quebre a linha paralela da patela com relação a crista ilíaca na fase  
408 profunda do movimento, e finalizava o movimento estendendo novamente o corpo.

409 Box Jump Over – nesse exercício o atleta deveria saltar para cima de uma caixa  
410 de uma altura de 60,69 centímetros, tocando no alto da caixa com os dois pés e saltando  
411 para o solo do lado oposto para contabilizar cada repetição.

412 Durante todo o *WOD*, um avaliador contabilizou o número de repetições bem  
413 como fiscalizou a validade das mesmas.

414

#### 415 **4.5.2 Fotomagnetoterapia**

416 A TFBM/CME foi aplicada em dois momentos em todas as etapas. Com base na  
417 randomização o grupo realizou uma das quatro possibilidades de aplicação em cada dia,  
418 esgotando as possibilidades diferentes na quarta etapa. Foram elas:

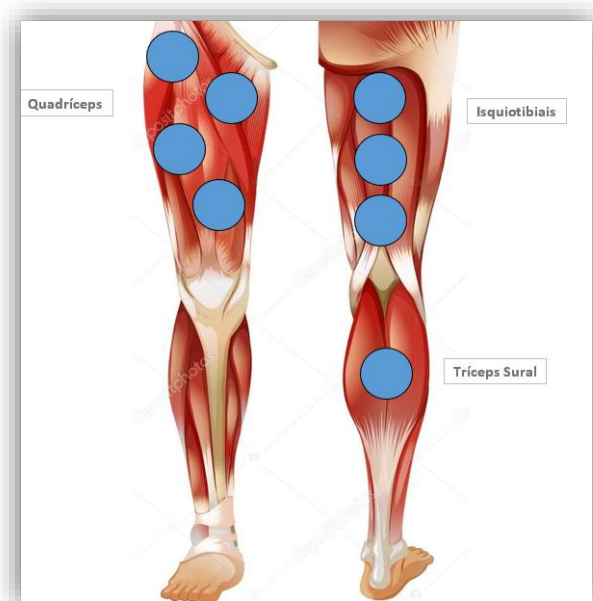
419 1- fotomagnetoterapia efetiva antes do *WOD* e fotomagnetoterapia placebo  
420 depois do *WOD*;

421 2- fotomagnetoterapia placebo antes do *WOD* e fotomagnetoterapia efetiva  
422 depois do *WOD*;

423 3- fotomagnetoterapia efetiva antes do *WOD* e fotomagnetoterapia efetiva  
424 depois do *WOD* ou

425 4- fotomagnetoterapia placebo antes do *WOD* e fotomagnetoterapia placebo  
426 depois do *WOD*.

427 A aplicação da TFBM/CME foi realizada com o equipamento em contato direto  
428 com a pele e leve pressão em: 4 locais na região dos músculos extensores de  
429 joelho/flexor de quadril, 3 locais nos músculos flexores de joelho/extensores de quadril  
430 e 1 local nos músculos flexores plantares, conforme ilustrado na figura 2. A TFBM/CME  
431 foi aplicada nos dois membros inferiores, e a programação (efetiva ou placebo)  
432 obedeceu a alocação dos voluntários nas intervenções experimentais.



**Figura 3:** Locais de irradiação

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

Para a aplicação da TFBM/CME foi utilizado um cluster com 20 diodos, sendo 4 de 905 nm (1,25 de potência média, 50 W de potência de pico para cada diodo), 8 de 850 nm (40 mW de potência média para cada diodo) e 4 de 633 nm (25 mW de potência média para cada diodo), fabricado pela Multi Radiance Medical® (Solon, OH, EUA). Tendo em vista a extensa área de irradiação empregada no presente estudo, o uso de *clusters* torna-se necessário. Os parâmetros da TFBM/CME estão descritos detalhadamente na Tabela 1.

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

A dose utilizada para as aplicações da TFBM/CME foi de aproximadamente 270 J para extensores de joelho/flexores de quadril, 180 J para flexores de joelho/extensores de quadril, e 60 J para flexores plantares. As doses foram estipuladas com base na janela terapêutica evidenciada pela recente revisão sistemática de Vanin *et al.* (2018)<sup>71</sup> e as diretrizes de prática clínica de Leal-Junior *et al.* (2019)<sup>29</sup>, que demonstram resultados significantes na recuperação muscular, diminuição da dor muscular tardia e modulação do nível do marcador bioquímico relacionado ao dano muscular. Além disso, as doses utilizadas por grupamento muscular foram previamente otimizadas para a tecnologia que foi utilizada com base em diversas pesquisas realizadas por nosso grupo em ambiente laboratorial por Antonialli *et al.* (2014)<sup>42</sup>, De Paiva *et al.* (2016)<sup>70</sup> e Miranda *et*

453 al.(2018)<sup>72</sup>, em teste de campo Pinto et al. (2016)<sup>44</sup> e em situações esportivas reais,  
 454 como no estudo de De Marchi et al. (2019)<sup>73</sup>.

455

456 **Tabela 1 – Parâmetros TFBM/CME**

	Extensores Joelho	Flexores Joelho	Flexores Plantar
Números de Lasers	4	4	4
Comprimento de onda (nm)	905	905	905
Frequência (Hz)	250	250	250
Pico de energia (W) - cada	50	50	50
Potência media de saída (mW) - cada	1,25	1,25	1,25
Densidade de potência (mW/cm <sup>2</sup> ) - cada	3,91	3,91	3,91
Densidade de energia (J/ cm <sup>2</sup> ) - cada	0,50	0,44	0,44
Dose (J) – cada	0,16	0,14	0,14
Diâmetro do feixe de luz (cm <sup>2</sup> ) - cada	0,32	0,32	0,32
Números de LEDs vermelho	8	8	8
Comprimento de onda (nm)	633	633	633
Frequency (Hz)	2	2	2
Potência media de saída (mW) - cada	25	25	25
Densidade de potência (mW/cm <sup>2</sup> ) - cada	29,41	29,41	29,41
Densidade de energia (J/ cm <sup>2</sup> ) - cada	3,79	3,39	3,39
Dose (J) – cada	3,22	2,88	2,88
Diâmetro do feixe de luz (cm <sup>2</sup> ) - cada	0,85	0,85	0,85
Números de LEDs infravermelho	8	8	8
Comprimento de onda (nm)	850	850	850
Frequência (Hz)	250	250	250
Potência media de saída (mW) - cada	40	40	40
Densidade de potência (mW/cm <sup>2</sup> ) - cada	71,23	71,23	71,23
Densidade de energia (J/ cm <sup>2</sup> ) - cada	9,21	8,21	8,21
Dose (J) – cada	5,16	4,60	4,60
Diâmetro do feixe de luz (cm <sup>2</sup> ) - cada	0,56	0,56	0,56
Campo Magnético (mT)	110	110	110
Tempo de irradiação por ponto (seg)	129	115	115
Dose total por ponto (J)	67,68	60,76	60,76
Dose total de aplicação por grupo muscular (J)	270,72	182,28	60,76
Abertura do dispositivo (cm <sup>2</sup> )	33	33	33
Modo de aplicação	Equipamento mantido perpendicularmente em contato com a pele e leve pressão.	Equipamento mantido perpendicularmente em contato com a pele e leve pressão.	Equipamento mantido perpendicularmente em contato com a pele e leve pressão.

457

## 5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

458

459

460 O desfecho primário do presente estudo foi a alteração percentual no número  
461 de *squats* realizados com relação à avaliação pré *WOD*. Todos os dados foram analisados  
462 tanto em seus valores absolutos quanto com relação a sua variação em percentual a  
463 partir dos valores obtidos nas avaliações pré-*WOD* (*baseline*). Os resultados obtidos  
464 foram testados quanto a sua normalidade através do teste de Kolmogorov-Smirnov.  
465 Como os dados apresentaram distribuição normal foi utilizado o teste de ANOVA (uma  
466 ou duas vias dependendo do desfecho analisado) com post-hoc Bonferroni. O nível de  
467 significância estatística utilizado foi de  $p < 0,05$ . Os dados estão descritos em valores  
468 médios com os respectivos desvios padrão. Já nos gráficos os dados estão expressos em  
469 valores médios e erro padrão (para permitir melhor visualização).

470           6. RESULTADOS

471           O total de doze atletas de Crossfit® com idade média de 27 ( $\pm 5,54$ ) anos, altura  
472           média de 176 ( $\pm 5,6$ ) centímetros e com peso médio de 81,5 ( $\pm 3,9$ ) quilogramas concluiu  
473           o estudo. Todos os participantes praticavam Crossfit® há pelo menos um ano e tinham  
474           vasta experiência nos movimentos que lhes foi exigido no *WOD* em conteúdo.

475           Não houve diferença estatística com relação ao aprendizado do protocolo, visto  
476           que durante as quatro semanas de estudo não houve variações estatisticamente  
477           significativas ( $p > 0,05$ ) nos resultados referentes aos tempos do *WOD* quando  
478           desconsiderados os tratamentos recebidos. Na primeira semana a média dos tempos  
479           (em segundos) foi 514,90 ( $\pm 77,52$ ), na segunda 486,50 ( $\pm 67,43$ ), na terceira 489,80  
480           ( $\pm 94,39$ ) e 474,50 ( $\pm 106,60$ ) na quarta e última semana.

481           A tabela abaixo (Tabela 2) apresenta um sumário dos valores absolutos  
482           referentes aos resultados coletados no teste funcional, questionário subjetivo de  
483           esforço (RPE) respiratório e muscular. Além dos dados obtidos por meio da análise dos  
484           marcadores bioquímicos de dano muscular, CK e IL-6, bem como, as diferenças entre os  
485           atletas tratados comparadas ao placebo e nos diferentes momentos avaliados.



**Tablela 2:** Resultado do Teste Funcional, Subjetivo (RPE) e Bioquímicos

Variável	Grupo	Basaline	Imediatamente após WOD	Imediatamente após Tratamento	1h depois	24h depois	48h depois
<b>Teste Funcional (Repetições)</b>	Placebo - Placebo	67,64 (±6,09)	—	62,09 (±8,15)	66,36 (±5,55)	66,45 (±6,98)	65,82 (±7,45)
	Placebo + PBMT/sMF	63,09 (±8,04)	—	63,82 (±6,69)	65,27 (±6,53)	67,18 (±6,93)	67,45 (±6,64)
	PBMT/sMF + Placebo	65,73(±7,32)	—	63,27 (±9,02)	66,18 (±5,31)	67,09 (±5,50)	67,73 (±6,15)
	PBMT/sMF + PBMT/sMF	65,91 (±6,82)	—	61,55 (±9,17)	65,64 (±6,31)	67,45 (±6,28)	67,45 (±5,20)
<b>RPE Respiratório</b>	Placebo - Placebo	5,81 (±12,10)	80 (±27,84)	14,81 (±18,24)	8,54 (±13,99)	2,54 (±5,04)	1,92 (±4,35)
	Placebo + PBMT/sMF	3,85 (±5,96)	84,23 (±19,88)	15,92 (±21,41)	4,77 (±88,89)	1,15 (±3,00)	1,00 (±2,83)
	PBMT/sMF + Placebo	1,311 (±1,11)	81,85 (±19,98)	13,31 (±13,46)	2,38 (±4,44)	3,00 (±6,36)	2,52 (±8,27)
	PBMT/sMF + PBMT/sMF	5,00 (±7,70)	78,20 (±26,96)	16,80 (±21,18)	7,60 (±12,06)	2,00 (±6,32)	0,70 (±1,64)
<b>RPE Muscular</b>	Placebo - Placebo	9,27 (±8,81)	81,92 (±29,08)	27,92 (±23,85)	10,58 (±11,35)	12,19 (±11,79)	11,38 (±15,98)
	Placebo + PBMT/sMF	10,35 (±15,00)	90,38 (±15,34)	26,85 (±19,78)	16,25 (±15,89)	7,35 (±6,88)	6,85 (±14,18)
	PBMT/sMF + Placebo	5,27 (±8,37)	91,54 (±17,37)	24,77 (±20,00)	13,54 (±20,01)	12,77 (±11,59)	9,22 (±12,87)
	PBMT/sMF + PBMT/sMF	9,2 (±15,33)	82,00 (±20,44)	33,30 (±26,22)	11,45 (±12,95)	8,50 (±11,65)	5,75 (±6,49)
<b>CK (µ/l)</b>	Placebo - Placebo	145,29 (±115,80)	—	—	170,52 (±130,38)	207,93 (±167,92]	198,94 (±192,23)
	Placebo + PBMT/sMF	153,10 (±120,34)	—	—	163,01 (±125,30)	170,74 (±54,80)	110,45 (±99,73)
	PBMT/sMF + Placebo	158,60 (±127,39)	—	—	168,70 (±123,27)	189,04 (±157,47)	127,65 (±104,57)
	PBMT/sMF + PBMT/sMF	190,38 (±188,89)	—	—	199,21 (±209,30)	198,78 (±203,80)	145,16 (±149,84)
<b>IL-6 (pg/ml)</b>	Placebo - Placebo	8,95 (±2,76)	—	—	13,43 (±2,88)	11,94 (±3,05)	12,78 (±3,93)
	Placebo + PBMT/sMF	8,76 (±2,5)	—	—	12,43 (±3,34)	8,08 (±2,72) <sup>aaaa</sup>	10,24 (±2,55) <sup>bb</sup>
	PBMT/sMF + Placebo	8,16 (±1,51)	—	—	10,68 (±1,80)	7,79 (±1,44) <sup>aaaa</sup>	9,38 (±2,17) <sup>aa</sup>
	PBMT/sMF + PBMT/sMF	8,58 (±2,06)	—	—	12,77 (±3,24)	8,25 (±2,04) <sup>aaaa</sup>	9,75 (±2,59) <sup>dddd</sup>

aaaa Diferença entre TFBM/sMF + Placebo com Placebo+Placebo (p < 0.0001)

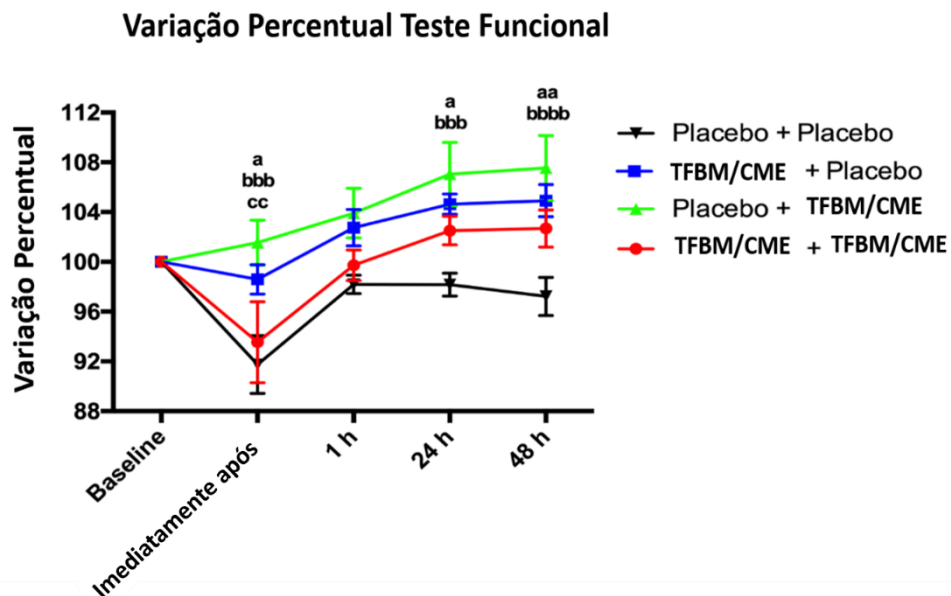
bb Diferença entre Placebo+TFBM/sMF com Placebo+Placebo (p < 0.01)

aa Diferença entre TFBM/sMF + Placebo com Placebo+Placebo (p < 0.01)

dddd Diferença entre TFBM/sMF + TFBM/sMF com Placebo+Placebo (p < 0.0001)

Valores estão em Média e Desvio Padrão

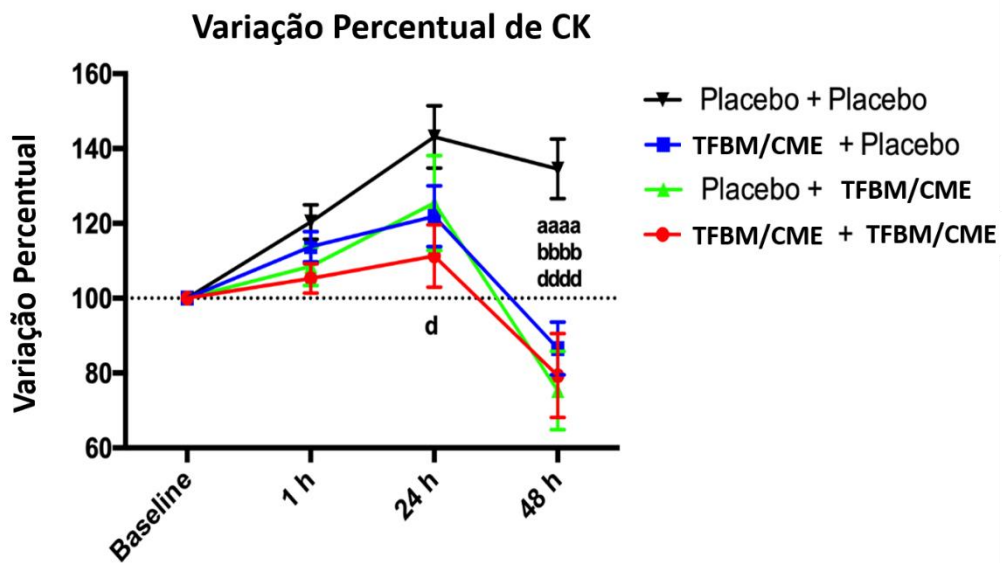
487 A figura abaixo mostra o gráfico da variação percentual do número de repetições  
 488 na avaliação funcional, teste de repetições máximas de agachamento livre em 60  
 489 segundos. A aplicação após o *WOD* demonstrou diferença estatisticamente  
 490 significativa nos seguintes momentos: imediatamente após a TFBM/CME, 24h ( $p < 0.001$ )  
 491 e 48h ( $p < 0.0001$ ) após o *WOD*.



492  
 493 **Figure 4** – Gráfico da Variação Percentual no Número de Agachamentos Realizados. Os  
 494 dados são apresentados em média e desvio padrão. a indica significância estatística de  $p < 0,05$  em  
 495 comparação entre PBMT / sMF + Placebo e Placebo + Placebo; aa indica significância estatística de  $p < 0,01$   
 496 em comparação entre PBMT / sMF + Placebo e Placebo + Placebo; bbb indica significância estatística de  
 497  $p < 0,001$  em comparação entre Placebo + PBMT / sMF e Placebo + Placebo; bbbb indica significância  
 498 estatística de  $p < 0,0001$  em comparação entre Placebo + PBMT / sMF e Placebo + Placebo; cc indica  
 499 significância estatística de  $p < 0,01$  em comparação entre Placebo + PBMT / sMF e PBMT / sMF + PBMT /  
 500 sMF.

501  
 502 Na figura abaixo estão apresentados os dados da variação da coleta de CK em  
 503 porcentagem. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os momentos de  
 504 aplicação da terapia. Porém, houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ )  
 505 quando comparamos os atletas que receberam tratamento efetivo antes e depois do  
 506 *WOD* em relação aos atletas que receberam apenas placebo. Também encontramos  
 507 diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.0001$ ) quando comparamos os atletas que

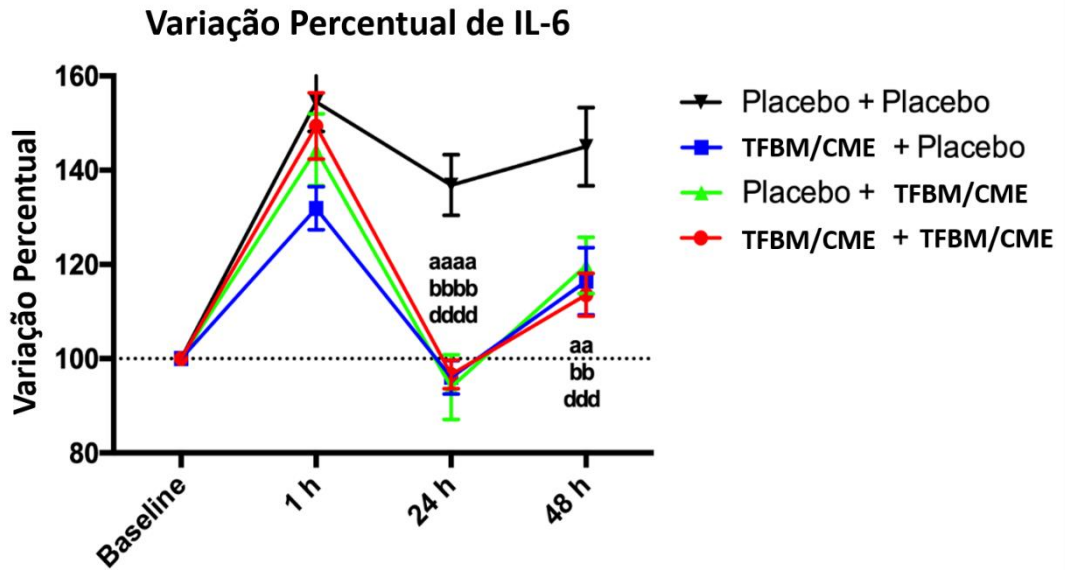
508 receberam tratamento ativo, em todos os momentos, e os que receberam placebo antes  
509 e depois do *WOD* na avaliação 48 horas após a realização do *WOD*.



510  
511 **Figure 5** – Gráfico da Variação Percentual nos Níveis de CK. Os dados são apresentados em  
512 média e desvio padrão. aaaa indica significância estatística de  $p < 0,0001$  em comparação entre PBMT /  
513 sMF + Placebo e Placebo + Placebo; bbbb indica significância estatística de  $p < 0,0001$  em comparação  
514 entre Placebo + PBMT / sMF e Placebo + Placebo; d indica significância estatística de  $p < 0,05$   
515 comparação entre PBMT / sMF + PBMT / sMF e Placebo + Placebo; e dddd indica significância estatística  
516 de  $p < 0,0001$  em comparação entre PBMT / sMF + PBMT / sMF para Placebo + Placebo.

517  
518 Com relação aos dados obtidos por meio da análise de IL-6, o gráfico abaixo  
519 indica que não houve diferença estatisticamente significativa quando comparado os  
520 diferentes momentos de aplicação. No entanto, quando comparamos os atletas que  
521 receberam tratamento ativo, em qualquer momento, aos atletas que receberam apenas  
522 placebo nota-se uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,0001$ ) na avaliação 24  
523 horas após o *WOD*. Já na avaliação 48 horas após o *WOD* houve uma diferença  
524 significativa estatisticamente ( $p < 0,01$ ) quando comparamos os atletas que receberam  
525 tratamento efetivo em apenas um momento, ou antes ou depois, com os atletas que  
526 receberam apenas placebo. Ainda na avaliação 48 horas após quando comparamos os  
527 atletas que receberam tratamento efetivo tanto antes quanto depois com os atletas  
528 que receberam tratamento placebo nos dois momentos encontramos uma diferença em  
529 valores percentuais estatisticamente significante de  $p < 0,001$ .

530



531

532

533 **Figure 6** – Gráfico da Variação Percentual nos Níveis de IL-6. Os dados são apresentados  
 534 em média e desvio padrão. a indica significância estatística de  $p < 0,05$  em comparação entre PBMT / sMF  
 535 + Placebo e Placebo + Placebo; aa indica significância estatística de  $p < 0,01$  em comparação entre PBMT  
 536 / sMF + Placebo e Placebo + Placebo; aaaa indica significância estatística de  $p < 0,0001$  em comparação  
 537 entre PBMT / sMF + Placebo e Placebo + Placebo; bb indica significância estatística de  $p < 0,01$  em  
 538 comparação entre Placebo + PBMT / sMF e Placebo + Placebo; bbbb indica significância estatística de  $p$   
 539  $< 0,0001$  em comparação entre Placebo + PBMT / sMF e Placebo + Placebo; ddd indica significância  
 540 estatística de  $p < 0,001$  em comparação entre PBMT / sMF + PBMT / sMF e Placebo + Placebo; dddd indica  
 541 significância estatística de  $p < 0,0001$  em comparação entre PBMT / sMF + PBMT / sMF e Placebo +  
 542 Placebo.

543

## 544 7. DISCUSSÃO

545 As metodologias de treinamento envolvendo intensidade, como HIIT, HIFT e  
546 Crossfit®, têm sido alvo de muitas pesquisas nos últimos anos no meio acadêmico. Um  
547 dos grandes objetivos de estudo são as respostas fisiológicas aos estímulos desse tipo  
548 de treinamento envolvendo performance ou fatores relacionados a lesões<sup>4,5,9,12-26</sup>.  
549 Porém até o momento, para nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que visa  
550 avaliar as respostas fisiológicas de um recurso terapêutico com objetivo de acelerar o  
551 processo de recuperação muscular e melhorar a performance de atletas de Crossfit®.

552 Como os *WODs* são frequentemente uma combinação de exercícios realizados  
553 em alta intensidade com repetições rápidas e sucessivas, limitado ou nenhum tempo de  
554 recuperação<sup>4</sup>, eles ocasionam estresse metabólico e muscular, bem como uma  
555 diminuição no desempenho físico<sup>20</sup>. As pesquisas que investigaram lesões na prática  
556 dessa atividade correlacionaram o risco de lesões com a fadiga gerada pela alta  
557 intensidade<sup>21,23,26</sup>. Por esse motivo investigar recursos terapêuticos que possam  
558 diminuir o tempo de recuperação é de suma importância. Nessa linha, temos visto  
559 muitos estudos demonstrando a eficácia da utilização da TFBM/CME na melhora do  
560 desempenho de indivíduos, tanto em ambientes controlados quanto em testes de  
561 campo<sup>29,42-44</sup>.

562 Para o presente estudo foi desenvolvido um *WOD* cuja intensão, era levar os  
563 atletas a realizarem os movimentos na maior intensidade possível, de modo a gerar  
564 fadiga e seus efeitos. Os atletas chegariam à fadiga através da realização de uma  
565 sequência de exercícios realizados no menor tempo possível, com utilização de uma  
566 atividade cíclica metabólica, movimentos ginásticos com peso corporal e movimentos  
567 de levantamento de peso. Conforme sugeriram estudos anteriores, *WODs* por tempo se  
568 mostraram mais exigentes fisicamente quando comparado com *WODs* cujo objetivo é  
569 realizar maior número de repetições em um tempo fixo<sup>20</sup>, assim como *WODs* que  
570 continham exercícios de levantamento de peso tiveram maior resposta fisiológicas  
571 quando comparado com sessões sem este elemento<sup>74</sup>.

572 O sucesso do *WOD* selecionado, em relação à obtenção da fadiga, foi  
573 demonstrado pelos dados coletados após a realização do *WOD* comparados aos dados  
574 basais, anteriores a realização do mesmo (Tabela 2). Na resposta subjetiva, no  
575 parâmetro respiratório, os atletas relataram fadiga mais de quinze vezes maior do que

576 foi observada no momento anterior ao *WOD*. Já na resposta subjetiva muscular, a fadiga  
577 referida foi aproximadamente dez vezes maior do que no primeiro momento. Outro  
578 ponto que nos leva a crer no sucesso do *WOD* escolhido, foram os dados relacionados  
579 aos marcadores bioquímicos do dano muscular, CK e IL-6. Uma vez que o aumento  
580 desses marcadores está diretamente ligado ao aumento de neutrófilos no período de  
581 recuperação muscular<sup>27,28</sup>, e que aumentos acentuados de IL-6 plasmática ocorrem  
582 apenas se o exercício envolver o trabalho de massa muscular durante período de tempo  
583 e intensidade consideráveis<sup>75</sup>. Os dados do CK apresentaram um pico de produção após  
584 24h da realização do *WOD*, enquanto o pico de produção da IL-6 ocorreu logo na  
585 primeira avaliação após a realização do exercício, 1 hora após o *WOD*.

586         Confirmando o que vem sendo demonstrado nos últimos anos<sup>29</sup>, no presente  
587 estudo a TFBM/CME se mostrou eficaz na redução da produção de marcadores de dano  
588 muscular e na melhora da performance no teste funcional em todos os momentos em  
589 que foi aplicado o tratamento efetivo, tanto antes como depois e também antes e  
590 depois, como pode ser identificado na comparação com o tratamento placebo antes e  
591 depois do *WOD*.

592         Encontramos na literatura recomendações distintas com relação ao momento de  
593 aplicação da TFBM<sup>60-64</sup>. Na aplicação associada a ganhos de força encontramos  
594 divergências entre os estudos de Vanin *et al* (2016)<sup>61</sup> que utilizou um protocolo de TFBM  
595 antes do treino. Miranda *et al.* (2016)<sup>43</sup> e De Marchi *et al.*(2012)<sup>64</sup> mostraram bons  
596 resultados em seus estudos com treinos aeróbicos e aplicação prévia à atividade. Bons  
597 resultados utilizando a TFBM antes e depois do exercício aeróbico também foram  
598 encontrados<sup>63</sup>. Saber qual melhor momento para aplicação da TFBM se fez necessária à  
599 medida que o Crossfit® tem por característica um grande envolvimento do sistema de  
600 energia anaeróbica, com medidas de capacidade aeróbica<sup>18</sup>, além de ter em sua base  
601 uma demanda pelo trabalho de força<sup>1</sup>.

602         O tratamento efetivo quando aplicado somente depois do *WOD* expressou uma  
603 vantagem perante aos outros momentos de tratamento quando analisamos a avaliação  
604 funcional. Apesar de todos os momentos de tratamentos apresentarem percentual de  
605 número de repetições superior do que o que demonstrada na terapia placebo, o  
606 momento em que foi empregue o tratamento efetivo após o *WOD* apresentou  
607 diferença estatisticamente significante ( $p < 0.001$ ) imediatamente após e 24h após e

608 diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.0001$ ) 48h depois. Constatando ser,  
609 portanto, o momento de tratamento mais eficiente neste quesito.

610 Quando observamos a resposta fisiológica do *WOD* na produção do marcador  
611 bioquímico de dano muscular CK notamos um pico em sua produção 24 horas após a  
612 atividade, confirmando o estudo de Heavens *et al.* (2014)<sup>15</sup> que analisaram os efeitos  
613 dos treinos de alta intensidade neste marcador bioquímico. Contudo, o tratamento  
614 efetivo, em qualquer momento, apresentou diferença estatisticamente significativa de  
615  $p < 0.0001$  quando comparado com a terapia placebo antes e depois do *WOD* após 48  
616 horas. Já no pico de 24 horas de produção de CK a TFBM/CME efetiva antes e depois do  
617 *WOD* demonstrou redução percentual de aproximadamente 30% com significância  
618 estatística ( $p < 0.05$ ), quando comparada com a TFBM/CME placebo. Todavia, não houve  
619 diferença estatisticamente significativa entre os momentos de tratamento. Isto  
620 demonstra que TFBM/CME foi eficaz na redução da produção desse marcador  
621 bioquímico de dano muscular, acelerando dessa forma o processo de recuperação  
622 muscular dos atletas.

623 Ao analisarmos os dados referentes a IL-6, marcador inflamatório também  
624 relacionado ao dano muscular, notamos que o *WOD* foi capaz de provocar elevação em  
625 seus níveis de concentração com um pico imediatamente após a realização, fato que  
626 corrobora os achados de outras pesquisas que estudaram a resposta deste marcador  
627 bioquímico ao treino de alta intensidade<sup>4,15</sup>. Não obstante, o tratamento efetivo pré  
628 *WOD* mostrou-se capaz de reduzir a produção de IL-6 neste período de pico,  
629 imediatamente após, se comparado com o tratamento placebo. Do mesmo modo, ao  
630 compararmos os dados relativos à coleta 24 horas após a realização do *WOD*, os efeitos  
631 da TFBM/CME nos níveis de concentração da IL-6, entre os diferentes momentos de  
632 aplicação nota-se que houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.0001$ ) entre os  
633 tratamentos efetivos, não importante se antes ou depois, e o tratamento placebo tanto  
634 antes quanto depois. Este fato aponta que a TFBM/CME foi bem-sucedida em reduzir os  
635 níveis deste marcador em aproximadamente 40%. Seguindo a linha temporal e  
636 avaliando os dados coletados 48 horas após o *WOD*, constata-se redução significativa  
637 estatisticamente entre a TFBM/CME efetiva e o tratamento placebo. Neste momento,  
638 porém, houve uma vantagem em favor da terapia efetiva aplicada pré e pós *WOD* quando  
639 comparado aos outros momentos de aplicação em apenas em um momento (pré ou pós

640 *WOD*). Nossos achados confirmam os resultados anteriores estudados por nosso grupo  
641 de pesquisa<sup>63</sup>, no qual foi observada melhora na performance de voluntários saudáveis  
642 com a aplicação da TFBM/CME antes e depois das sessões de treinamento de resistência  
643 aeróbia ao longo de doze semanas.

644 Os achados expressam que a TFBM/CME foi eficaz em modular a liberação dos  
645 marcadores bioquímicos ligados ao dano muscular em qualquer momento de aplicação,  
646 não importante se antes ou depois do *WOD*. Este dado pode ser explicado pela  
647 característica mista, já mencionada, que o Crossfit® possui com relação às demandas  
648 energéticas. Deste modo, nossos dados estão em conformidade aos estudos anteriores  
649 realizados por nosso grupo de pesquisa nos quais consideramos a primazia na utilização  
650 da TFBM/CME prévia à atividade quando associada ao treinamento de força<sup>61</sup> e pré e  
651 pós o treinamento quando a capacidade a ser treinada é a aeróbica<sup>63</sup>. Entretanto, a  
652 terapia não podendo ser realizada pré e pós *WOD*, deve se explorar a aplicação no  
653 momento posterior ao treino, visto que ao analisamos os dados do teste funcional a  
654 aplicação pós revelou-se mais eficiente. Assim, podemos sugerir que a aplicação da  
655 TFBM/CN pós *WOD* foi a mais eficaz, pois encurtou mais o tempo de recuperação para  
656 os próximos *WODs*.

657 Nossos resultados demonstram, também, que a TFBM/CME foi capaz de reduzir  
658 o dano muscular, diminuindo a esperada produção de IL-6 e de CK pós exercício<sup>4,15,27,28</sup>.  
659 A eficácia desse tipo de terapia na redução do dano muscular e melhora da performance  
660 já havia sido apontada em estudos anteriores em ambientes controlados<sup>38,41,56,57,76</sup>,  
661 testes de campo<sup>44</sup> e também em cenários reais de competição<sup>73</sup>, desta forma, extrapolar  
662 o ambiente laboratorial e comprovar os resultados na prática clínica determinando os  
663 procedimentos quanto ao momento de aplicação se faz necessário para que a  
664 TFBM/CME continue ganhando espaço dentro da área desportiva.

665



666           **8. CONCLUSÃO**

667           Os dados apresentados nesse estudo confirmam a eficácia da TFBM/CME  
668           apresentada em estudos anteriores em ambientes laboratoriais controlados, testes de  
669           campo, e em cenários reais de competição esportiva. A TFBM/CME foi capaz de modular  
670           a liberação dos marcadores bioquímicos de dano muscular, ao longo de 48 horas.  
671           Também foi capaz de reduzir o tempo de recuperação dos atletas de Crossfit® que  
672           apresentaram desempenho superior no teste funcional quando receberam TFBM/CME.  
673           Deste modo, a TFBM/CME se mostrou eficaz e os dados evidenciam preeminência na  
674           aplicação da terapia ocorrendo após a realização do *WOD*. Constatando, assim, que a  
675           TFBM/CME pós *WOD* é capaz de melhorar o desempenho de atletas de Crossfit®.

676

677 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

678

679 1- Glassman G. Foundations. (2002a) -acessado em 12/01/2020 The  
680 Crossfit® Journal, pp. 1-8.

681 2- Glassman G. What is Crossfit®. (2004a) -acessado em 12/01/2020 The  
682 Crossfit® Journal, pp 1-7

683 3- Glassman G. Understanding Crossfit®.(2007) - acessado em 12/01/2020  
684 Crossfit® Journal.56.1-2

685 4- Tibana RA, de Almeida LM, Frade de Sousa NM, Nascimento DdC, Neto  
686 IVdS, de Almeida A, de Souza VC, Lopes MdFTPL, Nobrega OdT, Vieira DCL, Navalta JW  
687 and Prestes J. Two Consecutive Days of Extreme Conditioning Program Training Affects  
688 Pro and Anti-inflammatory Cytokines and Osteoprotegerin without Impairments in  
689 Muscle Power. Front. Physiol. 7:260. doi: 10.3389/fphys. 2016.00260

690 5- Hak PT, Hodzovic E, Hickey B. The nature and prevalence of injury during  
691 Crossfit® training. J Strength Cond Res. 2013 Nov 22.  
692 DOI:10.1519/JSC.0000000000000318

693 6- <https://games.Crossfit.com/history-of-the-games> -acessado em  
694 12/01/2020

695 7- Dawson, M. C. Crossfit®: Fitness cult or reinventive institution?  
696 International Review for the Sociology of Sport, 2015. 52(3),361–379.  
697 doi:10.1177/1012690215591793

698 8- Warburton DE, Nicol C, Bredin SS: Health benefits of physical activity: the  
699 evidence. CMAJ 2006, 174:801-809.

700 9- Smith, Michael M; Sommer, Allan J; Starkoff, Brooke E and Devor, Steven  
701 T. Crossfit®-Based High Intensity Power Training Improves Maximal Aerobic Fitness and  
702 Body Composition.” Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength  
703 & Conditioning Association 2013. 27 (11): 3159–72

704 10- Boyle, Michael. O Novo Modelo de Treinamento Funcional de Michael  
705 Boyle. 2 Ed. Artmed, 2018.

706 11- Baker, Julien S. McCormick, Marie Clare. Robergs Robert A. Interaction  
707 among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. Journal of  
708 Nutrition and Metabolism, (2010). Article ID 905612, doi:10.1155/2010/905612

709 12- Tabata, I.; Nishimura, K.; Kouzaki, M.; Hirai, Y.; Ogita, F.; Miyachi, M. and  
710 Yamamoto, K. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent  
711 training on anaerobic capacity and VO<sub>2</sub> max. *Medicine & Science in Sports & Exercise*  
712 (1996) 28(10), 1327-1330.

713 13- Haifeng Zhang, Tom K. Tong, Weifeng Qiu, Xu Zhang, Shi Zhou, Yang Liu,  
714 Yuxiu He J. Comparable Effects of High-Intensity Interval Training and Prolonged  
715 Continuous Exercise Training on Abdominal Visceral Fat Reduction in Obese Young  
716 Women *Diabetes Res.* 2017: 5071740. Published online 2017 Jan 1. doi:  
717 10.1155/2017/5071740

718 14- Tabata I, Irisawa K, Kouzaki M, et al. Metabolic profile of high intensity  
719 intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc*(1997);29:390–395.

720 15- Heavens, K. R., Szivak, T. K., Hooper, D. R., Dunn-Lewis, C., Comstock, B.  
721 A., Flanagan, S. D., et al. The effects of high intensity short rest resistance exercise on  
722 muscle damage markers in men and women. *J. Strength Cond. Res.* (2014). 28, 1041–  
723 1049. doi: 10.1097/JSC.0000000000000236

724 16- Feito, Y., Heinrich, K., Butcher, S., & Poston, W. High-Intensity Functional  
725 Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports*,  
726 (2018). 6(3), 76. doi:10.3390/sports6030076

727 17- Claudino, João G, Gabbett, Tim J, Bourgeois, Frank, et al. Crossfit®  
728 Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine - Open* (2018) 4:11  
729 <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0124-5>

730 18- Jagim AR, Rader O, Jones MT, Oliver JM. The physical demands of multi-  
731 modal training competitions and their relationship to measures of performance. *J*  
732 *Strength Cond Res.* 2015.

733 19- Kliszczewicz, B., Snarr, RL., and Esco, M.. Metabolic and cardiovascular  
734 response to the Crossfit® workout ‘Cindy’: A pilot study. *J Sport Human Perf* 2014;2(2):1-  
735 9. DOI: 10.12922/jshp.0038.2014

736 20- Timón, R., Olcina, G., Camacho-Cardenosa, M., Camacho-Cardenosa, A.,  
737 Martinez-Guardado, I., & Marcos-Serrano, M. 48-hour recovery of biochemical  
738 parameters and physical performance after two modalities of Crossfit® workouts.  
739 *Biology of Sport*, 2019. 36(3), 283–289. doi:10.5114/biol sport.2019.85458

740 21- Hak PT, Hodzovic E, Hickey B. The nature and prevalence of injury during  
741 Crossfit® training. *J Strength Cond Res.* 2013; [https://doi.org/10.1519/JSC.](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000318)  
742 0000000000000318.

743 22- Joondeph SA, Joondeph BC. Retinal detachment due to Crossfit® training  
744 injury. *Case Rep Ophthalmol Med.* 2013;2013:189837

745 23- Weisenthal BM, Beck CA, Maloney MD, DeHaven KE, Giordano BD. Injury  
746 rate and patterns among Crossfit® athletes. *Orthop J Sport Med.*  
747 2014;2:2325967114531177.

748 24- Sprey JWC, Ferreira T, de Lima MV, Duarte A, Jorge PB, Santili C. An  
749 epidemiological profile of Crossfit® athletes in Brazil. *Orthop J Sport Med.* 2016;4:1–6

750 25- Summitt RJ, Cotton RA, Kays AC, Slaven EJ. Shoulder injuries in individuals  
751 who participate in Crossfit® training. *Sports Health.* 2016;8:541–6

752 26- Maté-Muñoz JL, Lougedo JH, Barba M, Garcia-Fernandez P, Garnacho-  
753 Castaño MV, Dominguez R Muscular fatigue in response to different modalities of  
754 Crossfit® sessions. *PLoS ONE* (2017). 12(7):e0181855.  
755 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181855>

756 27- Bruunsgaard H, Galbo H, Halkjaer-Kristensen J, Johansen TL, MacLean DA,  
757 and Pedersen BK. Exercise-induced increase in serum interleukin-6 in humans is related  
758 to muscle damage. *J Physiol* , 1997. 499: 833–841.

759 28- Yamada M, Suzuki K, Kudo S, et. al. Raised plasma G-CSF and IL-6 after  
760 exercise may play a role in neutrophil mobilization into the circulation, *J Appl Physiol*  
761 2001. 92: 1789–1794, 2002; 10.1152/jappphysiol.00629.

762 29- Leal-Junior ECP, Lopes-Martins RÁB, Bjordal JM. Clinical and scientific  
763 recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance  
764 enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. *Braz*  
765 *J Phys Ther.* (2018) pii: S1413-3555(18) 31021-9.

766 30- Bjordal, JM, Johnson, MI, Iversen, V, Aimbire, F, & Lopes-Martins, RAB:  
767 Low-level laser therapy in acute pain: a systematic review of possible mechanisms of  
768 action and clinical effects in randomized placebo-controlled trials. *Photomedicine and*  
769 *Laser Therapy*, (2006): 24(2), 158-168.

770 31- Albertini R, Villaverde AB, Aimbire F, Bjordal J, Brugnera A, Mittmann J,  
771 Silva JA, Costa M: Cytokine mRNA expression is decreased in the subplantar muscle of

772 rat paw subjected to carrageenan-induced inflammation after low-level laser therapy.  
773 Photomed Laser Surg. (2008) 26(1): 19-24.

774 32- Leal Junior EC, Lopes-Martins RAB, Francis Dalan PT, et al. Effect of 655-  
775 nm Low-Level Laser Therapy on Exercise-Induced Skeletal Muscle Fatigue in Humans.  
776 Photomedicine and Laser Surgery, 2008; Volume 26, Number 5, p 419-424.

777 33- Hamblin MR. Mechanisms and applications of the anti-inflammatory  
778 effects of photobiomodulation. AIMS Biophys. 2017 3(3): 337-361.

779 34- Karu TI. Cellular mechanism of low power laser therapy. Simunovic, 2 ed.  
780 Lasers in Medicine and Dentistry. Vitagraf Rieka, 2003; p.79-100.

781 35- Robertson V, Ward A, Low J, Reed A. Eletroterapia Explicada: Princípios e  
782 práticas. Ed. Elsevier. 4 ed. São Paulo, 2009.

783 36- Vanin AA; Casalechi HL; Leal-Junior ECP. Terapia de fotobiomodulação  
784 (fototerapia) em desordens musculoesqueléticas. In: Marcelo Faria Silva; Rafael Inácio  
785 Barbosa. (Org.). PROFISIO TRAUMATO-ORTOPÉDICA C1V3. 3ed.Porto Alegre: Artmed  
786 Panamericana Editora Ltda, 2018, v. 3, p. 43-73.

787 37- Grandinétti VD; Miranda EF; Johnson DS; de Paiva PR; Tomazoni SS; Vanin  
788 AA; Albuquerque-Pontes GM; Frigo L; Marcos RL; de Carvalho PT; Leal-Junior EC; The  
789 termal impacto f phototherapy with concurrent super-sulsed laser and red and infrared  
790 LEDs on human skin. Lasers Med Sci. 2015 May19.

791 38- Leal-Junior, E. C. P., Vanin, A. A., Miranda, E. F., de Carvalho, P. de T. C.,  
792 Dal Corso, S., & Bjordal, J. M. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-  
793 emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a  
794 systematic review with meta-analysis. Lasers in Medical Science, (2013). 30(2), 925–  
795 939. doi:10.1007/s10103-013-1465-4

796 39- Leal Junior, EC, Lopes-Martins, RA, Vanin, AA, et al. Effect of 830-nm low-  
797 level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. Lasers Med ,  
798 2009 Sci 24: 425-31.

799 40- Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Rossi RP, De Marchi T, Baroni BM, de  
800 Godoi V, et al. Effect of cluster multi-diode light emitting diode therapy (LEDT) on  
801 exercise-induced skeletal muscle fatigue and skeletal muscle recovery in humans. Lasers  
802 Surg Med 2009b;(41): p572-7.

803 41- Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Baroni BM, De Marchi T, Rossi RP,  
804 Grosselli D, et al. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLT) and  
805 LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise.  
806 Photomed Laser Surg 2009c;(27): p 617-23

807 42- Antonialli FC, De Marchi T, Tomazoni SS, Vanin AA, dos Santos Grandinetti  
808 V, de Paiva PR, Pinto HD, Miranda EF, de Tarso Camillo de Carvalho P, Leal-Junior EC.  
809 Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of  
810 combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. Lasers Med Sci. 2014  
811 Nov;29(6):1967-76.

812 43- Miranda EF, Vanin AA, Tomazoni SS, Grandinetti Vdos S, de Paiva PR,  
813 Machado Cdos S, Monteiro KK, Casalechi HL, de Tarso P, de Carvalho C, Leal-Junior EC.  
814 Using Pre-Exercise Photobiomodulation Therapy Combining Super-Pulsed Lasers and  
815 Light-Emitting Diodes to Improve Performance in Progressive Cardiopulmonary Exercise  
816 Tests. J Athl Train. 2016 Feb;51(2):129-35

817 44- Pinto HD, Vanin AA, Miranda EF, Tomazoni SS, Johnson DS, Albuquerque-  
818 Pontes GM, Aleixo IO Junior, Grandinetti VD, Casalechi HL, de Carvalho PT, Leal EC  
819 Junior. Photobiomodulation Therapy Improves Performance and Accelerates Recovery  
820 of High-Level Rugby Players in Field Test: A Randomized, Crossover, Double-Blind,  
821 Placebo-Controlled Clinical Study. J Strength Cond Res. 2016 Dec;30(12):3329-3338.

822 45- Leal-Junior, E.C.P., et al. Effect of phototherapy (low-level laser therapy  
823 and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise  
824 recovery: a systematic review with meta-analysis. Lasers in Medical Science (2015).30,  
825 925-939.

826 46- Borsa PA, Larkin KA, True JM. Does phototherapy enhance skeletal muscle  
827 contractile function and postexercise recovery? A systematic review. J Athl Train, (2013).  
828 48, 57-67.

829 47- Okano, H. Effects of static magnetic fields in biology: role of free radicals.  
830 Frontiers in Bioscience 2008;13:6106-6125.

831 48- Coballase-Urrutia E, Navarro L, Ortiz JL, Verdugo-Díaz L, Gallardo JM,  
832 Hernández ME, Estrada-Rojo F. Static magnetic fields modulate the response of different  
833 oxidative stress markers in a restraint stress model animal. Biomed Res Int (2018) 396-  
834 408.

835           49-     Wang D, Wang Z, Zhang L, Li Z, Tian X, Fang J, Lu Q, Zhang X. Cellular ATP  
836 levels are affected by moderate and strong static magnetic fields. *Bioelectromagnetics*  
837 (2018) 39(5):352-360.

838           50-     Li S, Yu B, Zhou D, He C, Zhuo Q, Hulme JM. Electromagnetic fields for  
839 treating osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev*(2013) 14(12):CD003523.

840           51-     Bagnato GL, Miceli G, Marino N, Sciortino D, Bagnato GF. Pulsed  
841 electromagnetic fields in knee osteoarthritis: a double blind, placebo-controlled,  
842 randomized clinical trial. *Rheumatology (Oxford)* (2016) 55(4):755-62.

843           52-     Friedmann H, Lipovsky A, Nitzan Y, Lubart R. Combined magnetic and  
844 pulsed laser fields produce synergistic acceleration of cellular electron transfer. *Laser*  
845 *Ther* 2009;18:137-141.

846           53-     Vanin AA, De Marchi T, Tomazoni SS, et al. Pre-exercise infrared low-level  
847 laser therapy (810 nm) in skeletal muscle performance and post exercise recovery in  
848 humans, What Is the optimal dose? A randomized, double-blind, placebo-controlled  
849 clinical trial. *Photomed Laser Surg* 2016;34:473-482.

850           54-     Herpich CM, Leal-Junior ECP, Gomes CAF, Gloria IPDS, Amaral AP,  
851 Amaral MFRS, Politti F, Biasotto-Gonzalez DA. Immediate and short-term effects of  
852 phototherapy on pain, muscle activity, and joint mobility in women with  
853 temporomandibular disorder: a randomized, double-blind, placebo-controlled, clinical  
854 trial. *Disabil Rehabil* (2018) 40(19):2318-2324.

855           55-     Langella LG, Casalechi HL, Tomazoni SS, Johnson DS, Albertini R, Pallotta  
856 RC, Marcos RL, de Carvalho PTC, Leal-Junior ECP: Photobiomodulation therapy (PBMT)  
857 on acute pain and inflammation in patients who underwent total hip arthroplasty-a  
858 randomized, triple-blind, placebo-controlled clinical trial *Lasers Med Sci* (2018) Jun 16.  
859 doi:10.1007/s10103-018-2558-x.

860           56-     Felismino AS, Costa EC, Aoki MS, et al. Effect of low-level laser therapy  
861 (808 nm) on markers of muscle damage: a randomized double-blind placebo-controlled  
862 trial. *Lasers Med Sci*. 2013; Set, p xx.

863           57-     Baroni BM, Leal Junior EC, De Marchi T, et al. Low level laser therapy  
864 before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol*.  
865 2010; 110: p 789–796.

- 866           58-    Huang Y-Y, Chen ACH, Carroll JD, et al. Biphasic Dose Response in Low  
867 Level Light Therapy. Dose-Response. 2009; (7) p 358–383.
- 868           59-    Leal Junior EC, Nassar FR, Tomazoni SS, et al. A laserterapia de baixa  
869 potência melhora o desempenho muscular mensurado por dinamometria isocinética em  
870 humanos. Fisioter Pesq. 2010;17(4): p 317-21.
- 871           60-    Ferraresi C, de Brito Oliveira T, Zafalon LO, et al. Effects of low leve laser  
872 therapy (808nm) on physical strength training in humans. Laser Med Sci. 2011; 26(3): p  
873 349-58.
- 874           61-    Vanin AA; Miranda EF; Machado CSM; de Paiva PRV; Albuquerque-Pontes  
875 G M; Casalechi HL; de Carvalho PT; Leal-Junior ECP. What is the best moment to apply  
876 phototherapy when associated to a strength training program? A randomized, double-  
877 blinded, placebo-controlled trial. Lasers in Medical Science, 2016 v. 31, p. 1555-1564.
- 878           62-    Vieira WH, Ferraresi C, Perez SE, Baldissera V, Parizotto NA. Effects of low-  
879 level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women  
880 submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. Lasers Med Sci  
881 (2012) 27:497–504
- 882           63-    Miranda EF, Tomazoni SS, de Paiva PRV, Pinto HD, Smith D, Santos LA, de  
883 Tarso Camillo de Carvalho P, Leal-Junior ECP. When is the best moment to apply  
884 photobiomodulation therapy (PBMT) when associated to a treadmill endurance-training  
885 program? A randomized, triple-blinded, placebo-controlled clinical trial. Lasers Med Sci.  
886 (2018) May;33(4):719-727.
- 887           64-    De Marchi T, Leal Junior EC, Bortoli C, Tomazoni SS, Lopes-Martins RA,  
888 Salvador M. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running:  
889 effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. Lasers  
890 Med Sci (2012) 27:231–236
- 891           65-    McLaren SJ, Smith A, Spears IR, Weston M. A detailed quantification of  
892 differential ratings of perceived exertion during team-sport training. J Sci Med Sport.  
893 2017 Mar;20(3):290-295.
- 894           66-    Borg E, Borg G. A comparison of AME and CR100 for scaling perceived  
895 exertion. Acta Psychol (Amst). 2002 Feb;109(2):157-75.



896           67-     Weston M, Siegler J, Bahnert A, McBrien J, Lovell R. The application of  
897 differential ratings of perceived exertion to Australian Football League matches. *J Sci*  
898 *Med Sport*. 2015 Nov;18(6):704-8.

899           68-     McLaren SJ, Weston M, Smith A, Cramb R, Portas MD. Variability of  
900 physical performance and player match loads in professional rugby union. *J Sci Med*  
901 *Sport*. 2016 Jun;19(6):493-7.

902           69-     Fanchini M, Ferraresi I, Modena R, Schena F, Coutts AJ, Impellizzeri FM.  
903 Use of CR100 Scale for Session Rating of Perceived Exertion in Soccer and Its  
904 Interchangeability With the CR10. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016 Apr;11(3):388-92.

905           70-     De Paiva RP, Tomazoni SS, Johnson DS, Vanin AA, Albuquerque-Pontes  
906 GM, Machado CSM, Casalechi HL, de Carvalho PT, Leal-Junior ECP; Photobiomodulation  
907 therapy (PBMT) and/or cryotherapy in skeletal muscle restitution, what is better? A  
908 randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*. , 2016 v.  
909 xx, p. xx-xx.

910           71-     Vanin AA, Verhagen E, Barboza SD, Costa LOP , Leal-Junior ECP.  
911 Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and  
912 reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic  
913 review and meta-analysis. *Lasers Med Sci*. (2018) 33(1):181-214.

914           72-     Miranda EF, Tomazoni SS, de Paiva PRV, Pinto HD, Smith D, Santos LA, de  
915 Tarso Camillo de Carvalho P, Leal-Junior ECP. When is the best moment to apply  
916 photobiomodulation therapy (PBMT) when associated to a treadmill endurance-training  
917 program? A randomized, triple-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*.  
918 (2018) May;33(4):719-727.

919           73-     De Marchi T, Leal-Junior ECP, Lando KC, Cimadon F, Vanin AA, da Rosa DP,  
920 Salvador M. Photobiomodulation therapy before futsal matches improves the staying  
921 time of athletes in the court and accelerates post-exercise recovery. *Lasers Med Sci*.  
922 (2019) Feb;34(1):139-148.

923           74-     Tibana RA, Almeida LM, DE Sousa Neto IV, DE Sousa NMF, DE Almeida JA,  
924 De Salles BF, et al. Extreme Conditioning Program Induced Acute Hypotensive Effects  
925 are Independent of the Exercise Session Intensity. *Int J Exerc Sci*. 2017; 10(8):1165-73.

926           75-     Fischer CP Interleukin-6 in acute exercise and training: what is the  
927 biological relevance? *Exerc. Immunol. Rev*. (2006). 12 6–33.

928           76-    Leal Junior, EC, Lopes-Martins, RA, Baroni, BM, De Marchi, T, Taufer, D,  
929   Manfro, DS, Rech, M, Danna, V, Grosselli, D, Generosi, RA, Marcos, RL, Ramos, L, and  
930   Bjordal, JM. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity  
931   exercises on skeletal muscle recovery in athletes. Lasers Med Sci 2008a  
932  
933

<b>CROSSFIT TRIAL</b>			
<b>AVALIAÇÃO</b>			Data: __/__/__
ID:	Voluntário:		Iniciais do pesquisador:
Peso:	Altura:	Estado civil:	Data Nasc:
Idade:	Gênero:	Etnia:	Escolaridade:
Praticante de Crossfit a: ___anos ___meses (mais de 12 meses consecutivos)			
Uso de medicação:			
<b>CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO</b>			
<input type="checkbox"/>	Termo de Consentimento assinado		
<input type="checkbox"/>	Idade de 18 - 36 anos		
<input type="checkbox"/>	Voluntário se compromete a permanecer no local da pesquisa por volta de 120 minutos no período entre 11h e 18h nos dias 25/01, 01/02, 08/02 e 15/02 de 2019 (realização dos testes).		
<input type="checkbox"/>	Voluntário se compromete a comparecer para as avaliações pós-WOD (24 horas e 48h) na cidade de São José dos Campos.		
<input type="checkbox"/>	Praticante de crossfit a no mínimo 12 meses.		
<input type="checkbox"/>	Não está fazendo uso de agentes farmacológicos.		
<b>História do paciente nos últimos 30 dias:</b>			
<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lesão musculoesquelética de tornozelo	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lesão musculoesquelética de panturrilha	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lesão musculoesquelética de joelho	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lesão musculoesquelética de quadril	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lesão musculoesquelética na região lombar	
<b>Tem experiências com os seguintes movimentos:</b>			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Air Squat (agachamento livre)	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Air Bike	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hang Squat Clean #40kg	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Box Jump Over	

935

936

937

938

939

940 **ANEXO II – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

941

942 **I: Título do Trabalho Experimental:**

943 Título do Projeto: Terapia De Fotobiomodulação Combinada Ao Campo  
944 Magnético Estático (Fotomagnetoterapia) Aplicada Em Diferentes Momentos No  
945 Desempenho E Recuperação Muscular Em Atletas De Crossfit®

946 **II: Objetivo:**

947 O estudo tem como objetivo estudar os efeitos da terapia de fotobiomodulação, com a  
948 combinação de diferentes fontes de luz, no desempenho recuperação muscular de atletas  
949 de Crossfit® em diferentes momentos de aplicação, pré *WOD* e/ou pós *WOD*.

950

951 **III: Justificativa:**

952 Com base em estudos anteriores realizados por diversos grupos de pesquisa em  
953 laboratório e em teste de campo, apresentamos a hipótese de que a terapia de luz  
954 terapêutica com a combinação de diferentes fontes de luz é capaz de aumentar a  
955 performance e diminuir os níveis dos marcadores inflamatórios relacionados ao dano  
956 muscular, melhorando assim, o desempenho físico e recuperação do atleta de Crossfit®.

957

958 **IV: Procedimentos da Fase Experimental**

959 Trata-se de um ensaio clínico randomizado, cruzado, placebo controlado e triplo-cego.  
960 Serão recrutados 12 atletas amadores de Crossfit® da cidade de São José dos Campos-  
961 Sp. Serão ao todo 4 etapas de pesquisa, na qual atleta realizará os procedimentos para a  
962 avaliação basal (pré-*WOD*) e avaliação pós-*WOD*, após 1h, 24h e 48h. Cada avaliação  
963 será compostas por Questionário para avaliar a percepção subjetiva do esforço realizado.  
964 Também por coletas sanguíneas para posteriores análises de expressão proteica da  
965 atividade enzimática de creatina quinase (CK), dos níveis das citocinas - Interleucina-6  
966 (IL-6) a expressão gênica de de IL-6. As coletas sanguíneas referidas serão realizadas por  
967 uma enfermeira que não terá conhecimento sobre a alocação dos voluntários nos grupos  
968 experimentais. Como parte da avaliação qualitativa os atletas responderão a um  
969 questionário como um indicador de carga interna, será utilizada a escala de percepção de  
970 esforço CR-100. Além disso, todos os atletas realizarão uma avaliação funcional, que  
971 constituirá em um teste simples de agachamento livre, sendo instruído ao atleta que  
972 realize o maior número de repetições dentro de 1 minuto. Os atletas receberão a terapia

973 de luz terapêutica efetiva ou placebo, que terão a mesma aparência incluindo qualquer luz  
974 visível, assim, tanto a terapia efetiva quanto o placebo vão operar de maneira  
975 indistinguível. A luz terapêutica será aplicada em contato direto com a pele e leve pressão,  
976 em 9 locais nos músculos extensores do joelho (parte da frente da coxa), 6 locais nos  
977 músculos flexores do joelho (parte de trás da coxa) e 2 locais no músculo gastrocnêmio  
978 (panturrilha), nos dois membros.

979

#### 980 **V: Desconforto ou Riscos Esperados:**

981 Os atletas serão expostos a riscos mínimos durante a pesquisa, onde serão  
982 supervisionados o todo tempo pelo pesquisador que estará em pé ao lado do atleta, e caso  
983 o mesmo apresente desequilíbrio, tontura ou algum tipo de mal-estar, será interrompida a  
984 avaliação imediatamente. Durante a coleta, existe a dor da “puntura” da agulha e os riscos  
985 não são diferentes de uma coleta de sangue convencional. Após a coleta de sangue, podem  
986 ocorrer efeitos adversos, como por exemplo hematomas.

987

#### 988 **VI: Medidas protetivas aos riscos:**

989

990 Em caso de algum tipo de mal-estar durante a coleta, o voluntário será prontamente  
991 atendido pela enfermeira responsável pela coleta Luana Barbosa Dias. Sendo necessário,  
992 o voluntário será encaminhado ao pronto socorro pela empresa de remoção deste.

993

#### 994 **VII: Benefícios da Pesquisa:**

995 Os atletas terão mais uma ferramenta terapêutica eficaz para atenuação de fadiga e  
996 aumento da performance, sendo esta através de um aparelho de fototerapia que consiste  
997 em uma ferramenta não-invasiva, não farmacológica, e sem efeitos colaterais ou adversos  
998 relatados pela literatura em mais de 30 anos de estudos clínicos.

999

#### 1000 **VIII: Retirada do Consentimento:**

1001 Em caso de eventuais dúvidas sobre os procedimentos, riscos, benefícios e outros  
1002 assuntos relacionados com a pesquisa, o atleta deverá consultar o responsável deste estudo  
1003 para os devidos esclarecimentos. A participação é voluntária e este consentimento poderá  
1004 ser retirado a qualquer tempo, sem nenhum tipo de penalização ao atleta.

1005

#### 1006 **IX: Garantia do Sigilo:**

1007 Serão utilizados apenas os dados referentes à avaliação e intervenção, bem como imagens  
1008 (não revelando a identidade do atleta), porém, sempre respeitando a confidencialidade  
1009 das informações geradas e a privacidade do atleta na pesquisa.

1010

1011 **X: Formas de Ressarcimento das Despesas decorrentes da Participação na Pesquisa:**

1012 O estudo não inclui qualquer despesa ou bônus ao participante.

1013

1014 **XI: Local da Pesquisa:**

1015 O presente estudo será realizado na Clínica Esportiva de Reabilitação e Treinamento -  
1016 Box Funcional, localizada na Av. Barão do Rio Branco, 1165. Jardim Esplanada na cidade  
1017 de São José dos Campos- Sp. Telefone (12) 30283348.

1018

1019 **XII: Comitê de Ética em Pesquisa (CEP):**

1020 É um colegiado interdisciplinar e independente, que deve existir nas instituições que  
1021 realizam pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil, criado para defender os  
1022 interesses dos participantes de pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir  
1023 no desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos (Normas e Diretrizes  
1024 Regulamentadoras da Pesquisa envolvendo Seres Humanos – Res. CNS nº 466/12). O  
1025 Comitê de Ética é responsável pela avaliação e acompanhamento dos protocolos de  
1026 pesquisa no que corresponde aos aspectos éticos.

1027

1028 **Endereço do Comitê de Ética da Uninove:**

1029 **Rua. Vergueiro nº 235/249 – 12º andar – Liberdade – São Paulo – SP**

1030 **CEP. 01504-001**

1031 **Fone: 3385-9010**

1032 **comitedeetica@uninove.br**

1033 **Horários de atendimento do Comitê de Ética: segunda-feira a sexta-feira – Das 11h30 às**

1034 **13h00 e Das 15h30 às 19h00**

1035

1036 **XIII: Nome Completo e telefones dos Pesquisadores (Orientador e Alunos) para Contato:**

1037 Pesquisador Responsável: Ernesto Cesar Pinto Leal Junior

1038 Telefone para contato: (11) 3385-9222

1039 Aluno Responsável Henrique Dantas Pinto

1040 Telefone para contato: (12) 991855484

1041 **XIV:** Eventuais intercorrências que vierem a surgir no decorrer da pesquisa poderão ser  
1042 discutidas pelos meios próprios.

1043

1044 São Paulo, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20

1045

1046 **XV: Consentimento Pós-Informação:**

1047 Eu, \_\_\_\_\_, após leitura e compreensão  
1048 deste termo de informação e consentimento, entendo que minha participação é voluntária, e  
1049 que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confirmando que recebi uma  
1050 via deste termo de consentimento, e autorizo a realização do trabalho de pesquisa e a  
1051 divulgação dos dados obtidos somente neste estudo no meio científico.

1052

1053

---

Assinatura do Participante

1054

1055 (Todas as folhas devem ser rubricadas pelo participante da pesquisa)

1056

1057

1058 **XVI:** Eu, Ernesto Cesar Pinto Leal Junior, certifico que:

1059 a) Considerando que a ética em pesquisa implica o respeito pela dignidade humana e a  
1060 proteção devida aos participantes das pesquisas científicas envolvendo seres humanos;

1061 b) Este estudo tem mérito científico e a equipe de profissionais devidamente citados neste  
1062 termo é treinada, capacitada e competente para executar os procedimentos escritos neste  
1063 termo;

1064

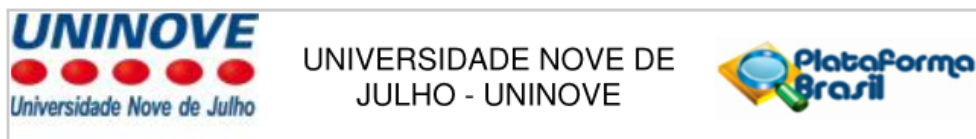
1065

---

Ernesto Cesar Pinto Leal Junior

1066

1067



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Efeitos da Terapia de Fotobiomodulação no Desempenho e Recuperação Muscular em Atletas de Crossfit.

**Pesquisador:** Ernesto Cesar Pinto Leal Junior

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 12009718.9.0000.5511

**Instituição Proponente:** ASSOCIACAO EDUCACIONAL NOVE DE JULHO

**Patrocinador Principal:** ASSOCIACAO EDUCACIONAL NOVE DE JULHO

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.360.743

#### Apresentação do Projeto:

Informações extraídas do documento PB\_informações\_basicasdoprojeto\_1278147.pdf de 14/05/2019.

Resumo:

O Crossfit, conhecido como "Sports of Fitness", tem uma rotina de treino baseada na combinação de movimentos funcionais, constantemente variados e de alta intensidade. Os treinos são chamados de WODs (Workout of the Day- treino do dia) são frequentemente combinados e realizados em alta intensidade com repetições rápidas e sucessivas, com limitado ou nenhum tempo de recuperação. Portanto, há uma grande demanda de força, potência e resistência anaeróbia. Nos campeonatos é exigido que o atleta conclua vários WODs numa sequência de dias, por isso é necessário que o atleta utilize estratégias visando acelerar o processo de recuperação muscular. A utilização da terapia de fotobiomodulação com Laser de Baixa Potência (LBP) ou com diodo emissor de luz (LED) na resposta fisiológica da dor muscular pós-exercício tem se mostrado eficaz na prevenção da fadiga muscular, auxiliando na recuperação da musculatura e melhorando o desempenho atlético. Estudos prévios demonstraram que a terapia de fotobiomodulação diminui o tempo de recuperação muscular e melhora o desempenho muscular geral. O objetivo desse estudo é avaliar os efeitos da terapia de fotobiomodulação sobre o desempenho dos atletas de Crossfit. Assim, será conduzido um ensaio clínico randomizado, placebo-controlado, cruzado e triplo-cego, no qual serão analisados, o desempenho atlético, percepção subjetiva de esforço e

**Endereço:** VERGUEIRO nº 235/249

**Bairro:** LIBERDADE

**UF:** SP

**Município:** SAO PAULO

**Telefone:** (11)3385-9010

**CEP:** 01.504-001

**E-mail:** comitedeetica@uninove.br



Continuação do Parecer: 3.360.743

variáveis fisiológicas da intervenção.

**Hipótese:**

Com base em estudos anteriores realizados por diversos grupos de pesquisa em laboratório e em teste de campo, apresentamos a hipótese de que a terapia de fotobiomodulação com a combinação de diferentes fontes de luz é capaz de aumentar a performance e diminuir os níveis dos marcadores inflamatórios relacionados ao dano muscular, melhorando assim, o desempenho físico e recuperação do atleta de Crossfit.

**Metodologia Proposta:**

Será realizado um ensaio clínico randomizado, cruzado, placebo controlado e triplo-cego. Serão recrutados, de maneira voluntária, 20 atletas de Crossfit com idades entre 18 e 36 anos, do gênero masculino de diferentes Boxes de Crossfit da cidade de São José dos Campos – SP. Após o recrutamento será realizado um questionário de inclusão e exclusão (Anexo I) com objetivo de excluir voluntários que não se enquadrem nos critérios do trabalho, e desta forma, garantir a homogeneidade da amostra. A partir dos parâmetros explicitados acima, selecionaremos 12 atletas por grupo. Os atletas serão informados sobre todos os procedimentos do estudo anteriormente a sua realização e assinarão o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE – Anexo II). Serão incluídos no estudo atletas amadores de Crossfit, que não apresentem histórico de lesão musculoesquelética nas regiões do quadril, joelhos e panturrilhas no mês que antecede o estudo e que não estejam fazendo uso de agentes farmacológicos, além de estarem praticando a modalidade há pelo menos 1 ano e se comprometerem de maneira voluntária a participar de todas as etapas. Os indivíduos que não atenderem aos critérios supramencionados, ou que apresentarem lesão musculoesquelética ou articular durante a realização das coletas de dados serão excluídos do estudo. Os testes serão realizados em quatro etapas, uma etapa por semana, com duração total de quatro semanas. Na primeira etapa todos os atletas realizarão os procedimentos para a avaliação basal (pré-WOD) e avaliação pós WOD, sendo estas 1 hora, 24 horas e 48 horas após. Na primeira etapa, após a avaliação basal um pesquisador realizará um sorteio para saber qual a sequência de tratamento que o grupo seguirá dentre as quatro possíveis, o sorteio será realizado através de um sorteio simples de lote e este não terá conhecimento sobre a alocação dos tratamentos; as letras A, B, C ou D referente a programação da terapia de fotobiomodulação (ativa ou placebo) e referente ao momento da aplicação (antes ou depois do WOD), serão colocadas em um envelope opaco e selado para ser sorteado pelo pesquisador. O equipamento de terapia de

**Endereço:** VERGUEIRO nº 235/249

**Bairro:** LIBERDADE

**UF:** SP

**Telefone:** (11)3385-9010

**Município:** SAO PAULO

**CEP:** 01.504-001

**E-mail:** comitedeetica@uninove.br

Continuação do Parecer: 3.360.743

fotobiomodulação será programado por um pesquisador que não participará de nenhuma etapa da coleta de dados e análise dos dados, e será instruído a não revelar a programação até a finalização do estudo. Tanto a terapia de fotobiomodulação ativa quanto placebo têm o mesmo aspecto de luz e tempo de aplicação, proporcionando o cegamento adequado dos pesquisadores e atletas. Além disso, os atletas utilizarão óculos opaco de proteção e que será mais uma ferramenta para auxiliar o cegamento. A terapia de fotobiomodulação (TFBM) será aplicada em dois momentos em todas as etapas, com base na randomização o grupo realizará uma das quatro possibilidades de aplicação em cada dia, esgotando as possibilidades diferentes na quarta etapa, sendo elas: TFBM efetiva antes do WOD e TFBM placebo depois do WOD, TFBM placebo antes do WOD e TFBM efetiva depois do WOD, TFBM efetiva antes do WOD e TFBM efetiva depois do WOD ou TFBM placebo antes do WOD e TFBM placebo depois do WOD. A TFBM será aplicada com a técnica de contato direto com a pele e leve pressão, em locais distintos, sendo 9 locais nos músculos extensores do joelho, 6 locais nos músculos flexores do joelho e 2 locais no músculo gastrocnêmico, bilateralmente em ambos membros inferiores. Serão realizadas as seguintes avaliações: Avaliação Qualitativa – RPE (Ratings of perceived exertion): como um indicador de carga interna, utilizaremos a escala de percepção de esforço CR-100; Coletas sanguíneas: a partir das quais serão analisadas a atividade enzimática de creatina quinase (CK) e interleucina 6 (IL-6); Avaliação Funcional - Máximo Número de Repetições de Agachamento Livre em 1 minuto: como um indicador de capacidade funcional utilizaremos um teste simples de agachamento livre, sendo instruído ao atleta que realize o maior número de repetições dentro de 1 minuto.

**Critério de Inclusão:**

Serão incluídos no estudo atletas amadores de Crossfit, que não apresentem histórico de lesão musculoesquelética nas regiões do quadril, joelhos e panturrilhas no mês que antecede o estudo e que não estejam fazendo uso de agentes farmacológicos, além de estarem praticando a modalidade há pelo menos 1 ano e se comprometerem de maneira voluntária a participar de todas as etapas.

**Critério de Exclusão:**

Os indivíduos que não atenderem aos critérios supramencionados, ou que apresentarem lesão musculoesquelética ou articular durante a realização das coletas de dados serão excluídos do estudo.

**Endereço:** VERGUEIRO nº 235/249

**Bairro:** LIBERDADE

**UF:** SP

**Município:** SAO PAULO

**CEP:** 01.504-001

**Telefone:** (11)3385-9010

**E-mail:** comitedeetica@uninove.br

Continuação do Parecer: 3.360.743

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

O estudo tem como objetivo estudar os efeitos da terapia de fotobiomodulação, com a combinação de diferentes fontes de luz, no desempenho recuperação muscular de atletas de Crossfit em diferentes momentos de aplicação, pré WOD e/ou pós WOD.

Objetivo Secundário:

- Analisar os efeitos da terapia de fotobiomodulação nas variáveis relacionadas a performance a partir da avaliação dos marcadores bioquímicos inflamatórios relacionados ao dano muscular. - Analisar os efeitos da terapia de fotobiomodulação nas variáveis relacionadas a performance a partir da capacidade de recuperação muscular em um teste funcional.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Desconforto ou Riscos Esperados: Os atletas serão expostos a riscos mínimos durante a pesquisa, onde serão supervisionados o todo tempo pelo pesquisador que estará em pé ao lado do atleta, e caso o mesmo apresente desequilíbrio, tontura ou algum tipo de mal-estar, será interrompida a avaliação imediatamente.

Benefícios da Pesquisa: Os atletas terão mais uma ferramenta terapêutica eficaz para atenuação de fadiga e aumento da performance, sendo esta através de um aparelho de fototerapia que consiste em uma ferramenta não-invasiva, não farmacológica, e sem efeitos colaterais ou adversos relatados pela literatura em mais de 30 anos de estudos clínicos.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Não há impedimentos éticos para a realização desta pesquisa. Este CEP entendeu que todos os pacientes receberão tratamento ativo em algum momento, através da fototerapia.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos forma apresentados pelos pesquisadores.

**Recomendações:**

Sugere-se inserir no TCLE o seguinte parágrafo, conforme explicitado no projeto: "A terapia placebo apresentará as mesmas características da terapia ativa, no entanto, não emitirá a radiação" apenas para melhorar o entendimento.

Ajustar o cronograma no projeto detalhado, com os itens análise de dados, redação, conclusão e defesa assinalados após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.

Endereço: VERGUEIRO nº 235/249

Bairro: LIBERDADE

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3385-9010

CEP: 01.504-001

E-mail: comitedeetica@uninove.br

Continuação do Parecer: 3.360.743

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não foram observados impedimentos éticos.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O pesquisador deverá se apresentar na instituição de realização da pesquisa (que autorizou a realização do estudo) para início da coleta dos dados.

O participante da pesquisa (ou seu representante) e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE apondo sua assinatura na última página do referido Termo, conforme Carta Circular no 003/2011 da CONEP/CNS.

Salientamos que o pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Lembramos que esta modificação necessitará de aprovação ética do CEP antes de ser implementada.

Ao pesquisador cabe manter em arquivo, sob sua guarda, por 5 anos, os dados da pesquisa, contendo fichas individuais e todos os demais documentos recomendados pelo CEP (Res. CNS 466/12 item X1. 2. f).

De acordo com a Res. CNS 466/12, X.3.b), o pesquisador deve apresentar a este CEP/SMS os relatórios semestrais. O relatório final deverá ser enviado através da Plataforma Brasil, ícone Notificação. Uma cópia digital (CD/DVD) do projeto finalizado deverá ser enviada à instância que autorizou a realização do estudo, via correio ou entregue pessoalmente, logo que o mesmo estiver concluído.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1278147.pdf	14/05/2019 14:57:54		Aceito
Outros	CartaDeAnuencia.pdf	14/05/2019 14:57:34	Heliodora Leão casalechi	Aceito

**Endereço:** VERGUEIRO nº 235/249

**Bairro:** LIBERDADE

**UF:** SP

**Telefone:** (11)3385-9010

**Município:** SAO PAULO

**CEP:** 01.504-001

**E-mail:** comitedeetica@uninove.br

Continuação do Parecer: 3.360.743

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Corrigido.docx	14/05/2019 14:55:36	Heliodora Leão casalechi	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.docx	14/05/2019 14:55:21	Heliodora Leão casalechi	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	02/05/2019 10:53:55	Heliodora Leão casalechi	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO PAULO, 31 de Maio de 2019

Assinado por:

Anna Carolina Ratto Tempestini Horliana  
(Coordenador(a))

Endereço: VERGUEIRO nº 235/249

Bairro: LIBERDADE

CEP: 01.504-001

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3385-9010

E-mail: comitedeetica@uninove.br

Página 06 de 06

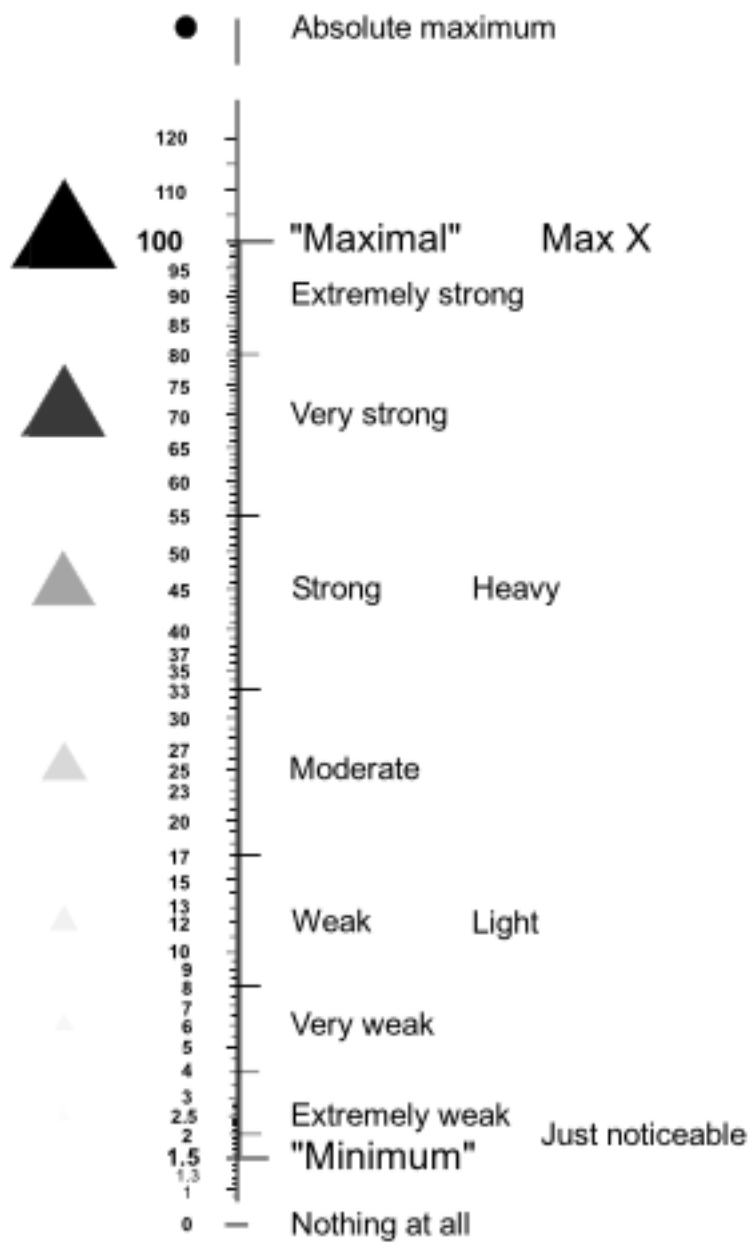
1074

1075

1076

**ANEXO IV - RPE (*Ratings of perceived exertion*) – Escala de percepção de**

1077 esforço (extraído de Borg E, Borg G, 2002)



1078

1079

1080

1081

1082

1083

1084

1085

## ANEXO V

Borg's CR-100 scale  
© Gunnar Borg & Elisabet Borg, 1998





### **Carta de Anuência**

Eu, Henrique Dantas Pinto, RG: 29.927.9265-0, na qualidade de responsável pela Clínica Esportiva de Reabilitação e Treinamento - Box Funcional, autorizo a utilização das dependências da clínica durante todo tempo de pesquisa, conforme o projeto que integra esta autorização para determinados fins.

Sem mais,



Henrique Dantas Pinto

**Clinica Esportiva BOX Funcional**  
**Av. Barão do Rio Branco, 1165 – Jd. Esplanada – São José dos Campos – SP - CEP : 12242-800**

1086

1087

1088

1089

**APÊNDICE I- ARTIGO**

1

**Effects of Combined Therapy photobiomodulation to Static Magnetic Field  
(photomagnetotherapy) Applied in Different Moments in Performance and Muscle  
Recovery in CrossFit® Athletes**

Henrique Dantas Pinto<sup>1,2</sup>, Heliadora Leão Casalechi<sup>1,2</sup>, Paulo de Tarso  
Camillo de Carvalho<sup>2</sup>, Ernesto Cesar Pinto Leal-Junior<sup>1,2</sup>

1 – Laboratory of Phototherapy and innovative Technologies in Health, Universidade  
Nove de Julho (UNINOVE), São Paulo, SP, Brazil

2 - Postgraduate Program in Rehabilitation Sciences, Universidade Nove de Julho  
(UNINOVE), São Paulo, SP, Brazil

**Author for correspondence:**

Ernesto Cesar Pinto Leal Junior, PhD.

Laboratory of Phototherapy and Innovative Technologies in Health

Post Graduate Program in Rehabilitation Sciences

Nove de Julho University (UNINOVE)

Rua Vergueiro, 235

Postal Code: 01504-001

São Paulo – SP, Brazil

Fone: +55 11 3385 9134

E-mail: ernesto.leal.junior@gmail.com

**Running title:** Photomagnetotherapy in performance and muscle recovery in CrossFit®  
athletes.

1090

1091

1092

1093

1094



Photomagneto therapy in performance and muscle recovery in CrossFit® athletes.

### Abstract

Crossfit® is known as “Sports of Fitness”, has a training routine, called WODs (Workout of the Day), and based on the combination of functional movements, constantly varied and of high intensity. In championships, the athlete is required to complete several WODs in a sequence of days, so it is necessary for the athlete to employ strategies that aim to accelerate the muscle recovery process. The use of photobiomodulation therapy (PBMT) with low-level laser (LBP) and / or light emitting diode (LED) and the association of static magnetic field (sMF) in the post-exercise muscular physiological response have been shown to be effective in improved athletic performance. The aim of this study was to evaluate the effects of PBMT/sMF on the performance of Crossfit® athletes. A randomized, placebo-controlled, crossover and triple-blind clinical trial was conducted in which 12 athletes were submitted to an intervention protocol with effective PBMT/sMF or placebo pre and/or post WOD, totaling four different moments of application. Analyzes of athletic performance in functional testing, exertion subjective perception and physiological outcome of the intervention was analyzed. In the functional test, PBMT/sMF applied after WOD showed a difference ( $p < 0.0001$ ) in percentage values 48h after WOD. PBMT/sMF effective at any time was able to modulate CK release ( $p < 0.0001$ ) in percentage values, when compared to placebo therapy 48h after WOD, whereas the IL-6 marker had its release reduced with ( $p < 0.0001$ ) in the evaluation 24h after the WOD in percentage and absolute values also. PBMT/sMF was able to modulate the release of biochemical markers of muscle damage evaluated, was also able to reduce the recovery time of Crossfit® athletes who showed superior performance in the functional test when received PBMT/sMF, with an advantage for post-WOD application.

**Keywords:** Low level laser therapy, LED (*Light Emitting Diode*), Photobiomodulation Therapy, Static Magnetic Field, Muscle Recovery.

1095  
1096  
1097  
1098  
1099  
1100

## INTRODUCTION

Crossfit® appeared in the early 2000s as a method of strength training and fitness [1]. The training routine combines functional movements, constantly varied with those of high intensity [2]. The workouts are called WOD (Workout of the Day), and consist on a wide range of movements such as powerlifting, Olympic weightlifting, gymnastic movements and calisthenics, in addition to cardiorespiratory endurance[3]. These exercises are often combined and performed at high intensity with rapid and successive repetitions, with limited or no recovery time [4].

This modality is a strength and conditioning system built on functional movements, constantly varied and executed at high intensity[5]. WODs are scored and often involve competition among their participants, a characteristic that led this training method to be known as “Fitness Sports” [5]. The success of the method is associated with a great impact on weight loss and on the increase in cardiovascular capacity, besides the use of different and efficient exercises in relation to the exercise time [6]. This happens because compound or functional movements and high intensity or anaerobic cardio is radically more effective at eliciting nearly any desired fitness result [1].

Competitions such as the Crossfit® involve physically demanding activities, which in addition to being performed at high intensity and a large involvement of the anaerobic energy system, also use great measures of aerobic capacity related with performance [7]. This causes metabolic and muscular stress, as well as a decrease in physical performance [8]. This demand for intensity is the cause of concern regarding the practice of Crossfit® and the risk of injuries[9-12]. In this scenario, there is a constant search for tools that can mitigate the damage caused by intense exercise, in

1101  
1102  
1103  
1104  
1105  
1106

order to decrease the time between practices and to increase the athlete's performance while minimizing the risk of injuries.

Studies using photomagneto therapy (PBMT/sMF), combining different wavelengths (905nm super-pulsed laser, 875nm LEDs and 660nm LEDs) that act synergistically, associated with the use of the static magnetic field (sMF), have shown beneficial effects in recovery muscle fatigue [13-15]. Authors have demonstrated that the use of sMF associated with PBMT generates greater electron transfer, activating mitochondrial respiratory chains and increasing the production of ATP [16]. In the clinical setting, studies have already shown that the association of PBMT with sMF promotes ergogenic effects [17,18]. In addition, positive results for the effects of PBMT/sMF have been demonstrated in the physiological response of muscle damage caused by physical exercise, attenuating muscle damage and helping the recovery of muscle function [19,20].

Studies using PBMT/sMF to delay fatigue and increase performance have obtained positive results in different types of exercise and application times [13-15]. Thus, the practice of Crossfit® - considering the high intensity required and the mixed characteristic both of use of strength and aerobic and muscular resistance - requires a good recovery tactic to get the athlete ready for the next WODs on training or competition days. Thus, it is necessary to understand the best strategy for using PBMT/sMF. Therefore, the objective of this study was to verify the effects of PBMT/sMF on the performance and muscle recovery of Crossfit® athletes at different times of application, pre WOD and/or post WOD, in order to determine the best way to optime the therapy.

1107

1108

1109

1110

1111

1112

## METHODS

A randomized, crossover, placebo controlled and triple-blind (patients, outcome assessors, and therapists), clinical trial was performed. The study was approved by institutional ethics committee of Nove de Julho University (process 3.360.743), and all eligible athletes were informed about the study procedures and a written informed consent was obtained prior to study start.

### Subjects

Since there are no studies verifying the effect of photomagnetotherapy performance and post-exercise muscle recovery in Crossfit® athletes, the number of participants was calculated based on the results obtained in the first week (phase) of the present study. The calculation was performed with 12 participants (3 athletes per treatment) by a researcher who was not involved in data collecting and who was not aware of the allocation of volunteers in the different treatments. For the sample calculation, the  $\beta$  value of 20% and  $\alpha$  of 5% were considered.

In this first week/phase, it was noted that the application of photomagnetotherapy applied effectively before the WOD resulted in a percentage change in the number of squats performed (primary outcome of this study) immediately after the treatments and 98.45% WOD (deviation standard of 7.28) in relation to the pre-WOD assessment (baseline = 100%); when applied effectively after the WOD resulted in a percentage change of 99.01% (standard deviation of 8.11); when applied effectively before and after WOD it resulted in a 97.92% percentage change (standard deviation of 6.53); and finally, when placebo therapy was applied before and after WOD, the percentage change was 90.88% (standard deviation of 7.57).

1113

1114

1115

1116

1117

1118

For the sample calculation we use the Researcher's Toolkit tool. (<https://www.dssresearch.com/KnowledgeCenter/toolkitcalculators/samplecalculators.aspx>).

From the parameters explained above, used for the sample calculation, we obtained as a result the number of 12 volunteers per treatment, and since this study was a crossover study this was the total sample size. Considering that the photomagneto therapy device used in the study does not cause harmful thermal effects [21], volunteers were recruited from different ethnicities and skin tones.

#### **Inclusion criteria and exclusion criteria**

Crossfit® amateur athletes who did not present a history of musculoskeletal injury in the regions of the hips, knees and calves in the month preceding the study and who were not using pharmacological agents were included in the study. In addition, athletes should have been practicing the sport for at least 1 year and voluntarily commit to participate in all stages.

Individuals who did not meet the aforementioned criteria, or who presented musculoskeletal or joint injuries during data collection were excluded from the study.

#### **Randomization and Blinding**

The tests were carried out in four stages, one stage per week, with a total duration of four weeks. In the first stage, all athletes performed the procedures for baseline assessment (pre-WOD) and post-WOD assessment, which are: 1 hour, 24 hours and 48 hours after.

Thus, the possibilities were closed between: placebo pre WOD and placebo post WOD, placebo pre WOD and active PBMT/sMF post WOD, active PBMT/sMF pre WOD and placebo post WOD or active PBMT/sMF pre WOD and active PBMT/sMF post WOD.

1119  
1120  
1121  
1122  
1123  
1124

The order of treatments was determined by randomization. To this end, codes were generated on the website random.org to ensure that in step 1, 1/4 of the athletes would receive placebo pre WOD and placebo post WOD; 1/4, placebo pre WOD and PBMT/sMF active post WOD; 1/4, PBMT/sMF active pre WOD and placebo post WOD and 1/4, PBMT/sMF active pre WOD and PBMT/sMF active post WOD respectively. For the following steps (2, 3 and 4), 25% of the number of athletes per treatment combination was also incorporated, in order to counterbalance the number of athletes per treatment combination during the four stages of the study.

The researcher assigned to perform the randomization did not know the allocation of treatments.

The PBMT/sMF equipment was programmed by a researcher who did not take part in any stage of data collection and data analysis, and was instructed not to reveal the program until the study was completed. Both active PBMT/sMF and placebo have the same kind of light and application time, providing adequate blinding for researchers and athletes. In addition, the athletes used opaque goggles to guarantee the blindness of the athletes.

#### **Assessment**

*Qualitative Assessment - RPE (Ratings of perceived exertion):* as an internal load indicator, we use the CR-10065.66 effort perception scale (ANNEX III). This scale is simple, non-invasive, free of charge and validated for measuring the perception of exercise intensity [22,23]. In addition, it is considered more accurate than the CR-10 [24,25] scale. In order to differentiate the perceived effort in the musculature of the lower limbs and in the cardiorespiratory capacity, the athletes were asked to assign a score from 0 to 100 for leg fatigue/fatigue (RPE-MI) and cardiorespiratory fatigue (RPE-R). For this, two identical scales were presented to the athlete so that he could

1125  
1126  
1127  
1128  
1129  
1130

quantify his condition at that specific moment. All details regarding the completion and interpretation of the scale were provided before any procedure and the researchers made sure that each athlete understood it. The scale was completed individually before each step (step 1, step 2, step 3 and step 4) and also immediately after each WOD, repeated at all the assessments (1h, 24h and 48h).

*Blood collections:* Blood samples (5ml, through puncture of the anterior cubital vein) were collected prior to the WOD (baseline) and 1h, 24 and 48 hours after the WOD, since the post-exercise muscle damage and the inflammatory process caused by this damage peaks over a time course of up to 48 hours after activity [13,26,27].

The samples were collected by a nurse who had no knowledge of the allocation of group in the therapy. One hour after obtaining each sample, they were centrifuged at 3000 rpm for 20 minutes. The serum was stored in tubes (Eppendorf®) and kept at -80°C for further analysis.

The enzyme activity of creatine kinase (CK) was analyzed as an indirect marker of muscle damage (by spectrophotometry and using specific reagent kits manufactured by Labtest® - Brazil) from the blood samples collected.

The levels of the cytokine Interleukin-6 (IL-6) were also analyzed as a pro-inflammatory marker (using the ELISA method and using BD® reagent kits according to the manufacturer's instructions).

The results were interpreted using the formula  $2^{-Ct}$  (Ct: number of cycles required to reach the fluorescence threshold above the background value) that relates the expression of the gene of interest compared to that of the control gene  $\beta$ -actin. All analyzes were performed in triplicate and the median value was considered for statistical analysis.

1131

1132

1133

1134

1135

1136

*Functional Assessment - Maximum Number of Free Squat Reps in 1 minute:* as an indicator of functional capacity we use a simple free squat test, instructing the athlete to perform the greatest number of repetitions within 1 minute. An appraiser counted the number of valid repetitions and determined as an invalid repetition any in which the athlete did not break the parallel line of the patella with relation to the iliac crest in the deep phase of the movement or that did not finish the movement with a complete extension of the knees and hips in the initial and final phase.

This assessment was performed prior to the WOD (baseline), right after the treatment, 1h, 24 and 48 hours after the WOD.

*Workout of the Day:* The athletes underwent a WOD whose objective was to finish in as quickly as possible a sequence of three exercises (Calories in Assault AirBike®, Hang Squat Clean and Box Jump Over), in a well-known series model for the athletes, aged 21-15-9, without rest.

In the first series, the athletes should complete twenty-one (21) repetitions; in the second, the number of repetitions dropped to fifteen (15) and in the last, it was reduced to nine (9) repetitions.

*Calories in the Assault AirBike®* - the most popular model was used, which is also the same used during the Crossfit® Games, to count the repetitions, the athletes should pedal the bicycle until they reached the required number of repetitions in calories.

*Hang Squat Clean* - the exercise starts with the athlete standing with the body wholly extended holding a barbell weighing 40kg close to the body, the athlete should throw the barbell up to the shoulders while doing a full squat, making the hip break the parallel line of the patella in relation to the iliac crest in the deep phase of the movement, and end the movement by extending the body again.

1137  
1138  
1139  
1140  
1141  
1142



*Box Jump Over* - in this exercise the athlete should jump on top of a box from onto 60.69 cm high, touching the top of the box with both feet and jumping to the ground on the opposite side to count each repetition.

Throughout the WOD, an appraiser counted the number of repetitions as well as checked their validity.

**Intervention: PBMT/sMF**

PBMT/sMF was applied in two steps at all stages. Based on randomization, the group performed one of the four application possibilities each day, exhausting the different possibilities in the fourth stage. They were:

- 1- effective PBMT/sMF before WOD and placebo PBMT/sMF after WOD;
- 2- placebo PBMT/sMF before WOD and effective PBMT/sMF after WOD;
- 3- effective PBMT/sMF before WOD and effective PBMT/sMF after WOD or
- 4- placebo PBMT/sMF before WOD and placebo PBMT/sMF after WOD.

PBMT/sMF applied with the equipment in direct contact with the skin and light pressure in: 4 sites in the knee extensor/hip flexor muscles, 3 sites in the knee flexor/hip extensor muscles and 1 site in the plantar flexor muscles, as shown in figure 2. PBMT/sMF was applied to both lower limbs, and the schedule (effective or placebo) followed the allocation of volunteers in experimental interventions.

For the application of PBMT/sMF a cluster with 20 diodes was used, 4 of 905 nm (1.25 average power, 50 W of peak power for each diode), 8 of 850 nm (40 mW of average power for each diode) and 4 of 633 nm (25 mW average power for each diode), manufactured by Multi Radiance Medical® (Solon, OH, USA). In view of the extensive irradiation area employed in the present study, the use of clusters is necessary. The PBMT/sMF parameters are described detailed in Table 1.

1143  
1144  
1145  
1146  
1147  
1148

Table 1. PBMT/sMF parameters.

	Knee Extensors	Knee Flexors	Plantar Flexors
Number of Lasers	4	4	4
Wavelength (nm)	905	905	905
Frequency (Hz)	250	250	250
Peak power (W) - each	50	50	50
Average mean optical output (mW) - each	1.25	1.25	1.25
Power density (mW/cm <sup>2</sup> ) - each	3.91	3.91	3.91
Energy density (J/cm <sup>2</sup> ) - each	0.50	0.44	0.44
Dose (J) - each	0.16	0.14	0.14
Spot size of laser (cm <sup>2</sup> ) - each	0.32	0.32	0.32
Number of red LEDs	8	8	8
Wavelength (nm)	633	633	633
Frequency (Hz)	2	2	2
Average optical output (mW) - each	25	25	25
Power density (mW/cm <sup>2</sup> ) - each	29.41	29.41	29.41
Energy density (J/cm <sup>2</sup> ) -each	3.79	3.39	3.39
Dose (J) - each	3.22	2.88	2.88
Spot size of red LED (cm <sup>2</sup> ) - each	0.85	0.85	0.85
Number of infrared LEDs	8	8	8
Wavelength (nm)	850	850	850
Frequency (Hz)	250	250	250
Average optical output (mW) - each	40	40	40
Power density (mW/cm <sup>2</sup> ) - cada	71.23	71.23	71.23
Energy density (J/cm <sup>2</sup> ) - each	9.21	8.21	8.21
Dose (J) - each	5.16	4.60	4.60
Spot size of red LED (cm <sup>2</sup> ) - each	0.56	0.56	0.56
Magnetic Field (mT)	110	110	110
Irradiation time per site (sec)	129	115	115
Total dose per site (J)	67.68	60.76	60.76
Total dose applied per lower limb (J)	270.72	182.28	60.76
Aperture of device (cm <sup>2</sup> )	33	33	33
Application mode	Direct skin contact and slight pressure	Direct skin contact and slight pressure	Direct skin contact and slight pressure

The PBMT/sMF dose used for applications was approximately 270 J for knee extensors/hip flexors, 180 J for knee flexors/hip extensors, and 60 J for plantar flexors. The doses were stipulated based on the therapeutic window evidenced by the recent systematic review by Vanin et al. (2018) and the clinical practice guidelines of Leal-

1149  
1150  
1151  
1152  
1153  
1154

Junior et al. (2019), who demonstrate significant results in muscle recovery, decreased late muscle pain and modulation of the level of the biochemical marker related to muscle damage [28,29]. In addition, the doses used for each muscle group were previously optimized for the technology used based on several researches carried out by our group in the laboratory environment by Antonialli et al. (2014), De Paiva et al. (2016) and Miranda et al. (2018), in a field test Pinto et al. (2016) and in real sporting situations, as in the study by De Marchi et al. (2019) [13,27,30,31,15].

#### **Statistical Analysis**

The primary outcome of the present study was the percentage change in the number of squats performed in relation to the pre WOD assessment. All data were analyzed both in their absolute values and in relation to their percentage variation from the values obtained in the pre-WOD (baseline) assessments. The results obtained were tested for normality using the Kolmogorov-Smirnov test. As the data showed normal distribution, the ANOVA test (one or two copies depending on the outcome analyzed) with post-hoc Bonferroni was used. The level of statistical significance used was  $p < 0.05$ . The data are described in average values with the respective standard deviations. However, in the graphics the data are expressed in average values and standard error (to allow better visualization).

#### **RESULTS**

A total of twelve Crossfit® athletes with an average age of 27 ( $\pm 5.54$ ) years, an average height of 176 ( $\pm 5.6$ ) centimeters and an average weight of 81.5 ( $\pm 3.9$ ) kilograms finished the study. All had practiced Crossfit® for at least a year and had extensive experience in the movements required of them in the WOD.

1155  
1156  
1157  
1158  
1159  
1160

There was no statistical difference regarding the learning of the protocol, since during the four weeks of the study there were no statistically significant variations ( $p>0.05$ ) in the results regarding the WOD times when disregarding the treatments received. In the first week the average time (in seconds) was 514.90 ( $\pm 77.52$ ), in the second 486.50 ( $\pm 67.43$ ), in the third 489.80 ( $\pm 94.39$ ) and 474.50 ( $\pm 106.60$ ) in the fourth and last week.

The table below (Table 2) presents a summary of the absolute values related to the results collected in the functional test, subjective questionnaire of respiratory and muscular effort (RPE). In addition to the data obtained through the analysis of the biochemical markers of muscle damage, CK and IL-6, as well as, the differences between the treated athletes compared to the placebo and at the different evaluated moments.

**Table 2:** Results of Functional Assessment, subjective questionnaire of respiratory and muscular effort (RPE) and biochemical markers

Variável	Group	Baseline	Immediately After WOD	Immediately After Intervention	1h After	24h After	48h After
<b>Functional Assessment (Reps)</b>	Placebo - Placebo	67,64 (±6,09)	—	62,09 (±8,15)	66,36 (±5,55)	66,45 (±6,98)	65,82 (±7,45)
	Placebo + PBMT/sMF	63,09 (±8,04)	—	63,82 (±6,69)	65,27 (±6,53)	67,18 (±6,93)	67,45 (±6,64)
	PBMT/sMF + Placebo	65,73 (±7,32)	—	63,27 (±9,02)	66,18 (±5,31)	67,09 (±5,50)	67,73 (±6,15)
	PBMT/sMF + PBMT/sMF	65,91 (±6,82)	—	61,55 (±9,17)	65,64 (±6,31)	67,45 (±6,28)	67,45 (±5,20)
<b>RPE cardiorespiratory</b>	Placebo - Placebo	5,81 (±12,10)	80 (±27,84)	14,81 (±18,24)	8,54 (±13,99)	2,54 (±5,04)	1,92 (±4,35)
	Placebo + PBMT/sMF	3,85 (±5,96)	84,23 (±19,88)	15,92 (±21,41)	4,77 (±88,89)	1,15 (±3,00)	1,00 (±2,83)
	PBMT/sMF + Placebo	1,311 (±1,11)	81,85 (±19,98)	13,31 (±13,46)	2,38 (±4,44)	3,00 (±6,36)	2,52 (±8,27)
	PBMT/sMF + PBMT/sMF	5,00 (±7,70)	78,20 (±26,96)	16,80 (±21,18)	7,60 (±12,06)	2,00 (±6,32)	0,70 (±1,64)
<b>RPE musculature</b>	Placebo - Placebo	9,27 (±8,81)	81,92 (±29,08)	27,92 (±23,85)	10,58 (±11,35)	12,19 (±11,79)	11,38 (±15,98)
	Placebo + PBMT/sMF	10,35 (±15,00)	90,38 (±15,34)	26,85 (±19,78)	16,25 (±15,89)	7,35 (±6,88)	6,85 (±14,18)
	PBMT/sMF + Placebo	5,27 (±8,37)	91,54 (±17,37)	24,77 (±20,00)	13,54 (±20,01)	12,77 (±11,59)	9,22 (±12,87)
	PBMT/sMF + PBMT/sMF	9,2 (±15,33)	82,00 (±20,44)	33,30 (±26,22)	11,45 (±12,95)	8,50 (±11,65)	5,75 (±6,49)
<b>CK (μ/l)</b>	Placebo - Placebo	145,29 (±115,80)	—	—	170,52 (±130,38)	207,93 (±167,92)	198,94 (±192,23)
	Placebo + PBMT/sMF	153,10 (±120,34)	—	—	163,01 (±125,30)	170,74 (±54,80)	110,45 (±99,73)
	PBMT/sMF + Placebo	158,60 (±127,39)	—	—	168,70 (±123,27)	189,04 (±157,47)	127,65 (±104,57)
	PBMT/sMF + PBMT/sMF	190,38 (±188,89)	—	—	199,21 (±209,30)	198,78 (±203,80)	145,16 (±149,84)
<b>IL-6 (pg/ml)</b>	Placebo - Placebo	8,95 (±2,76)	—	—	13,43 (±2,88)	11,94 (±3,05)	12,78 (±3,93)
	Placebo + PBMT/sMF	8,76 (±2,5)	—	—	12,43 (±3,34)	8,08 (±2,72) <sup>aaaa</sup>	10,24 (±2,55) <sup>bb</sup>
	PBMT/sMF + Placebo	8,16 (±1,51)	—	—	10,68 (±1,80)	7,79 (±1,44) <sup>aaaa</sup>	9,38 (±2,17) <sup>aa</sup>
	PBMT/sMF + PBMT/sMF	8,58 (±2,06)	—	—	12,77 (±3,24)	8,25 (±2,04) <sup>aaaa</sup>	9,75 (±2,59) <sup>dddd</sup>

aaaa Difference between PBMT/sMF+ Placebo to Placebo+Placebo (p < 0.0001)

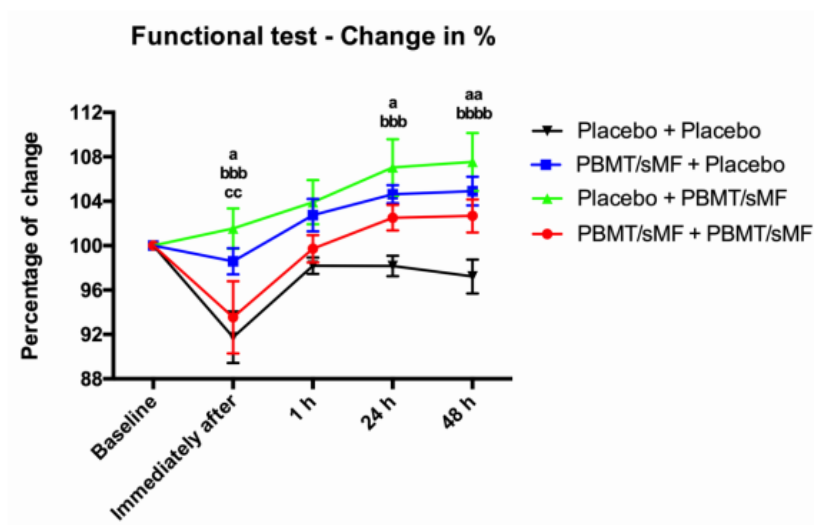
bb Difference between Placebo+PBMT/sMF to Placebo+Placebo (p < 0.01)

aa Difference between PBMT/sMF + Placebo to Placebo+Placebo (p < 0.01)

dddd Difference between PBMT/sMF + PBMT/sMF to Placebo+Placebo (p < 0.0001)

Values are mean and standard deviation: Mean (± SD)

The figure below (figure 1) shows the graphic of the percentage variation in the number of repetitions in the functional evaluation, test of maximum repetitions of free squats in 60 seconds. The application after WOD presented a statistically significant difference in the following moments: immediately after PBMT/sMF, 24h ( $p<0.001$ ) and 48h ( $p<0.0001$ ) after WOD.

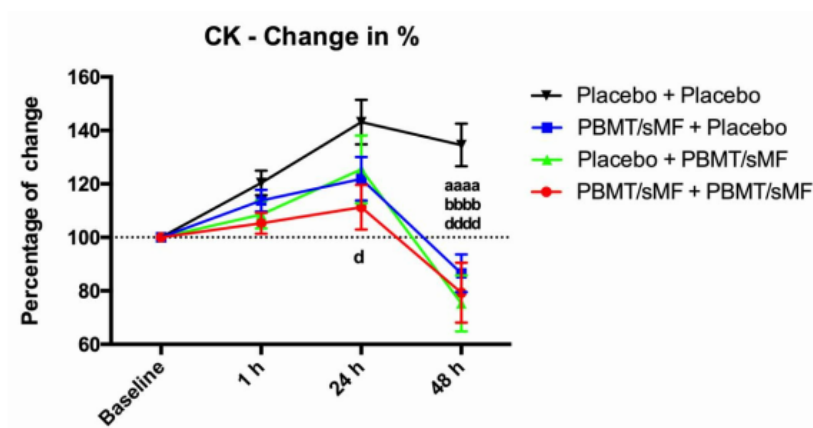


**Figure 1** - Percentage of change in number of squats performed. The data are presented in mean and SEM. <sup>a</sup> indicates statistical significance of  $p<0.05$  in comparison between PBMT/sMF+Placebo to Placebo+Placebo; <sup>aa</sup> indicates statistical significance of  $p<0.01$  in comparison between PBMT/sMF+Placebo to Placebo+Placebo; <sup>bbb</sup> indicates statistical significance of  $p<0.001$  in comparison between Placebo+ PBMT/sMF to Placebo+Placebo; <sup>bbbb</sup> indicates statistical significance of  $p<0.0001$  in comparison between Placebo+PBMT/sMF to Placebo+Placebo; <sup>cc</sup> indicates statistical significance of  $p<0.01$  in comparison between Placebo+PBMT/sMF to PBMT/sMF+PBMT/sMF.

The figure below shows the data on the variation of the CK collection in percentage. There was no statistically significant difference between the moments of application of the therapy. However, there was a statistically significant difference ( $p<0.05$ ) when we compared athletes who received effective treatment before and after WOD in relation to athletes who received only placebo. We also found a statistically

1163  
1164  
1165  
1166  
1167  
1168

significant difference ( $p<0.0001$ ) when we compared athletes who received active treatment, at all times, and those who received placebo before and after WOD in the evaluation 48 hours after the performance of WOD.

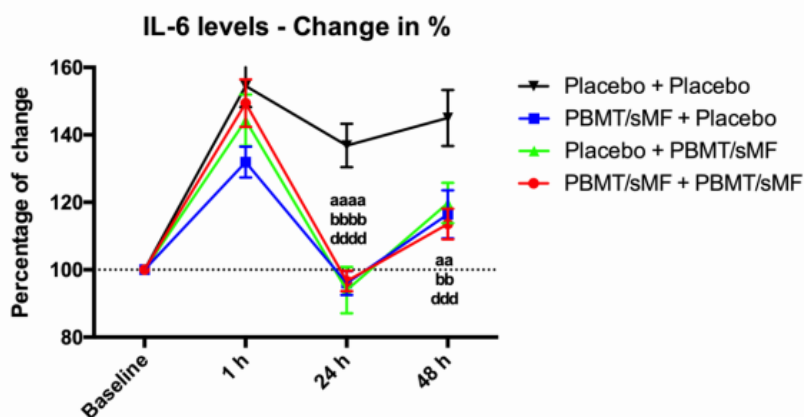


**Figure 2** - Percentage of change in CK activity. The data are presented in mean and SEM. <sup>aaaa</sup> indicates statistical significance of  $p<0.0001$  in comparison between PBMT/sMF+Placebo to Placebo+Placebo; <sup>bbbb</sup> indicates statistical significance of  $p<0.0001$  in comparison between Placebo+PBMT/sMF to Placebo+Placebo; <sup>d</sup> indicates statistical significance of  $p<0.05$  in comparison between PBMT/sMF+PBMT/sMF to Placebo+Placebo; and <sup>dddd</sup> indicates statistical significance of  $p<0.0001$  in comparison between PBMT/sMF+PBMT/sMF to Placebo+Placebo.

Regarding the data obtained through the analysis of IL-6, the graphic below (Figure 3) indicates that there was no statistically significant difference when comparing the different moments of application. However, when we compared athletes who received active treatment, at any time, to athletes who received only placebo, we noticed a statistically significant difference ( $p<0.0001$ ) in the evaluation 24 hours after WOD. In the evaluation 48 hours after the WOD, there was a statistically significant difference ( $p<0.01$ ) when we compared athletes who received effective treatment in just one moment, either before or after, with athletes who received only placebo. Still in the evaluation 48 hours later, when we compared the athletes who received effective

1169  
1170  
1171  
1172  
1173  
1174

treatment both before and after with the athletes who received placebo treatment at both times, we found a statistically significant difference in percentage values of  $p < 0.001$ .



**Figure 3** - Percentage of change in IL-6 levels. The data are presented in mean and SEM. <sup>a</sup> indicates statistical significance of  $p < 0.05$  in comparison between PBMT/sMF+Placebo to Placebo+Placebo; <sup>aa</sup> indicates statistical significance of  $p < 0.01$  in comparison between PBMT/sMF+Placebo to Placebo+Placebo; <sup>aaaa</sup> indicates statistical significance of  $p < 0.0001$  in comparison between PBMT/sMF+Placebo to Placebo+Placebo; <sup>bb</sup> indicates statistical significance of  $p < 0.01$  in comparison between Placebo+ PBMT/sMF to Placebo+Placebo; <sup>bbb</sup> indicates statistical significance of  $p < 0.0001$  in comparison between Placebo+PBMT/sMF to Placebo+Placebo; <sup>ddd</sup> indicates statistical significance of  $p < 0.001$  in comparison between PBMT/sMF+PBMT/sMF to Placebo+Placebo; <sup>dddd</sup> indicates statistical significance of  $p < 0.0001$  in comparison between PBMT/sMF+PBMT/sMF to Placebo+Placebo.

## DISCUSSION

Training methodologies involving intensity, such as HIIT, HIFT and Crossfit<sup>®</sup>, have been the subject of much research in recent years in academia. One of the major objectives of the study is the physiological responses to the stimuli of this type of training involving performance or factors related to injuries [4-7,8-12,32]. However, to date, to our knowledge, this is the first study that aims to assess the physiological responses of a therapeutic resource in order to accelerate the muscle recovery process and improve the performance of Crossfit<sup>®</sup> athletes.

1175  
1176  
1177  
1178  
1179  
1180



As WODs are often a combination of exercises performed at high intensity with rapid and successive repetitions, with limited or no recovery time [4], they cause metabolic and muscle stress, as well as a decrease in physical performance [8]. Research that investigated injuries in the practice of this activity correlated the risk of injuries with fatigue generated by high intensity [10,32,33]. For this reason, investigating therapeutic resources that can decrease recovery time is of paramount importance. Along these lines, we have seen many studies demonstrating the effectiveness of using PBMT/sMF to improve performance, both in controlled environments and in field tests [13-15,34].

For the present study, a WOD was developed whose intention was to make athletes perform the movements in the highest possible intensity, in order to generate fatigue and its effects. Athletes would reach fatigue by performing a sequence of exercises performed in the shortest possible time, using a metabolic cyclic activity, gymnastic movements with body weight and weight lifting movements. As previous studies have suggested, WODs by time proved to be more physically demanding when compared to WODs whose objective is to perform a greater number of repetitions in a fixed time[8]. Likewise, WODs with weight lifting exercises had a greater physiological response when compared to sessions without this element [35].

The success of the selected WOD, in relation to fatigue, was demonstrated by the data collected after the performance of the WOD compared to the baseline data, prior to the performance of the same (Table 2). In the subjective response, in the respiratory parameter, the athletes reported fatigue more than fifteen times greater than that observed before the WOD. However, in the subjective muscular response, the reported fatigue was approximately ten times greater than in the first moment. Another point that leads us to believe in the success of the chosen WOD was the data related to

1181  
1182  
1183  
1184  
1185  
1186

the biochemical markers of muscle damage, CK and IL-6. Since the increase in these markers is directly linked to the increase in neutrophils in the period of muscle recovery [36,37], and that sharp increases in plasma IL-6 occur only if the exercise involves working with muscle mass for a considerable period of time and intensity [38]. The CK data showed a peak in production 24 hours after the WOD performance, while the peak in the production of IL-6 occurred in the first evaluation after the exercise, 1 hour after the WOD.

Confirming what has been demonstrated in recent years [34], in the present study, PBMT/sMF was effective in reducing the production of muscle damage markers and improving performance in the functional test at all times when effective treatment was applied, both before and after, as can be identified in the comparison with the placebo treatment before and after WOD.

We found different recommendations in the literature regarding the moment of application of PBMT [39-42]. In the application associated with strength gains, we found differences between the studies of Vanin et al (2016) who used a PBMT protocol before training [39]. Miranda et al. (2016) and De Marchi et al. (2012) showed good results in their studies with aerobic training with prior application to the activity [14,42]. Good results using PBMT before and after aerobic exercise were also found [41]. Knowing the best time to apply PBMT was necessary since Crossfit® is characterized by a great involvement of the anaerobic energy system, with measures of aerobic capacity, in addition to having a demand for strength work at its base1.

The effective treatment when applied only after the WOD expressed an advantage over the other treatment moments when we analyzed the functional evaluation. Despite the fact that all moments of treatment had a higher percentage of repetitions than what was demonstrated in placebo therapy, the moment when effective

1187  
1188  
1189  
1190  
1191  
1192

treatment was used after WOD showed a statistically significant difference ( $p<0.001$ ) immediately after and 24h after and statistically significant difference ( $p<0.0001$ ) 48h later. Showing, therefore, to be the most efficient treatment time in this regard.

When we observed the physiological response of WOD in the production of the biochemical marker of muscle damage CK, we noticed a peak in its production 24 hours after the activity, confirming the study by Heavens et al. (2014) who analyzed the effects of high-intensity training on this biochemical marker [43]. However, effective treatment at any time showed a statistically significant difference of  $p<0.0001$  when compared to placebo therapy before and after WOD after 48 hours. At the peak of 24 hours of CK production, the effective PBMT/sMF before and after WOD demonstrated a percentage reduction of approximately 30% with statistical significance ( $p<0.05$ ), when compared with the PBMT/sMF placebo. However, there was no statistically significant difference between the moments of treatment. This demonstrates that PBMT/sMF was effective in reducing the production of this biochemical marker of muscle damage, thereby accelerating the athletes' muscle recovery process.

When analyzing the data related to IL-6, an inflammatory marker also related to muscle damage, we noticed that WOD was able to cause an increase in its concentration levels with a peak immediately after the performance, a fact that corroborates the findings of other studies that studied the response of this biochemical marker to high intensity training [4,43]. Nevertheless, the effective pre-WOD treatment proved to be able to reduce the production of IL-6 in this peak period, immediately after, compared to the placebo treatment. Likewise, when comparing the data related to the collection 24 hours after the performance of the WOD, the effects of PBMT/sMF on the concentration levels of IL-6, among the different moments of application, it is noted that

1193  
1194  
1195  
1196  
1197  
1198

there was a statistically significant difference ( $p < 0.0001$ ) among effective treatments, whether before or after, and placebo treatment both before and after.

This fact points out that PBMT/sMF was successful in reducing the levels of this marker by approximately 40%. Following the timeline and evaluating the data collected 48 hours after the WOD, there is a statistically significant reduction between effective PBMT/sMF and placebo treatment. At this time, however, there was an advantage in favor of effective therapy applied pre and post WOD when compared to other moments of application in just one moment (pre or post WOD). Our findings confirm the previous results studied by our research group, in which an improvement in the performance of healthy volunteers was observed with the application of TFBM/CM before and after the aerobic resistance training sessions over twelve weeks [41].

The findings express that PBMT/sMF was effective in modulating the release of biochemical markers linked to muscle damage at any time of application, whether before or after WOD. This data can be explained by the mixed characteristic, already mentioned, that Crossfit® has regarding energy demands. In this way, our data are in accordance with previous studies carried out by our research group in which we consider the primacy in the use of PBMT/sMF prior to the activity when associated with strength training and pre and post training when the capacity to be trained is aerobics [39,41]. However, when the therapy cannot be performed pre and post WOD, the application should be explored after training, since when analyzing the functional test data, the post application proved to be more efficient. Thus, we can suggest that the application of PBMT/sMF after WOD was the most effective, as it shortened the recovery time for the next WODs.

Our results also demonstrate that PBMT/sMF was able to reduce muscle damage, decreasing the expected production of IL-6 and CK after exercise [4,36,37,43].

1199  
1200  
1201  
1202  
1203  
1204

The effectiveness of this type of therapy in reducing muscle damage and improving performance had already been pointed out in previous studies in controlled environments [19,20,44-46], field tests and also in real competition scenarios [15,31]. Therefore, extrapolating the laboratory environment and verifying the results in clinical practice to determine the procedures regarding the timing of application is necessary for PBMT/sMF to continue gaining space within the sports area.

#### **CONCLUSION**

The data presented in this study confirm the effectiveness of PBMT/sMF presented in previous studies in controlled laboratory environments, field tests, and in real sports competition scenarios. PBMT/sMF was able to modulate the release of biochemical markers of muscle damage over 48 hours. It was also able to reduce the recovery time of Crossfit® athletes who performed better in the functional test when they received PBMT/sMF. Thus, PBMT/sMF proved to be effective and the data show preeminence in the application of therapy occurring after the completion of the WOD. Thus, noting that PBMT/sMF post WOD is able to improve the performance of Crossfit®athletes.

1205  
1206  
1207  
1208  
1209  
1210

## REFERENCES

1. Glassman G. Foundations. (2002a) The Crossfit® Journal, pp.1-8. - access 12/01/2020.
2. Glassman G. What is Crossfit®. (2004a) The Crossfit® Journal, pp 1-7 - access 12/01/2020.
3. Glassman G. Understanding Crossfit®.(2007) Crossfit® Journal.56.1-2 – access 12/01/2020.
4. Tibana RA, de Almeida LM, Frade de Sousa NM, Nascimento DdC, Neto IVdS, de Almeida A, de Souza VC, Lopes MdFTPL, Nobrega OdT, Vieira DCL, Navalta JW and Prestes J. Two Consecutive Days of Extreme Conditioning Program Training Affects Pro and Anti-inflammatory Cytokines and Osteoprotegerin without Impairments in Muscle Power. *Front. Physiol.* 7:260.
5. Hak PT, Hodzovic E, Hickey B. The nature and prevalence of injury during Crossfit® training. *J Strength Cond Res.* 2013 Nov 22.
6. Smith MM, Sommer AJ, Starkoff BE, Devor ST. Crossfit®-Based High Intensity Power Training Improves Maximal Aerobic Fitness and Body Composition. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association* 2013;27 (11): 3159–72.
7. Jagim AR, Rader O, Jones MT, Oliver JM. The physical demands of multi-modal training competitions and their relationship to measures of performance. *J Strength Cond Res.* 2015.
8. Timón, R., Olcina, G., Camacho-Cardenosa, M., Camacho-Cardenosa, A., Martinez-Guardado, I., & Marcos-Serrano, M. 48-hour recovery of biochemical parameters and physical performance after two modalities of Crossfit® workouts. *Biology of Sport*, 2019. 36(3), 283–289.
9. Joondeph SA, Joondeph BC. Retinal detachment due to Crossfit® training injury. *Case Rep Ophthalmol Med.* 2013;2013:189837.
10. Weisenthal BM, Beck CA, Maloney MD, DeHaven KE, Giordano BD. Injury rate and patterns among Crossfit® athletes. *Orthop J Sport Med.* 2014;2:2325967114531177.
11. Sprey JWC, Ferreira T, de Lima MV, Duarte A, Jorge PB, Santili C. An epidemiological profile of Crossfit® athletes in Brazil. *Orthop J Sport Med.* 2016;4:1–6.
12. Summitt RJ, Cotton RA, Kays AC, Slaven EJ. Shoulder injuries in individuals who participate in Crossfit® training. *Sports Health.* 2016;8:541–6.
13. Antonialli FC, De Marchi T, Tomazoni SS, Vanin AA, dos Santos Grandinetti V, de Paiva PR, Pinto HD, Miranda EF, de Tarso Camillo de Carvalho P, Leal-Junior EC. Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of

1211

1212

1213

1214

1215

1216

combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. *Lasers Med Sci.* 2014 Nov;29(6):1967-76.

14. Miranda EF, Vanin AA, Tomazoni SS, Grandinetti Vdos S, de Paiva PR, Machado Cdos S, Monteiro KK, Casalechi HL, de Tarso P, de Carvalho C, Leal-Junior EC. Using Pre-Exercise Photobiomodulation Therapy Combining Super-Pulsed Lasers and Light-Emitting Diodes to Improve Performance in Progressive Cardiopulmonary Exercise Tests. *J Athl Train.* 2016 Feb;51(2):129-35.

15. Pinto HD, Vanin AA, Miranda EF, Tomazoni SS, Johnson DS, Albuquerque-Pontes GM, Aleixo IO Junior, Grandinetti VD, Casalechi HL, de Carvalho PT, Leal EC Junior. Photobiomodulation Therapy Improves Performance and Accelerates Recovery of High-Level Rugby Players in Field Test: A Randomized, Crossover, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Study. *J Strength Cond Res.* 2016 Dec;30(12):3329-3338.

16. Friedmann H, Lipovsky A, Nitzan Y, Lubart R. Combined magnetic and pulsed laser fields produce synergistic acceleration of cellular electron transfer. *Laser Ther* 2009;18:137-141.

17. Vanin AA, De Marchi T, Tomazoni SS, et al. Pre-exercise infrared low-level laser therapy (810 nm) in skeletal muscle performance and post exercise recovery in humans, What Is the optimal dose? A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Photomed Laser Surg* 2016;34:473-482.

18. Herpich CM, Leal-Junior ECP, Gomes CAF, Gloria IPDS, Amaral AP, Amaral MFRS, Politti F, Biasotto-Gonzalez DA. Immediate and short-term effects of phototherapy on pain, muscle activity, and joint mobility in women with temporomandibular disorder: a randomized, double-blind, placebo-controlled, clinical trial. *Disabil Rehabil* (2018) 40(19):2318-2324.

19. Felismino AS, Costa EC, Aoki MS, et al. Effect of low-level laser therapy (808 nm) on markers of muscle damage: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2013; Set, p xx.

20. Baroni BM, Leal Junior EC, De Marchi T, et al. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 110: p 789–796.

21. Grandinetti VD; Miranda EF; Johnson DS; de Paiva PR; Tomazoni SS; Vanin AA; Albuquerque-Pontes GM; Frigo L; Marcos RL; de Carvalho PT; Leal-Junior EC; The termal impacto f phototherapy with concurrent super-sulsed laser and red and infrared LEDs on human skin. *Lasers Med Sci.* 2015 May19.

22. Weston M, Siegler J, Bahnert A, McBrien J, Lovell R. The application of differential ratings of perceived exertion to Australian Football League matches. *J Sci Med Sport.* 2015 Nov;18(6):704-8.

23. McLaren SJ, Weston M, Smith A, Cramb R, Portas MD. Variability of physical performance and player match loads in professional rugby union. *J Sci Med Sport.* 2016 Jun;19(6):493-7.

1217  
1218  
1219  
1220  
1221  
1222

24. McLaren SJ, Smith A, Spears IR, Weston M. A detailed quantification of differential ratings of perceived exertion during team-sport training. *J Sci Med Sport*. 2017 Mar;20(3):290-295.
25. Fanchini M, Ferraresi I, Modena R, Schena F, Coutts AJ, Impellizzeri FM. Use of CR100 Scale for Session Rating of Perceived Exertion in Soccer and Its Interchangeability With the CR10. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016 Apr;11(3):388-92.
26. Vanin AA; Miranda EF; Machado CSM; de Paiva PRV; Albuquerque-Pontes G M; Casalechi HL; de Carvalho PT; Leal-Junior ECP. What is the best moment to apply phototherapy when associated to a strength training program? A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lasers in Medical Science*, 2016 v. 31, p. 1555-1564.
27. De Paiva RP, Tomazoni SS, Johnson DS, Vanin AA, Albuquerque-Pontes GM, Machado CSM, Casalechi HL, de Carvalho PT, Leal-Junior ECP; Photobiomodulation therapy (PBMT) and/or cryotherapy in skeletal muscle restitution, what is better? A randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*. 2016;31(9),1925-33.
28. Vanin AA, Verhagen E, Barboza SD, Costa LOP, Leal-Junior ECP. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci*. (2018) 33(1):181-214.
29. Leal-Junior ECP, Lopes-Martins RÁB, Bjordal JM. Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. *Braz J Phys Ther*. (2018) pii: S1413-3555(18) 31021-9.
30. Miranda EF, Tomazoni SS, de Paiva PRV, Pinto HD, Smith D, Santos LA, de Tarso Camillo de Carvalho P, Leal-Junior ECP. When is the best moment to apply photobiomodulation therapy (PBMT) when associated to a treadmill endurance-training program? A randomized, triple-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*. (2018) May;33(4):719-727.
31. De Marchi T, Leal-Junior ECP, Lando KC, Cimadon F, Vanin AA, da Rosa DP, Salvador M. Photobiomodulation therapy before futsal matches improves the staying time of athletes in the court and accelerates post-exercise recovery. *Lasers Med Sci*. (2019) Feb;34(1):139-148.
32. Maté-Muñoz JL, Lougedo JH, Barba M, Garcia-Fernandez P, Garnacho-Castaño MV, Dominguez R Muscular fatigue in response to different modalities of Crossfit® sessions. *PLoS ONE* (2017). 12(7):e0181855.
33. Hak PT, Hodzovic E, Hickey B. The nature and prevalence of injury during Crossfit® training. *J Strength Cond Res*. 2013.

1223  
1224  
1225  
1226  
1227  
1228



34. Leal-Junior ECP, Lopes-Martins RÁB, Bjordal JM. Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. *Braz J Phys Ther.* (2018) pii: S1413-3555(18) 31021-9.
35. Tibana RA, Almeida LM, DE Sousa Neto IV, DE Sousa NMF, DE Almeida JA, De Salles BF, et al. Extreme Conditioning Program Induced Acute Hypotensive Effects are Independent of the Exercise Session Intensity. *Int J Exerc Sci.* 2017; 10(8):1165-73.
36. Bruunsgaard H, Galbo H, Halkjaer-Kristensen J, Johansen TL, MacLean DA, and Pedersen BK. Exercise-induced increase in serum interleukin-6 in humans is related to muscle damage. *J Physiol*, 1997. 499: 833–841.
37. Yamada M, Suzuki K, Kudo S, et. al. Raised plasma G-CSF and IL-6 after exercise may play a role in neutrophil mobilization into the circulation, *J Appl Physiol* 2001. 92: 1789–1794.
38. Fischer CP Interleukin-6 in acute exercise and training: what is the biological relevance? *Exerc. Immunol. Rev.* (2006). 12 6–33.
39. Vanin AA; Miranda EF; Machado CSM; de Paiva PRV; Albuquerque-Pontes G M; Casalechi HL; de Carvalho PT; Leal-Junior ECP. What is the best moment to apply phototherapy when associated to a strength training program? A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lasers in Medical Science*, 2016 v. 31, p. 1555-1564.
40. 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) 27:497–504.
41. Miranda EF, Tomazoni SS, de Paiva PRV, Pinto HD, Smith D, Santos LA, de Tarso Camillo de Carvalho P, Leal-Junior ECP. When is the best moment to apply photobiomodulation therapy (PBMT) when associated to a treadmill endurance-training program? A randomized, triple-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* (2018) May;33(4):719-727.
42. De Marchi T, Leal Junior EC, Bortoli C, Tomazoni SS, Lopes-Martins RA, Salvador M. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. *Lasers Med Sci* (2012) 27:231–236
43. Heavens, K. R., Szivak, T. K., Hooper, D. R., Dunn-Lewis, C., Comstock, B. A., Flanagan, S. D., et al. The effects of high intensity short rest resistance exercise on muscle damage markers in men and women. *J. Strength Cond. Res.* (2014). 28, 1041–1049.

1229

1230

1231

1232

1233

1234

44. Leal-Junior ECP., Vanin AA., Miranda, E. F., de Carvalho, P. de T. C., Dal Corso, S., & Bjordal, J. M. 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 in Medical Science*, (2013). 30(2), 925–939.

45. Leal-Junior EC, Lopes-Martins RA, Baroni BM, De Marchi T, Rossi RP, Grosselli D, et al. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLL) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise. *Photomed Laser Surg* 2009c;(27): p 617-23

46. Leal-Junior, EC, Lopes-Martins, RA, Baroni, BM, De Marchi, T, Tauffer, D, Manfro, DS, Rech, M, Danna, V, Grosselli, D, Generosi, RA, Marcos, RL, Ramos, L, and Bjordal, JM. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci* 2008<sup>a</sup>.