

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO – UNINOVE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

**PAULO ROBERTO VICENTE DE PAIVA**

**FOTOTERAPIA APLICADA DURANTE O TREINAMENTO E O  
DESTREINAMENTO: EFEITOS NO TREINAMENTO DE FORÇA E  
TREINAMENTO AERÓBIO**

São Paulo, SP

2019

PAULO ROBERTO VICENTE DE PAIVA

**FOTOTERAPIA APLICADA DURANTE O TREINAMENTO E O  
DESTREINAMENTO: EFEITOS NO TREINAMENTO DE FORÇA E  
TREINAMENTO AERÓBIO**

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

Orientador: Prof. Dr. Ernesto Cesar Pinto Leal Junior

Coorientadora: Profa. Dra. Heliodora Leão Casalechi

São Paulo, SP

Paiva, Paulo Roberto Vicente de.

Fototerapia aplicada durante o treinamento e o destreinamento: efeitos no treinamento de força e treinamento aeróbio. / Paulo Roberto Vicente de Paiva. 2019.

74 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2019.

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

1. Terapia a laser de baixa potência. 2. Fototerapia. 3. Treinamento de força. 4. Treinamento aeróbio. 5. Destreinamento.

I. Leal Junior, Ernesto Cesar Pinto.

II. Título.

CDU 615.831

São Paulo, 30 de agosto de 2019.

**TERMO DE APROVAÇÃO**

Aluno (a): Paulo Roberto Vicente de Paiva

Título da Tese: "Fototerapia Aplicada Durante o Treinamento e o Destreinamento: Efeitos no Treinamento de Força e Treinamento Aeróbio".

Presidente: PROF. DR. ERNESTO CESAR PINTO LEAL JUNIOR



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



Membro: PROF. DR. BRUNO MANFREDINI BARONI



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus pela minha vida e por me sustentar em todos os momentos.

Agradeço aos meus pais, por tudo que me ensinaram desde criança como respeito, responsabilidade e educação.

Agradeço a minha esposa, Andréa, pela paciência e por estar sempre ao meu lado.

Agradeço a todos os integrantes do laboratório que me ajudaram a realizar e concluir esse projeto, em especial ao meu professor e orientador Ernesto, pela confiança e pelos ensinamentos aprendidos ao longo desse tempo.

Agradeço a UNINOVE por disponibilizar espaço e equipamentos necessários para realização desse projeto, assim como pela bolsa de doutorado PROSUP/CAPES (03/2016 a 09/2017) – processo 1594983.

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de doutorado (10/2017 a 08/2019) – processo 2016/11878-5.

## RESUMO

A prática regular de exercícios físicos pode proporcionar melhora na capacidade cardiovascular, aumento da massa muscular e redução da gordura corporal, para isso, dois programas de treinamentos podem ser empregados. O treinamento de força altera predominantemente a força e o volume muscular e, por sua vez, o treinamento aeróbio interfere predominantemente na capacidade cardiovascular e na massa de gordura corporal. Porém, o questionamento quanto à permanência dessas alterações após um período sem treinamento, chamado destreinamento, até o momento não é bem elucidado. A terapia de fotobiomodulação (TFBM) já apresentou efeitos ergogênicos quando associada a um programa de treinamento físico. Assim, o objetivo desse estudo foi investigar os efeitos da fototerapia na manutenção do ganho adquirido, por meio do treinamento de força e treinamento aeróbio, durante o período de destreinamento. Para isso, dois estudos foram realizados separadamente. No primeiro deles, 48 homens sedentários realizaram um protocolo de treinamento de força, 2 vezes por semana em dias não consecutivos durante 12 semanas. A TFBM foi aplicada no músculo quadríceps antes de cada sessão de treinamento e também no destreinamento, com dose total de 180 J em cada coxa. No segundo estudo, 60 homens sedentários realizaram um treinamento aeróbio 3 vezes por semana em dias não consecutivos durante 12 semanas. A TFBM foi aplicada nos músculos quadríceps, isquiotibiais e gastrocnêmios antes e após cada sessão de treinamento e também no destreinamento, com dose total de 510 J em cada membro inferior. O período de destreinamento durou 04 semanas em ambos os estudos. No treinamento de força foram avaliados pico de torque através do teste de contração voluntária máxima (CVM) em dinamômetro isocinético e a força máxima através do teste de uma repetição máxima (1RM) nos exercícios *leg press* e cadeira extensora. No treinamento aeróbio foram avaliados consumo máximo de oxigênio ( $VO_2max$ ) e tempo até exaustão através do teste cardiorrespiratório realizado em esteira, e o percentual de gordura corporal foi avaliado através das dobras cutâneas. As avaliações foram feitas basal, 04, 08 e 12 semanas após início dos treinamentos e também 04 semanas após destreinamento. O percentual de mudança no teste de CVM para o grupo TFBM/CME+TFBM/CME foi de 30%, e nos testes de 1RM, este percentual foi de 30% na extensão de perna e 47% no *leg press* comparado ao do grupo Placebo+Placebo na 16ª semana. Em relação ao tempo até exaustão e  $VO_2max$ , o percentual de mudança foi estatisticamente superior no grupo TFBM/CME+TFBM/CME em comparação com o do grupo Placebo+Placebo na 16ª semana. E por fim, houve melhora no percentual de mudança na gordura corporal na 16ª semana no grupo TFBM/CME+TFBM/CME em relação ao grupo Placebo+Placebo. No presente estudo, o uso da TFBM/CME foi capaz de potencializar os efeitos do treinamento de força, bem como o treinamento aeróbio. Também, reduziu as perdas provocadas por um período sem treinamento.

**Palavras-chave:** Terapia a laser de baixa potência, fototerapia, treinamento de força, treinamento aeróbio, destreinamento.

## ABSTRACT

Regular physical exercise can improve cardiovascular capacity, increase muscle mass and reduce body fat, and for this, two training programs can be employed. Strength training changes predominantly the strength and muscle volume, and in turn, aerobic training interferes predominantly with the cardiovascular fitness and body fat mass. However, the question about the permanence of these alterations after a period without training, called detraining, is not well understood so far. Photobiomodulation therapy (PBMT) has already presented ergogenic effects when combined with a physical training program. Thus, the aim of this study was to investigate the effects of phototherapy on maintaining the gain gained through strength training and aerobic training during the detraining period. For this, two studies were performed separately. In the first study, 48 sedentary men performed a strength training protocol twice a week on nonconsecutive days for 12 weeks. PBMT was applied to the quadriceps muscle before each training session and also to detraining, with a total dose of 180 J in each thigh. In the second study, 60 sedentary men performed aerobic training 3 times a week on nonconsecutive days for 12 weeks. PBMT was applied to the quadriceps, hamstrings and gastrocnemius muscles before and after each training session and also in detraining, with a total dose of 510 J in each lower limb. The detraining period lasted 04 weeks in both studies. In strength training, peak torque was evaluated by the maximal voluntary contraction (MVC) test on isokinetic dynamometer and the maximum force by the one-repetition maximum (1RM) test in the leg press and chair extension exercises. In aerobic training were evaluated maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ) and time to exhaustion by cardiorespiratory test performed on treadmill, and the percentage of body fat was measured by skinfold. The evaluations were performed before the beginning of the training (baseline), 4, 8, and 12 weeks after the beginning of the training, and also 4 weeks after the detraining. The percentage of change in MVC test for the PBMT/sMF+PBMT/sMF group was of 30% compared to the Placebo+Placebo group at 16<sup>th</sup> week, and in the 1RM tests, this percentage was of 30% on leg extension and of 47% on leg press compared to the Placebo+Placebo group at 16<sup>th</sup> week. Regarding the time until exhaustion and  $VO_{2max}$ , the percentage of change was statistically superior in the PBMT/sMF+PBMT/sMF group at 16<sup>th</sup> week compared to that in the Placebo+Placebo group. Finally, the percentage of change in body fat at the 16<sup>th</sup> week improved in the PBMT/sMF+PBMT/sMF group compared to the Placebo+Placebo group. In the present study, the use of PBMT/sMF was able to potentiate the effects of strength training, as well as aerobic training. In addition, it reduced the losses caused by a period without training.

**Keywords:** Low-level laser therapy, Phototherapy, strength training, aerobic training, detraining.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
2.1. Objetivos gerais.....	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1. Estudo I – Treinamento de força</b> .....	<b>17</b>
3.1.1. Materiais e métodos.....	19
3.1.2. Sujeitos e tamanho amostral.....	19
3.1.3. Critérios de inclusão e exclusão.....	20
3.1.4. Grupos experimentais, randomização e cegamento.....	20
3.1.5. Procedimentos.....	22
3.1.5.1. Teste de contração voluntária máxima (CVM) .....	22
3.1.5.2. Teste de 1 repetição máxima (1RM) .....	23
3.1.5.3. Treinamento de força .....	24
3.1.5.4. Terapia de fotobiomodulação (TFBM) e campo magnético estático (CME)...	24
3.1.6. Análise estatística .....	26
3.1.7. Resultados.....	27
3.1.8. Discussão.....	35
3.1.9. Conclusão.....	38
<b>3.2. Estudo II – Treinamento aeróbio</b> .....	<b>39</b>
3.2.1. Materiais e métodos.....	40
3.2.2. Sujeitos .....	40
3.2.3. Critérios de inclusão e exclusão .....	41
3.2.4. Randomização, cegamento e grupos experimentais.....	42
3.2.5. Procedimentos .....	44
3.2.5.1. Avaliação cardiorrespiratória .....	44
3.2.5.2. Avaliação da composição corporal .....	44
3.2.5.3. Treinamento aeróbio.....	45
3.2.5.4. Terapia de fotobiomodulação (TFBM) e campo magnético estático (CME)...	45
3.2.6. Análise estatística .....	47
3.2.7. Resultados.....	48
3.2.8. Discussão.....	53
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>57</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>58</b>
<b>6. APÊNDICES – Artigos</b> .....	<b>65</b>
<b>7. ANEXOS</b> .....	<b>66</b>
<b>Anexo I</b> – Documento de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.....	66
<b>Anexo II</b> – Termo de consentimento livre e esclarecido para o estudo I .....	67
<b>Anexo III</b> – Termo de consentimento livre e esclarecidos para o estudo II .....	71



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Parâmetros da TFBM/CME no treinamento de força.....	<b>26</b>
<b>Tabela 2:</b> Parâmetros da fototerapia no treinamento aeróbio.....	<b>27</b>
<b>Tabela 3:</b> Parâmetros da fototerapia no treinamento de força .....	<b>29</b>
<b>Tabela 4:</b> Parâmetros da TFBM/CME no treinamento aeróbio.....	<b>46</b>
<b>Tabela 5:</b> Variáveis antropométricas e avaliações basais em valores absolutos.....	<b>48</b>
<b>Tabela 6:</b> Dados do teste cardiopulmonar progressivo e percentual de gordura corporal em valores absolutos.....	<b>49</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Fluxograma com as etapas do estudo I .....	<b>22</b>
<b>Figura 2:</b> Locais de aplicação da TFBM/CME na região anterior da coxa.....	<b>25</b>
<b>Figura 3:</b> Percentual de mudança no teste de contração voluntária máxima (CVM) .....	<b>32</b>
<b>Figura 4:</b> Percentual de mudança no teste de uma repetição máxima (1RM) na cadeira extensora.....	<b>33</b>
<b>Figura 5:</b> Percentual de mudança no teste de uma repetição máxima (1RM) no <i>leg press</i> .....	<b>34</b>
<b>Figura 6:</b> Fluxograma - etapas do estudo II.....	<b>43</b>
<b>Figura 7A:</b> Locais de aplicação da TFBM/CME na região anterior dos membros inferiores.....	<b>45</b>
<b>Figura 7B:</b> Locais de aplicação da TFBM/CME na região posterior dos membros inferiores.....	<b>45</b>
<b>Figura 8:</b> Percentual de mudança no tempo até exaustão.....	<b>50</b>
<b>Figura 9:</b> Percentual de mudança no VO <sub>2</sub> max.....	<b>51</b>
<b>Figura 10:</b> Percentual de mudança na gordura corporal.....	<b>52</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

**AVD** - atividades de vida diárias.

**1RM** - uma repetição máxima.

**VO<sub>2</sub>max** - consumo máximo de oxigênio.

**LBP** - laser de baixa potência.

**LED** - diodos emissores de luz.

**LLLT** - terapia de laser de baixa potência.

**TFBM** - terapia de fotobiomodulação.

**CME** – campo magnético estático.

**CK** - creatina quinase.

**ATP** - adenosina trifosfato.

**CVM** - contração voluntária máxima.

**PO<sub>2</sub>** - pressão parcial de oxigênio.

**SaO<sub>2</sub>** - saturação de oxigênio.

**TCLE** - termo de consentimento livre e esclarecido.

**RF** - reto femoral.

**FCmax** - frequência cardíaca máxima.

## 1. INTRODUÇÃO

A prática regular de exercícios físicos pode proporcionar melhora na capacidade cardiovascular, aumento da massa muscular, redução da gordura corporal e, desta forma, ser uma ferramenta importante na melhora da capacidade funcional do indivíduo em suas atividades diárias (AVD) e também no âmbito competitivo<sup>1</sup>. Dentre os exercícios físicos, dois tipos podem ser destacados, o exercício de força e o exercício aeróbio, que promovem adaptações físicas diferentes com base nas suas especificidades e quando executados de maneira organizada e planejada, são chamados de treinamento de força e treinamento aeróbio<sup>2</sup>, respectivamente.

O treinamento de força resulta principalmente no aumento da força e da massa muscular, assim como melhora da *performance*<sup>1-8</sup>. Correa et al.<sup>9</sup> verificaram um aumento de 33% no teste de uma repetição máxima (1RM) na musculatura extensora de joelho após 12 semanas de treinamento de força, realizado 02 vezes por semana. Stebbings et al.<sup>10</sup> também observaram um ganho de 32% na força muscular de extensores de joelho após um período de 08 semanas de treinamento, 3 vezes por semana.

O aumento da massa muscular causado pelo treinamento de força está relacionado a estímulos hormonais, metabólicos e mecânicos, sendo esse último o mais importante, pois a sobrecarga causa danos às fibras musculares, desencadeando uma série de eventos miogênicos que levam ao aumento do tamanho e da quantidade das proteínas contráteis, miosina e actina (hipertrofia contrátil)<sup>11</sup>. Essas possíveis alterações na fibra muscular decorrentes do treinamento podem resultar em melhorias na produção de força e maior resistência à fadiga<sup>12</sup>.

Com adaptações diferentes ao treinamento de força, o treinamento aeróbio está associado predominantemente ao aumento do consumo máximo de oxigênio ( $VO_2max$ ), diminuição do peso corporal e da massa de gordura<sup>7, 13, 14, 15, 16</sup>. Esse aumento do  $VO_2max$  está diretamente relacionado com a melhora na capacidade aeróbia, sendo assim, nos parece ser esse o melhor indicativo para expressar os efeitos do treinamento aeróbio<sup>15</sup>.

Como observado até o momento, o treinamento de força aumenta a força e o volume muscular<sup>1-11</sup>, já o treinamento aeróbio melhora a capacidade

cardiovascular e auxilia na diminuição da gordura corporal<sup>7, 13, 14, 15, 16</sup>. Porém, o questionamento quanto a permanência dessas alterações após um período sem treinamento (destreinamento), até o momento não é totalmente elucidado.

No intuito de responder essa questão, Yasuda et al.<sup>17</sup> verificaram que o ganho de força muscular gerado pelo treinamento de força foi preservado após um período de 3 semanas de destreinamento. Por outro lado, Correa et al.<sup>9</sup> observaram redução na força e volume muscular após um período de 12 semanas sem treinamento. Do mesmo modo, um período de apenas 4 semanas de destreinamento foi suficiente para diminuir a força muscular do quadríceps e isquiotibiais<sup>10, 16</sup> assim como a capacidade aeróbia<sup>16</sup>.

Os ganhos tanto na força muscular quanto na capacidade aeróbia obtidos no período de treinamento, podem sofrer uma redução e até mesmo retornar aos níveis basais, após um período de destreinamento<sup>9, 10, 16</sup>. Além disso, não é do nosso conhecimento alguma evidência científica quanto a existência de algum recurso ou método que possa diminuir os possíveis efeitos deletérios deste período de destreinamento.

A fototerapia ou terapia de fotobiomodulação (TFBM), por meio do laser de baixa potência (LBP) e/ou diodos emissores de luz (LED), tem demonstrado resultados satisfatórios quando utilizada em associação ao exercício físico<sup>18, 19, 20, 21</sup>. Recentemente, resultados positivos para ganho de força e aumento da capacidade aeróbia também foram observados com o emprego da TFBM de forma crônica em associação a um programa de treinamento de força<sup>22, 23</sup> e também treinamento aeróbio<sup>24</sup>.

O laser foi criado na década de 1960 com propriedades especiais sendo uma luz monocromática, coerente e de baixa divergência. Anos depois, a fototerapia passou a ser conhecida. O laser ou diodos emissores de luz (LED) emitem uma luz visível vermelha ou infravermelha com largura espectral estreita entre 600nm a 1000nm, densidade de energia entre 1 e 20 J/cm<sup>2</sup> e densidade de potência de 5 a 50 mW/cm<sup>2</sup>. A luz emitida é absorvida por componentes da cadeia respiratória celular e desta forma, é capaz de induzir processos fotobiológicos nas células promovendo regeneração tecidual, redução da inflamação e dor<sup>25, 26</sup>. Foi demonstrado também que o uso simultâneo de diferentes comprimentos de onda (905nm, 875nm e 640nm) e diferentes fontes

de luz (lasers e LEDs) não causam efeitos térmicos prejudiciais à diferentes tonalidades de pele<sup>27</sup>.

Ao ser aplicada antes do exercício físico, a TFBM pode reduzir o estresse oxidativo, retardar o aparecimento da fadiga e melhorar o desempenho muscular<sup>19, 20</sup>. Também se mostrou eficiente em acelerar a recuperação muscular através do aumento da remoção do lactato e na redução dos danos musculares causados pelo exercício<sup>18</sup>. Antonialli et al.<sup>28</sup> observaram que houve melhora na *performance* e na recuperação muscular com a TFBM aplicada previamente ao exercício excêntrico. Os mesmos autores<sup>28</sup> também concluíram que 30J foi a melhor dose em relação ao aumento da força muscular, na redução da creatina quinase (CK) que é um marcador indireto de dano muscular assim como na diminuição da dor.

Alguns autores mostraram que a TFBM (com diodos emissores de luz – LED) aplicada durante a realização do exercício físico<sup>29, 30</sup> pode melhorar a tolerância ao exercício, gerando uma maior resistência à fadiga. Na aplicação pós-exercício, a TFBM também apresenta resultados satisfatórios na melhora da *performance* muscular devido a remoção e oxidação do ácido láctico, aumento da quantidade de energia disponível durante o exercício e maior resistência à fadiga<sup>22, 31</sup>.

Até o momento, podemos observar que a TFBM influencia no aumento da *performance* e redução dos sinais de fadiga quando utilizada de forma aguda e dentro de uma janela terapêutica de fotobioestimulação<sup>32, 33</sup>. De forma crônica, também demonstrou efeitos potencializadores à prática do exercício, fato este que pode ser atribuído a maior produção de adenosina trifosfato (ATP) mitocondrial por meio do aumento significativo da atividade de citocromo c oxidase, obtendo maior aporte de energia para a execução da atividade<sup>34, 35</sup>.

Com relação aos dois tipos de treinamentos do presente projeto, resultados publicados por nosso grupo de pesquisa mostraram que o melhor efeito da TFBM foi obtido por meio da aplicação antes e depois das sessões de treinamento aeróbio<sup>36</sup>. Já no treinamento de força dos extensores de joelho, os melhores resultados no teste de contração voluntária máxima (CVM) e 1RM foram alcançados quando a TFBM foi aplicada somente antes dos exercícios de força propostos<sup>23</sup>.

No destreino, período que ocorre a interrupção do estímulo do exercício físico e como consequência, uma diminuição da força e da capacidade aeróbia<sup>10, 16</sup>, até o momento não é do nosso conhecimento a existência de alguma terapia que possa interferir neste período. Um estudo realizado por Nakano et al.<sup>37</sup> demonstrou que a fototerapia reduziu a perda de massa muscular provocada pela atrofia por desuso. Neste estudo<sup>37</sup>, verificou-se melhor recuperação da atrofia por desuso quando a fototerapia foi aplicada após um período de 2 semanas de suspensão dos membros inferiores dos ratos. Os autores<sup>37</sup> atribuíram esses resultados benéficos da fotobioestimulação à capacidade de proliferação de células satélites e angiogênese. Mesmo que a ativação de células satélites tenha sido expressiva em níveis profundos, os autores acreditam que isso possa estar relacionado ao aumento da proliferação dos mioblastos, também observado nesse estudo<sup>37</sup>. Além disso, autores<sup>28, 37</sup> deixam claro a importância de se utilizar parâmetros dentro da janela terapêutica adequada para obtenção dos resultados desejados, o que já foi estipulado para esse projeto.

É sabido que tanto na atrofia por desuso<sup>38</sup> quanto no destreino<sup>39</sup> ocorre diminuição da ativação de células satélites, diminuição da área de secção transversa muscular, com consequente diminuição do volume e força muscular. Tendo em vista que estes eventos ocorrem de maneira similar tanto na atrofia por desuso quanto no destreino, e que a fototerapia já demonstrou efeitos benéficos sobre estes aspectos quando utilizada em um modelo experimental de atrofia por desuso<sup>37</sup>, nos parece razoável suspeitar que a fototerapia possa ser capaz também de atenuar estes eventos quando desencadeados pelo destreino, visto que, em ambas situações estes eventos são desencadeados pela diminuição da atividade muscular.

Wasik et al.<sup>40</sup> investigaram os efeitos da fototerapia no metabolismo oxidativo dos eritrócitos, granulócitos e linfócitos. Amostras de sangue heparinizado de 15 voluntários foram irradiadas. Após a irradiação, foi observado aumento na pressão parcial de oxigênio (PO<sub>2</sub>) assim como na saturação de oxigênio (SaO<sub>2</sub>). Esses achados também nos levam a acreditar que a fototerapia poderia atenuar a perda da capacidade cardiorrespiratória observada no período de destreino após um programa de treinamento aeróbio.

Portanto, lançamos a hipótese de que a TFBM possa amenizar a perda da força muscular e da capacidade aeróbia decorrentes do período de destreinamento, após treinamento de força e treinamento aeróbio, visto que fatores de crescimento celular e transporte de oxigênio podem ser influenciados positivamente pela fototerapia. Levando em consideração que muitas vezes o atleta ou não, pacientes em processo de reabilitação e idosos, se encontram fora de suas rotinas de treinamentos devido à doença, lesão ou outros fatores, seria de grande valia identificarmos um recurso terapêutico seguro e eficaz em minimizar a perda provocada pelo destreinamento, uma vez que, possibilitará o retorno do indivíduo as suas condições físicas mais rapidamente.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

- Investigar os efeitos da terapia de fotobioestimulação (TFBM), combinação de laser e LED, durante o período de destreinamento na manutenção do ganho adquirido tanto no treinamento de força, como no treinamento aeróbio.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Avaliar os efeitos da terapia de fotobioestimulação (TFBM) aplicada previamente as sessões de treinamento de força e durante o período de destreinamento.

- Avaliar os efeitos da terapia de fotobioestimulação (TFBM) aplicada prévia e posteriormente as sessões de treinamento aeróbio e durante o período de destreinamento.

### 3. RESULTADOS

Os resultados da presente tese serão apresentados no formato de artigos. O estudo I, intitulado: “A combinação da terapia de fotobiomodulação (TFBM) e campo magnético estático (CME) pode potencializar os efeitos do treinamento de força e diminuir a perda de *performance* durante o destreino? Um estudo controlado randomizado, placebo controlado e triplo cego”. O estudo II, intitulado: “A combinação da terapia de fotobiomodulação (TFBM) e campo magnético estático (CME) potencializa os efeitos do treinamento aeróbio e diminui a perda de *performance* durante o destreino? Um estudo controlado randomizado, placebo controlado e triplo cego”.

#### **3.1. Estudo I – A combinação da terapia de fotobiomodulação (TFBM) e campo magnético estático (CME) pode potencializar os efeitos do treinamento de força e diminuir a perda de *performance* durante o destreino? Um estudo controlado randomizado, placebo controlado e triplo cego**

Os benefícios do treinamento de força têm sido relacionados ao aumento de força e massa muscular, melhorando a capacidade funcional e *performance*<sup>1-8</sup>. No entanto, é comum praticantes interromperem seus programas de treinamento físico devido a doenças, lesões ou outros fatores que podem interferir na capacidade para atividade física, causando uma perda dos ganhos obtidos durante o período de treinamento<sup>10, 16</sup>. Estas pausas comuns no treinamento representam um problema na prática clínica. Até este momento, não foi encontrado nenhuma evidência ou consenso sobre qualquer recurso ou método que diminui os efeitos do destreino (ou descondicionamento).

Algumas ferramentas podem ser utilizadas para otimizar os benefícios do treinamento, dentre elas, a terapia de fotobiomodulação (TFBM) usando fontes de luz como lasers e diodos emissores de luz (LEDs)<sup>23, 24, 36, 41</sup>. Estudos também demonstraram que a TFBM pode impulsionar o ganho em diferentes protocolos de treinamento, como no treinamento de força<sup>23, 41</sup>. A TFBM pode modular a atividade mitocondrial através da interação com a citocromo c oxidase, elevando a produção da adenosina trifosfato (ATP), que por sua vez, acelera o metabolismo celular<sup>34, 35</sup>.

Curiosamente, alguns processos biológicos podem também ser modulados pelo uso de campos magnéticos estáticos (CME)<sup>42, 43</sup>. Esta interação entre CME e tecido biológico pode levar ao aumento nos níveis de ATP intracelular<sup>43-45</sup>. Portanto, parece razoável associar TFBM e CME buscando o aumento da produção de ATP, o que poderia ser benéfico para promover efeitos ergogênicos nas células musculares esqueléticas e, conseqüentemente, aumentando os efeitos do treinamento de força. De fato, foi demonstrado que o uso da TFBM associado com CME gera maior transferência de elétrons, ativando a cadeia respiratória mitocondrial e aumentando a produção de ATP<sup>46</sup>.

No cenário clínico, estudos já demonstraram que a associação de TFBM e CME (TFBM/CME) promove efeitos ergogênicos<sup>36, 47, 48</sup>. Além disso, Vanin et al.<sup>23</sup> verificaram que TFBM/CME melhora a *performance* de indivíduos durante um período de 12 semanas de treinamento de força, aumentando a contração voluntária máxima (CVM) assim como o teste de uma repetição máxima (1RM) com os exercícios *leg press* e extensão de perna. No entanto, até o momento não há estudos investigando os efeitos da TFBM/CME no período de destreinamento ou descondicionamento.

Um estudo conduzido por Nakano et al.<sup>37</sup> mostrou que TFBM minimizou a atrofia por desuso em ratos, e eles atribuíram esses efeitos benéficos à proliferação de células satélites e à angiogênese. Autores também observaram ativação de células satélites em animais irradiados, que pode estar relacionado ao aumento da proliferação de mioblastos apresentado<sup>37</sup>. De acordo com esses achados, a TFBM poderia retardar a perda de força muscular durante o período de destreinamento após um programa de treinamento de força. Uma vez que uma interação positiva entre TFBM e CME foi previamente demonstrada em ambientes pré-clínicos<sup>46</sup> e clínicos<sup>23, 36, 47, 48</sup>, parece razoável pensar que o uso combinado de ambos poderia promover efeitos aumentados também para retardar a perda de força muscular.

É importante ressaltar que atualmente não há estudos referentes ao uso combinado do TFBM/CME durante o período de destreinamento/descondicionamento, após um programa de treinamento de força. Nessa perspectiva, a TFBM/CME pode ser uma ferramenta importante para atletas não profissionais e de alto rendimento, e pessoas em processo de reabilitação que precisam interromper suas atividades devido a doença, lesão ou

outros fatores. Assim, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da TFBM/CME durante os períodos de treinamento e destreinamento na manutenção dos ganhos obtidos num programa de treinamento de força.

### **3.1.1. Materiais e métodos**

Um estudo clínico randomizado, placebo controlado e triplo cego (voluntários, terapeutas e avaliadores) foi realizado no Laboratório de Fototerapia e Inovações Tecnológicas em Saúde (LaPIT). O estudo seguiu as diretrizes éticas e foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Nove de Julho (processo 1.781.602), além disso, este protocolo foi respectivamente registrado no ClinicalTrials.org (NCT03858179). Todos os voluntários assinaram um termo de consentimento informado no momento da inscrição neste estudo.

### **3.1.2. Sujeitos e tamanho amostral**

Tendo em vista que não existem estudos verificando o efeito da TFBM/CME durante o período de destreinamento após um programa de treinamento de força, o número de participantes por grupo do presente estudo foi calculado com base em um estudo piloto com a participação de 5 voluntários por grupo, recentemente realizado por nosso grupo de pesquisa para estimar o tamanho amostral. Para o cálculo amostral considerou-se o valor  $\beta$  de 20% e  $\alpha$  de 5%.

O estudo piloto mostrou que a aplicação de TFBM/CME durante o período de destreinamento resultou em um pico de torque (desfecho primário deste estudo) durante o teste de contração voluntária máxima (CVM) de 257,25 N.m (desvio padrão de 33,73 N.m), enquanto a aplicação de placebo durante o período de destreinamento resultou em um pico de torque de 222,05 N.m (desvio padrão de 29,87 N.m). Utilizamos o Researcher's Toolkit para calcular o tamanho amostral (<https://www.dssresearch.com/resources/calculators/sample-size-calculator-average/>).

Com base nos parâmetros acima mencionados utilizados para calcular a amostra, encontramos um número de 12 voluntários por grupo, 48 voluntários no total. Como o dispositivo TFBM/CME utilizado no estudo não causa efeitos térmicos prejudiciais<sup>27</sup>, voluntários de diferentes cores de pele foram recrutados.

Eles foram informados sobre todos os procedimentos do estudo e pediram para assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes de sua inscrição no estudo.

### **3.1.3. Critérios de inclusão e exclusão**

Homens saudáveis de 18 a 35 anos de idade, sem histórico de lesão musculoesquelética nas regiões do quadril e joelho nos 2 meses que antecederam o estudo, não praticantes de atividade física regular (mais que uma vez por semana), que não faziam uso regular de agentes farmacológicos e/ou suplementos nutricionais e que completaram ao menos 80% dos procedimentos do estudo, foram incluídos no estudo. Voluntários que apresentaram qualquer lesão musculoesquelética nos 2 meses antecedentes ao estudo ou que se lesionaram durante o estudo, que usavam regularmente qualquer tipo de suplemento nutricional ou agente farmacológico, ou ainda, aqueles que apresentaram sinais e sintomas de qualquer doença neurológica, metabólica, inflamatória, pulmonar, oncológica ou cardiovascular que pudesse limitar a execução de exercícios de alta intensidade, foram excluídos do estudo.

### **3.1.4. Grupos experimentais, randomização e cegamento**

Para evitar o viés de seleção e assegurar que todos os indivíduos fossem alocados aleatoriamente para qualquer grupo, bloco de randomização balanceada foi realizado com base no desfecho primário (CVM) por um pesquisador que não teve contato com os sujeitos do estudo ou outros pesquisadores envolvidos no projeto.

Um pesquisador programou o dispositivo (placebo ou TFBM/CME) e foi instruído a não informar aos voluntários ou a outros pesquisadores o tipo de tratamento (TFBM/CME ou placebo). Portanto, o pesquisador responsável pelo tratamento desconhecia o tipo de tratamento administrado aos voluntários. Os sons e sinais emitidos do dispositivo bem como as informações exibidas na tela, foram idênticas independentemente do tipo de tratamento (TFBM/CME ou placebo), proporcionando um cegamento adequado dos voluntários e terapeutas. Todos os voluntários usaram óculos opacos durante os tratamentos para segurança e para auxiliar no cegamento. Assim, voluntários, avaliadores e terapeutas foram cegados para manter o desenho triplo cego do estudo.

Etiquetas de randomização foram criadas através do site random.org, e uma série de envelopes lacrados, opacos e numerados foram usados para garantir a confidencialidade e determinar para qual grupo experimental cada voluntário foi alocado (4 diferentes grupos experimentais – 12 voluntários em cada grupo). Os voluntários foram alocados conforme descrito abaixo:

TFBM/CME+TFBM/CME: TFBM/CME previamente as sessões de treinamento de força (12 semanas, 2 x semana) e TFBM/CME também no período de destreino (4 semanas, 2 x semana).

TFBM/CME+Placebo: TFBM/CME previamente as sessões de treinamento de força (12 semanas, 2 x semana) e placebo no período de destreino (4 semanas, 2 x semana).

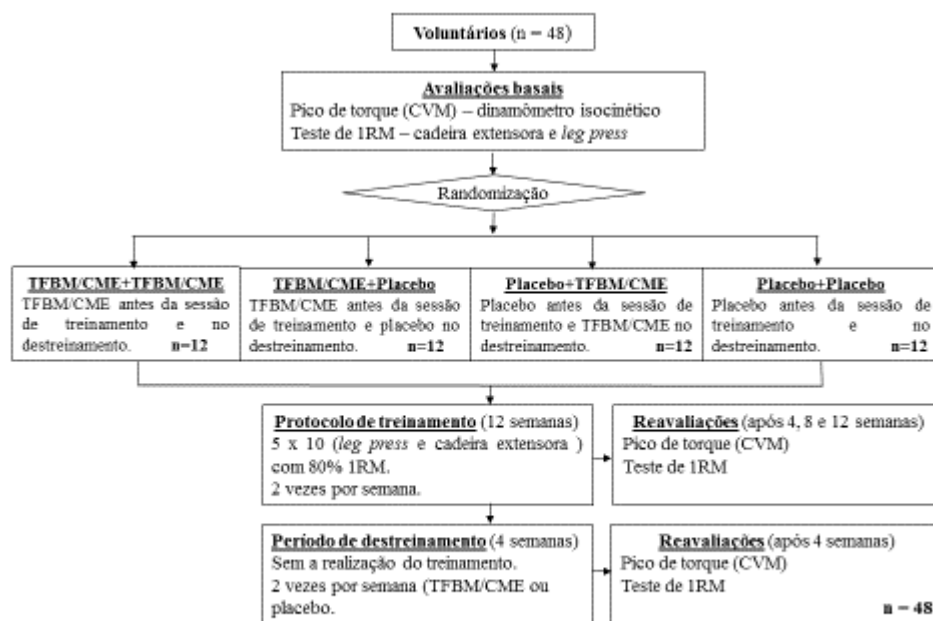
Placebo+TFBM/CME: Placebo previamente as sessões de treinamento de força (12 semanas, 2 x semana) e TFBM/CME no período de destreino (4 semanas, 2 x semana).

Placebo+Placebo: Placebo previamente as sessões de treinamento de força (12 semanas, 2 x semana) e placebo também no período de destreino (4 semanas, 2 x semana).

Os indivíduos alocados aleatoriamente nos 4 diferentes grupos foram submetidos a 12 semanas consecutivas de treinamento de força dinâmica envolvendo os exercícios *leg press* e extensão de joelho nas máquinas *leg press* e cadeira extensora, respectivamente, 2 vezes por semana.

Após o período de 12 semanas de treinamento, os voluntários receberam a aplicação de TFBM/CME ou placebo dependendo do grupo ao qual foram alocados, durante 4 semanas (2 vezes por semana) sem treinamento. Um fluxograma resumindo os procedimentos deste estudo é apresentado na figura 1.

**Figura 1:** Fluxograma – Procedimentos do estudo I.



### 3.1.5. Procedimentos

O protocolo incluiu 5 visitas de avaliação planejadas: basal, 4, 8, 12 e 16 semanas. Todas as avaliações foram realizadas pelo menos 24 horas antes (baseline) ou após (4, 8, 12 e 16 semanas) de qualquer tipo de intervenção (TFBM/CME, placebo ou treinamento de força). As avaliações foram realizadas no período da manhã e consistiu no teste de contração voluntária máxima (CVM). O teste de uma repetição máxima (1RM) foi realizado no mesmo dia, à tarde. Os voluntários sempre foram avaliados e reavaliados no mesmo horário do dia para evitar efeitos circadianos nos achados. Os voluntários foram instruídos a manter suas atividades físicas e nutricionais habituais, não ingerir bebidas alcoólicas e dormir bem.

Todas as avaliações foram realizadas pelo mesmo pesquisador que desconhecia a alocação dos indivíduos nos diferentes grupos experimentais. As avaliações foram realizadas em dias distintos aos dias do treinamento de força.

#### 3.1.5.1. Teste de contração voluntária máxima (CVM)

Os voluntários foram posicionados sentados no assento do dinamômetro isocinético (System 4, Biodex® - EUA) com uma angulação de 100° entre o tronco e o quadril, o membro inferior posicionado a 60° de flexão de joelho (sendo que

0° corresponde a extensão total de joelho) e fixado ao assento do dinamômetro através de um cinto. O outro membro inferior também foi posicionado com 100° de flexão de quadril e também foi fixado ao assento com um cinto. Os voluntários foram presos ao assento do dinamômetro através de dois cintos cruzando seu tronco. Durante os testes os voluntários foram instruídos a posicionar seus braços cruzando o tronco e o eixo do dinamômetro foi posicionado paralelamente ao centro da articulação do joelho.

O teste de CVM consistiu na execução de três contrações isométricas de extensores de joelho do membro inferior com duração de 5 segundos, o maior valor de torque obtido nas três contrações (pico de torque isométrico) foi utilizado para a análise estatística. A escolha deste parâmetro se deu pelo fato desta variável refletir a capacidade máxima de geração de força pelo músculo<sup>49, 50</sup>. Durante a execução do teste de CVM os voluntários foram encorajados verbalmente e as instruções sobre a execução do teste foram fornecidas aos voluntários previamente a sua realização.

O teste de CVM foi realizado previamente ao início do estudo (basal), 4, 8 e 12 semanas após o início do treinamento e também 04 semanas após o término do treinamento (período de destreinamento), em ambos os membros inferiores.

### **3.1.5.2. Teste de 1 repetição máxima (1RM)**

Inicialmente os voluntários foram instruídos a realizar um breve aquecimento em cicloergômetro (Inbramed®, Brasil), a 100 rpm, e sem carga durante 5 minutos.

A amplitude de movimento proposto foi de 0° (extensão completa) a 90°, para ambos os exercícios propostos. As referências anatômicas para a identificação do ângulo de movimento foi o trocânter maior do fêmur e o epicôndilo lateral do joelho.

Antes de iniciar o teste os voluntários realizaram uma familiarização com uma carga estimada de menos de 60% de 1RM. A carga subjetiva foi identificada de acordo com a escala OMNI (0=extremamente fácil e 10=extremamente difícil)<sup>51</sup>.

Uma repetição máxima foi determinada pelo aumento progressivo da carga até o sujeito não conseguir realizar a atividade na amplitude de movimento



completa<sup>52</sup> e também de acordo com a escala OMNI<sup>51</sup>. A escolha da carga foi limitada a 5 tentativas, com 5 minutos de intervalo para evitar desordens metabólicas e interferências na qualidade de teste. Os voluntários foram encorajados verbalmente para alcançar o esforço máximo e o teste foi realizado tanto na cadeira extensora quanto no *leg press*.

O teste de 1RM foi realizado antes de iniciar o estudo (basal), 4, 8, e 12 semanas após o início do período de treinamento e 4 semanas após o término do treinamento (período de destreinamento), em ambos os membros inferiores.

### **3.1.5.3. Treinamento de força**

Após dois dias da avaliação basal, os voluntários iniciaram o treinamento de força que foi baseado no trabalho de Vanin et al.<sup>23</sup>. O treinamento foi realizado com uma carga de 80% de 1RM, 2 vezes por semana em dias não consecutivos (72 horas de intervalo) e consistiu em 5 séries de 10 repetições durante 12 semanas (3 meses), totalizando 24 sessões dos exercícios *leg press* e extensão de perna, realizados unilateralmente. O intervalo de descanso foi de 2 minutos e se caso não conseguisse completar uma série, o voluntário foi instruído a continuar até a contração muscular concêntrica falhar. A temperatura da sala foi mantida entre 22°C e 24°C. A carga de treinamento foi ajustada após 4 e 8 semanas após o início do período de treinamento com base no teste de 1RM.

### **3.1.5.4. Terapia de fotobiomodulação (TFBM) e campo magnético estático (CME) - TFBM/CME**

A TFBM/CME ou placebo foi aplicada antes das sessões de treinamentos e também no período de destreinamento, dependendo do grupo ao qual os voluntários estavam alocados. A TFBM/CME foi aplicada bilateralmente com a técnica de contato direto com a pele e leve pressão, em 6 locais distintos no músculo quadríceps (2 mediais, 2 laterais e 2 centrais) como ilustrado na figura 2.



**Figura 2:** Locais de aplicação da TFBM/CME na região anterior da coxa.

Um cluster de 12 diodos, sendo 4 diodos de laser de 905 nm (12.5W de potência de pico para cada diodo), 4 diodos de LED de 875 nm (17.5 mW de potência média para cada diodo), 4 diodos de LED de 640 nm (15 mW de potência média para cada diodo), com um campo magnético estático (35 mT), manufaturado pela Multi Radiance Medical® (Solon, OH, USA), foi utilizado para a aplicação da TFBM/CME. Considerando a grande área de irradiação usada no presente projeto, o uso de cluster de diodos foi essencial para a aplicação da terapia.

A dose utilizada para as aplicações durante os períodos de treinamento e/ou destreinamento foi de 30 Joules (J) por local (180 J por coxa). A dose foi previamente estabelecida e testada num estudo publicado por Antonialli et al.<sup>28</sup>, em que o mesmo dispositivo proposto no presente estudo foi utilizado. A dose, os locais e o momento/protocolo de irradiação (TFBM/CME antes das sessões de treinamento de força) foram testados previamente por Vanin et al.<sup>23</sup>.

Os sons e sinais emitidos pelo dispositivo assim como as informações exibidas na tela foram idênticas, independentemente do tipo de tratamento (placebo ou TFBM/CME). A TFBM/CME foi aplicada por um único pesquisador que desconhecia os resultados da randomização e o grupo de alocação dos voluntários. Os parâmetros detalhados da TFBM/CME estão descritos na tabela 1.

**Tabela 1.** Parâmetros da TFBM/CME.

Número de lasers	4 infravermelhos super-pulsados
Comprimento de onda (nm)	905 ( $\pm 1$ )
Frequência (Hz)	250
Potência (W) – cada	12.5
Potência média de saída (mW) – cada	0.3125
Densidade de potência (mW/cm <sup>2</sup> ) – cada	0.71
Densidade de energia (J/cm <sup>2</sup> ) – cada	0.162
Dose (J) – cada	0.07125
Diâmetro do feixe do laser (cm <sup>2</sup> ) – cada	0.44
Número de LEDs (vermelho)	4 vermelhos
Comprimento de onda (nm)	640 ( $\pm 10$ )
Frequência (Hz)	2
Potência média de saída (mW) – cada	15
Densidade de potência (mW/cm <sup>2</sup> ) – cada	16.66
Densidade de energia (J/cm <sup>2</sup> ) – cada	3.8
Dose (J) – cada	3.42
Diâmetro do feixe LED (cm <sup>2</sup> ) – cada	0.9
Número de LEDs (infravermelhos)	4 infravermelhos
Comprimento de onda (nm)	875 ( $\pm 10$ )
Frequência (Hz)	16
Potência média de saída (mW) – cada	17.5
Densidade de potência (mW/cm <sup>2</sup> ) – cada	19.44
Densidade de energia (J/cm <sup>2</sup> ) – cada	4.43
Dose (J) – cada	3.99
Diâmetro do feixe LED (cm <sup>2</sup> ) – cada	0.9
Campo Magnético (mT)	35
Tempo de irradiação por ponto (seg)	228
Dose total por ponto (J)	30
Dose total aplicada no grupo muscular (J)	180
Diâmetro do equipamento (cm <sup>2</sup> )	20
Área total irradiada por coxa (cm <sup>2</sup> )	120
Modo de aplicação	Equipamento mantido perpendicularmente em contato com a pele e ligeira pressão.

### 3.1.6. Análise estatística

A análise de intenção de tratamento foi realizada a priori. O desfecho primário foi a CVM. O desfecho secundário foi o teste de 1RM. A normalidade foi testada usando o teste de Shapiro-Wilk, uma vez que a distribuição normal foi observada, os dados foram expressos como média e desvio padrão (DP). Nos

gráficos, os dados foram expressos como média e erro padrão da média para garantir uma melhor visualização (devido a barras de erros menores nas figuras). Foi utilizada a análise de variância de medidas repetidas de duas vias (ANOVA, tempo versus grupo experimental) com correção post-hoc Bonferroni. Os dados foram analisados em seus valores absolutos e percentual de mudança em relação ao basal. O nível de significância estatística foi de  $p < 0.05$ . O pesquisador que realizou a análise estatística desconhecia a randomização e a alocação dos voluntários nos grupos experimentais.

### 3.1.7. Resultados

Todos os 48 participantes completaram as 16 semanas do estudo. Não houve desistências. As características dos voluntários estão resumidas na tabela 2. A análise estatística revelou que não houve diferença significativa ( $p > 0.05$ ) entre os voluntários dos 4 grupos experimentais com relação as variáveis antropométricas e dados basais.

Tabela 2 – Variáveis antropométricas em valores absolutos.

	<b>TFBM/CME + TFBM/CME</b>	<b>TFBM/CME + Placebo</b>	<b>Placebo + TFBM/CME</b>	<b>Placebo + Placebo</b>
Idade (anos)	25.30 ± 6.63	25.09 ± 5.11	24.42 ± 4.08	26.80 ± 6.91
Massa corporal (kg)	80.58 ± 13.52	81.62 ± 13.61	73.88 ± 14.43	75.21 ± 18.44
Estatura (cm)	173.40 ± 4.95	176.45 ± 7.85	170.92 ± 5.71	174.80 ± 7.32

Dados expressos em média e desvio padrão ( $\pm$ ).

A tabela 3 mostra os resultados das avaliações funcionais em valores absolutos para as diferentes variáveis analisadas em todos os grupos experimentais deste estudo. Em relação ao teste de CVM, o grupo TFBM/CME+TFBM/CME mostrou um aumento estatisticamente significativo quando comparado ao grupo Placebo+Placebo na 4<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> semana. É importante ressaltar que o grupo tratado com TFBM/CME apenas no destreinamento (Placebo+TFBM/CME) apresentou um aumento

estatisticamente significativa na CVM quando comparado ao grupo Placebo+Placebo, na 16ª semana. Nos testes de 1RM, o grupo que recebeu TFBM/CME ao longo de todo o estudo (TFBM/CME+TFBM/CME) apresentou um aumento estatisticamente significativo nos exercícios *leg press* e extensão de perna em comparação ao grupo Placebo+Placebo nos períodos de treinamento e destreinamento.

**Tabela 3 – Dados das avaliações funcionais em valores absolutos (média ± DP).**

		<b>Basal</b>	<b>4 semanas</b>	<b>8 semanas</b>	<b>12 semanas</b>	<b>16 semanas</b>
<b>CVM - perna direita (Nm)</b>	<b>TFBM/CME + TFBM/CME</b>	238.07 ± 44.12	289.28 ± 41.53 *	309.95 ± 44.00 * ∅	333.09 ± 42.00 * ∅∅	332.08 ± 42.56 **** ∅
	<b>TFBM/CME + Placebo</b>	244.03 ± 41.74	296.06 ± 39.71 ** ∅	317.54 ± 41.13 ** ∅∅	337.75 ± 42.45 ** ∅∅	308.72 ± 40.18 **
	<b>Placebo + TFBM/CME</b>	227.40 ± 52.09	242.94 ± 50.16	260.30 ± 50.47	276.83 ± 48.51	277.38 ± 49.64
	<b>Placebo + Placebo</b>	222.82 ± 36.98	239.02 ± 35.37	258.85 ± 33.86	279.65 ± 36.73	246.95 ± 32.85
<b>CVM - perna esquerda (Nm)</b>	<b>TFBM/CME + TFBM/CME</b>	238.20 ± 26.97	296.10 ± 37.31 **** ∅∅	317.33 ± 37.20 **** ∅∅	340.38 ± 35.10 **** ∅∅	335.58 ± 32.45 **** ∅∅
	<b>TFBM/CME + Placebo</b>	241.55 ± 33.95	296.75 ± 32.37 **** ∅∅	317.42 ± 31.53 **** ∅∅	338.67 ± 32.10 **** ∅∅	318.62 ± 36.08 ****
	<b>Placebo + TFBM/CME</b>	220.12 ± 35.99	245.23 ± 36.61	265.77 ± 36.66	285.77 ± 38.05	283.03 ± 35.70 *
	<b>Placebo + Placebo</b>	217.94 ± 31.28	238.04 ± 37.91	257.04 ± 40.12	276.82 ± 38.99	238.24 ± 34.02
<b>Cadeira extensora - 1RM perna direita (kg)</b>	<b>TFBM/CME + TFBM/CME</b>	73.50 ± 12.70	89.80 ± 14.97 *	101.40 ± 16.74 **	109.50 ± 16.46 *** ∅	109.90 ± 16.91 **** ∅

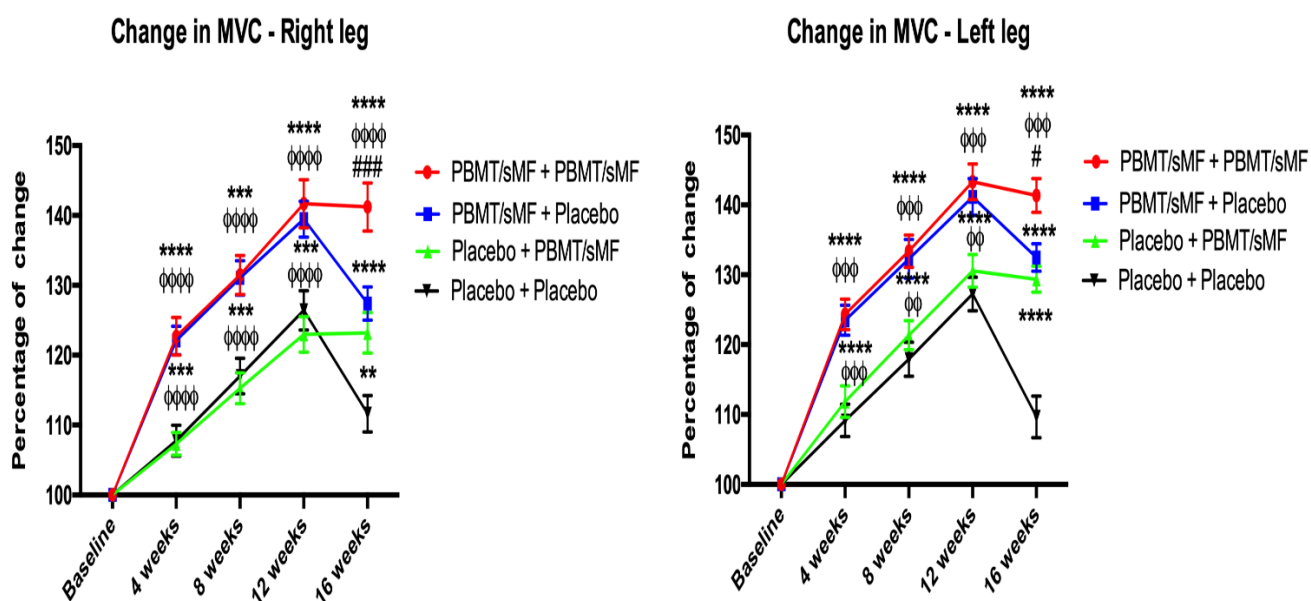
	<b>TFBM/CME + Placebo</b>	71.82 ± 11.89	87.55 ± 14.91	98.73 ± 17.27**	105.64 ± 18.06**	98.36 ± 16.55**
	<b>Placebo + TFBM/CME</b>	73.33 ± 15.86	80.58 ± 17.22	86.92 ± 17.76	91.75 ± 18.55	91.33 ± 17.53
	<b>Placebo + Placebo</b>	63.50 ± 9.14	72.60 ± 9.36	78.20 ± 12.87	82.40 ± 12.06	75.00 ± 9.13
<b>Cadeira extensora - 1RM perna esquerda (kg)</b>	<b>TFBM/CME + TFBM/CME</b>	72.50 ± 12.08	87.90 ± 14.51	99.40 ± 16.97**	105.70 ± 20.68**	105.10 ± 21.40****
	<b>TFBM/CME + Placebo</b>	65.91 ± 13.00	81.18 ± 15.34	89.73 ± 16.13	95.09 ± 15.18	89.91 ± 15.06
	<b>Placebo + TFBM/CME</b>	72.50 ± 15.15	80.67 ± 15.44	87.17 ± 15.54	92.83 ± 18.99	93.50 ± 20.10
	<b>Placebo + Placebo</b>	64.00 ± 10.22	71.60 ± 9.98	77.80 ± 12.56	83.30 ± 14.18	76.70 ± 13.22
<b>Leg press - 1RM perna direita (kg)</b>	<b>TFBM/CME + TFBM/CME</b>	58.00 ± 21.50	80.70 ± 25.82	91.10 ± 28.25*	100.80 ± 32.92**	100.00 ± 33.20***
	<b>TFBM/CME + Placebo</b>	50.91 ± 15.78	72.45 ± 20.50	81.27 ± 22.58	90.18 ± 24.83	81.82 ± 22.66
	<b>Placebo + TFBM/CME</b>	60.83 ± 18.32	70.08 ± 20.15	76.58 ± 21.63	83.42 ± 22.36	82.33 ± 21.50
	<b>Placebo + Placebo</b>	51.00 ± 9.94	57.50 ± 10.14	64.20 ± 10.44	71.30 ± 12.00	63.90 ± 11.29

<b>Leg press - 1RM perna esquerda (kg)</b>	<b>TFBM/CME + TFBM/CME</b>	54.00 ± 18.38	73.70 ± 21.19	83.30 ± 23.56	92.90 ± 25.68 <sup>*</sup>	91.30 ± 25.65 <sup>**</sup>
	<b>TFBM/CME + Placebo</b>	51.82 ± 16.01	71.45 ± 19.50	80.27 ± 20.12	89.09 ± 25.81	82.45 ± 24.83
	<b>Placebo + TFBM/CME</b>	56.67 ± 16.14	66.58 ± 17.34	72.25 ± 17.96	78.92 ± 19.23	76.92 ± 18.04
	<b>Placebo + Placebo</b>	51.00 ± 11.01	58.30 ± 11.91	64.40 ± 14.22	71.60 ± 16.89	65.00 ± 15.08

Dados expressos em médias e desvios padrão ( $\pm$ ). CVM: contração voluntária máxima. \* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.05$ ), \*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação Placebo+Placebo ( $p < 0.01$ ), \*\*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.001$ ), \*\*\*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.0001$ ), <sup>º</sup> indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+TFBM/CME ( $p < 0.05$ ), <sup>ºº</sup> indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+TFBM/CME ( $p < 0.01$ ).



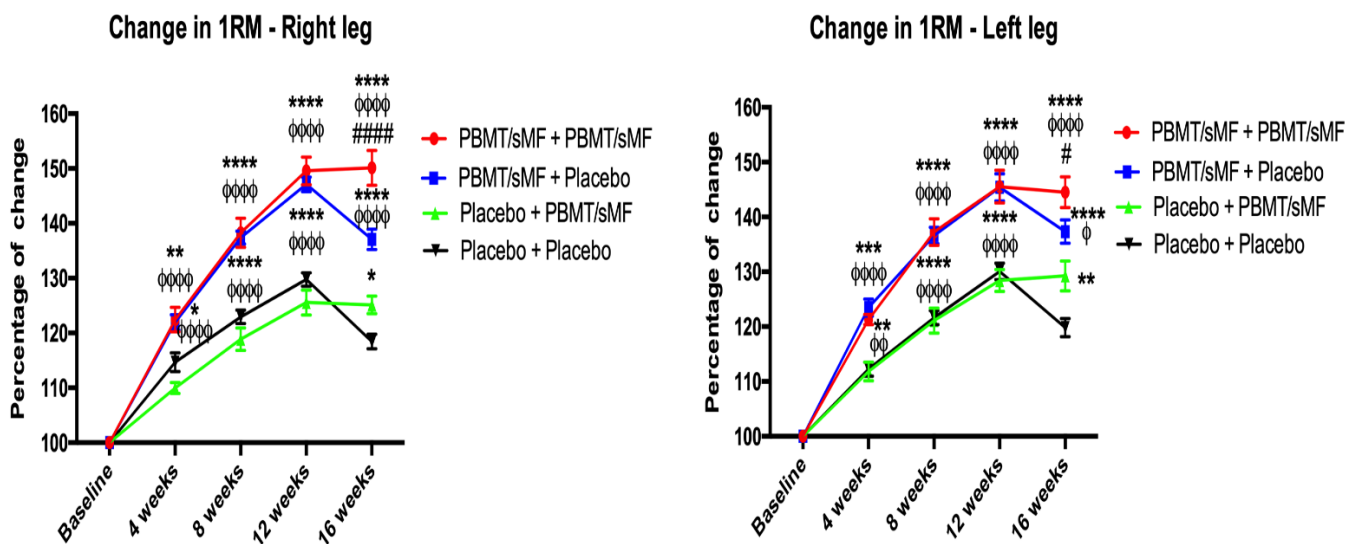
A fig. 3 mostra o percentual de mudança no teste de CVM em todos os tempos avaliados. Durante o treinamento, o grupo TFBM/CME+TFBM/CME mostrou uma diferença estatisticamente significativa de 15% na 4ª, 8ª e 12ª semana em comparação ao grupo Placebo+Placebo. No período de destreinamento (16ª semana), o grupo que recebeu TFBM/CME apenas na fase de treinamento (TFBM/CME+Placebo) apresentou um percentual de mudança estatisticamente significativo comparado ao grupo Placebo+Placebo, com uma diferença de cerca de 20%. No entanto, quando a TFBM/CME foi aplicada ao longo de todo o estudo (TFBM/CME+TFBM/CME) essa diferença foi maior, cerca de 30% em comparação ao grupo Placebo+Placebo na 16ª semana. É importante notar que, o grupo tratado com TFBM/CME apenas no destreinamento (Placebo+TFBM/CME) também mostrou um percentual de mudança estatisticamente significativo em comparação ao grupo Placebo+Placebo, na 16ª semana.



**Fig 3.** Dados expressos em médias e desvios padrão ( $\pm$ ). CVM: contração voluntária máxima. \*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação Placebo+Placebo ( $p < 0.01$ ), \*\*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.001$ ), \*\*\*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.0001$ ),  $\infty\infty$  indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+PBMT/sMF ( $p < 0.01$ ),  $\infty\infty\infty$  indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+PBMT/sMF ( $p < 0.001$ ),  $\infty\infty\infty\infty$  indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+PBMT/sMF ( $p < 0.0001$ ), # indica diferença

estatisticamente significativa em comparação ao PBMT/sMF+Placebo ( $p < 0.05$ ), ### indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao PBMT/sMF+Placebo ( $p < 0.001$ ).

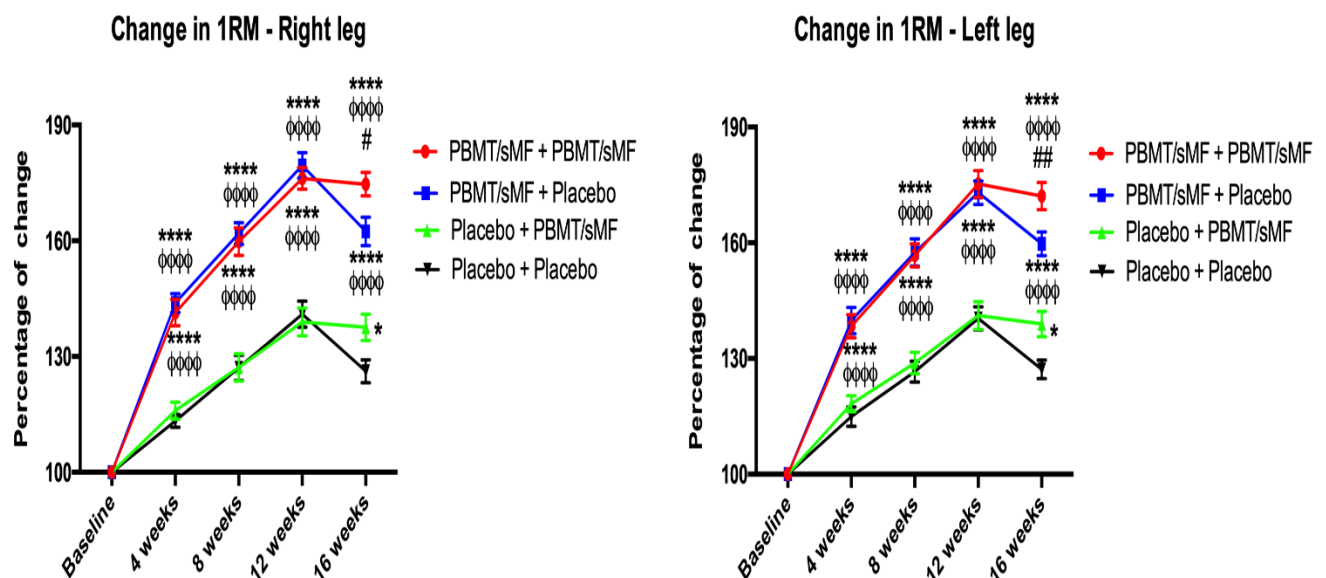
A fig. 4 representa graficamente o percentual de mudança no teste de 1RM na cadeira extensora dos participantes do estudo. O grupo TFBM/CME+TFBM/CME mostrou um percentual de mudança estatisticamente significativa em comparação ao grupo Placebo+Placebo em todos os tempos experimentais, com uma diferença de 20% no final da fase de treinamento e 30% após 4 semanas sem treinamento (período de destreino). Além disso, o grupo TFBM/CME+TFBM/CME também apresentou um aumento no percentual de mudança em comparação ao grupo TFBM/CME+Placebo, na 16ª semana. Vale ressaltar que, o grupo tratado com TFBM/CME apenas no destreino (Placebo+TFBM/CME) apresentou um percentual de mudança estatisticamente significativa em relação ao grupo Placebo+Placebo, em torno de 8% na 16ª semana.



**Fig 4.** Dados expressos em médias e desvios padrão ( $\pm$ ). Percentual de mudança no teste de uma repetição máxima (1RM): Exercício cadeira extensora. \* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.05$ ), \*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.01$ ), \*\*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.001$ ), \*\*\*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.0001$ ),  $\phi$  indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+PBMT/sMF ( $p < 0.05$ ),  $\phi\phi$

indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+PBMT/sMF ( $p < 0.01$ ),  $oooo$  indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+PBMT/sMF ( $p < 0.0001$ ), # indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao PBMT/sMF+Placebo ( $p < 0.05$ ),  $####$  indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao PBMT/sMF+Placebo ( $p < 0.0001$ ).

A fig. 5 mostra o percentual de mudança no teste de 1RM no *leg press*. O grupo tratado com TFBM/CME ao longo de todo o estudo (TFBM/CME+TFBM/CME) demonstrou um percentual de mudança estatisticamente superior (diferença de 35% no final da fase de treinamento e cerca de 47% após 4 semanas sem treinamento) comparado ao grupo Placebo+Placebo. Em comparação ao grupo TFBM/CME+Placebo, o grupo TFBM/CME+TFBM/CME também mostrou um percentual de mudança estatisticamente significativa, cerca de 12% na 16ª semana. A TFBM/CME aplicada apenas no destreino (Placebo+TFBM/CME) resultou num percentual de mudança estatisticamente significativa, em torno de 11% em comparação ao grupo Placebo+Placebo na 16ª semana.



**Fig 5.** Dados expressos em médias e desvios padrão ( $\pm$ ). Percentual de mudança no teste de uma repetição máxima (1RM): Exercício *leg press*. \* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.05$ ), \*\*\*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.0001$ ),  $oooo$  indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+PBMT/sMF ( $p < 0.0001$ ), # indica

diferença estatisticamente significativa em comparação ao PBMT/sMF+Placebo ( $p < 0.05$ ), ## indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao PBMT/sMF+Placebo ( $p < 0.01$ ).

### 3.1.8. Discussão

Em primeiro lugar, é importante destacar que este é o primeiro estudo com o objetivo de avaliar os efeitos da TFBM combinado ao CME (TFBM/CME) tanto no treinamento de força quanto no destreinamento. No presente estudo, a aplicação da TFBM/CME antes de cada sessão de treinamento, 2 vezes por semana durante 12 semanas, levou a um aumento estatisticamente significativo nos valores absolutos dos testes de CVM em todos os tempos avaliados (4<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> semana) no grupo TFBM/CME+TFBM/CME, assim como no grupo TFBM/CME+Placebo em comparação com o grupo Placebo+Placebo. Estes resultados positivos corroboram com achados anteriores do nosso grupo de pesquisa utilizando a TFBM/CME (Vanin et al.<sup>23</sup>), bem como os de Baroni et al.<sup>41</sup> usando apenas a TFBM. Além disso, observamos que na fase final de treinamento (12<sup>a</sup> semana), a TFBM/CME apresentou um melhor percentual de mudança no teste de CVM em comparação ao grupo Placebo+Placebo, cerca de 42% contra 26,5%. Adicionalmente, avaliamos a força muscular por meio do teste de 1RM realizado tanto nas máquinas extensão de perna quanto no *leg press*. Como mostrado na tabela 3, os participantes que receberam TFBM/CME durante todo o período de treinamento (12 semanas) aumentaram os valores absolutos de 1RM em comparação com o grupo Placebo+Placebo, principalmente o grupo TFBM/CME+TFBM/CME na 8<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> semana, em ambos os exercícios. Embora tenha ocorrido um aumento na força muscular no grupo Placebo+Placebo, o que mostra que o protocolo de treinamento foi eficaz no aumento da força, acreditamos assim como Vanin et al.<sup>23</sup> que o uso da TFBM/CME potencializa os efeitos do treinamento, levando a melhora na força muscular rapidamente em relação ao treinamento isolado.

Como mencionado anteriormente no presente estudo, os voluntários também foram submetidos a um período de destreinamento de 4 semanas após as 12 semanas de treinamento de força. Durante esse período de descondicionamento, eles foram tratados com TFBM/CME ou placebo, 2 vezes por semana durante 4 semanas, sem realizar nenhum tipo de exercício físico, caracterizando um período de destreinamento. No final deste período de

descondicionamento, o grupo que recebeu TFBM/CME ao longo de todo o estudo (TFBM/CME+TFBM/CME) mostrou uma melhora nos valores absolutos ( $p < 0,0001$ ) em todos os testes de CVM assim como para o teste de 1RM realizado na extensão de perna, em comparação com o grupo Placebo+Placebo na 16ª semana. O grupo TFBM/CME+TFBM/CME também teve um aumento estatisticamente significativo no teste de 1RM realizado no *leg press* em comparação ao grupo Placebo+Placebo, na 16ª semana. Além disso, o grupo que recebeu TFBM/CME apenas durante a fase de treinamento (TFBM/CME+Placebo) também apresentou um aumento estatisticamente significativo no teste de CVM assim como no teste de 1RM realizado na extensão de perna, em comparação ao grupo Placebo+Placebo na 16ª semana. É importante considerar que, a aplicação da TFBM/CME apenas no destreino (Placebo+TFBM/CME) foi capaz de melhorar estatisticamente ( $p < 0,05$ ) a força muscular no teste de CVM, em comparação ao grupo Placebo+Placebo na 16ª semana.

Em relação ao percentual de mudança, os resultados do teste de CVM do grupo TFBM/CME+TFBM/CME foram melhores do que os do grupo Placebo+Placebo na 16ª semana. O grupo que recebeu TFBM/CME apenas no destreino (Placebo+TFBM/CME) também apresentou maior percentual de mudança em comparação ao grupo Placebo+Placebo, na 16ª semana. Em relação ao teste de 1RM realizado tanto na extensão de perna quanto no *leg press*, o grupo TFBM/CME+TFBM/CME apresentou um melhor percentual de mudança em comparação ao grupo Placebo+Placebo na 16ª semana. Com os resultados encontrados em nosso estudo, é possível afirmar que o uso da TFBM/CME minimiza a perda de força muscular causada por um período sem atividade física após um período de treinamento. Destacando que, neste caso, a TFBM/CME foi mais eficaz quando utilizada ao longo de todas as 16 semanas do protocolo, ou seja, durante os períodos de treinamento e destreino. Curiosamente, os participantes tratados com TFBM/CME apenas no destreino (Placebo+TFBM/CME) mantiveram seus ganhos ou atenuaram suas perdas na força muscular na 16ª semana em comparação com a 12ª semana. Esses resultados positivos obtidos com o uso da TFBM/CME podem ser atribuídos aos seus efeitos ergogênicos sobre os músculos esqueléticos, que de alguma forma foram semelhantes aos achados de Vanin et al.<sup>23</sup>.

Estudos anteriores mostraram que 4 semanas de interrupção do treinamento físico podem levar a perdas na força muscular<sup>10, 16</sup>. Também observamos uma diminuição nos valores absolutos tanto no teste de CVM quanto no teste de 1RM (extensão de perna e *leg press*) nos grupos Placebo+Placebo e TFBM/CME+Placebo no período de destreino (16<sup>a</sup> semana), em comparação ao período de treinamento (12<sup>a</sup> semana). Embora não haja consenso na literatura relacionando as possíveis perdas ocasionadas por esse período, acreditamos que a diminuição da força muscular observada em nosso estudo nos grupos Placebo+Placebo e TFBM/CME+Placebo, na 16<sup>a</sup> semana em comparação a 12<sup>a</sup> semana, estejam relacionadas principalmente ao nível inicial de aptidão física dos praticantes, como já descrito por Lo et al.<sup>2</sup>.

Como mencionado anteriormente, Nakano et al.<sup>37</sup> mostraram que a TFBM poderia reduzir a perda de massa muscular causada pela falta de atividade física. Os autores<sup>37</sup> encontraram uma melhor recuperação da atrofia quando a TFBM foi aplicada após um período de 2 semanas de inatividade física. Sabe-se que tanto na atrofia por desuso<sup>38</sup> quanto no destreino<sup>39</sup>, há diminuição na ativação das células satélites, diminuição da área de secção transversa do músculo, com conseqüente diminuição do volume e força muscular. Considerando a similaridade dos eventos que ocorrem tanto na atrofia por desuso quanto no destreino<sup>38, 39</sup>, é possível que os efeitos observados por Nakano et al.<sup>37</sup> possam ter influenciado a melhora do desempenho nos participantes durante a fase de destreino em nosso estudo. Porém, é importante ressaltar que nosso estudo não objetivou investigar mecanismos de ação.

Recentemente, Friedmann et al.<sup>46</sup> constataram que o uso de CME associado a TFBM gera uma maior transferência de elétrons, ativando as cadeias respiratórias mitocondriais e aumentando a produção de ATP. Além disso, Albuquerque-Pontes et al.<sup>35</sup> verificaram que o uso combinado de diferentes comprimentos de onda, pode potencializar os efeitos da TFBM no desempenho muscular esquelético. Acreditamos que esses fatos já apresentados por Friedmann et al.<sup>46</sup> e Albuquerque-Pontes et al.<sup>35</sup>, possam estar diretamente envolvidos na melhora da força observada em nosso estudo.

Nossos resultados demonstraram que a TFBM/CME aplicada nos dois períodos avaliados neste estudo, treinamento e destreino, apresentou os

melhores resultados na manutenção da força muscular obtida através do treinamento de força. No entanto, é importante notar que os efeitos positivos também foram observados no grupo tratado apenas na fase de destreinamento. Destacando a importância do uso da TFBM/CME mesmo que apenas em períodos em que o treinamento físico precisa ser interrompido. Esses achados são muito importantes para atletas profissionais e amadores, pois o uso da TFBM/CME pode atenuar as perdas decorrentes da interrupção da atividade física. Tais benefícios também podem ser transferidos para indivíduos afetados por doença e aqueles que estão acamados ou impossibilitados de realizar exercícios físicos para reabilitação. Finalmente, acreditamos que nossos resultados são relevantes e sugerem um novo caminho para o uso da TFBM/CME em esportes, reabilitação e condicionamento físico.

### **3.1.9. Conclusão**

O uso da TFBM/CME foi capaz de otimizar os ganhos de força no treinamento de força e reduzir as perdas causadas por um período de destreinamento. Assim, acreditamos que os resultados deste estudo são relevantes e sugerem uma nova perspectiva sobre o uso da TFBM/CME, reconhecendo sua eficácia em manter os benefícios obtidos após o treinamento de força durante o período de destreinamento.

### **3.2. Estudo II – A combinação da terapia de fotobiomodulação (TFBM) e campo magnético estático (CME) potencializa os efeitos do treinamento aeróbio e diminui a perda de *performance* durante o destreinamento? Um estudo controlado randomizado, placebo controlado e triplo cego**

A prática regular de exercícios físicos é recomendada para melhorar a saúde, *performance* e para reabilitação de doenças crônicas<sup>53, 54</sup>. Além disso, os exercícios aeróbios diminuem a massa de gordura corporal e beneficiam a aptidão cardiovascular<sup>7, 14-16, 55</sup>. Entretanto, os indivíduos frequentemente interrompem suas rotinas de exercícios em resposta a doenças, lesões ou outros fatores que alteram a capacidade para a realização da atividade física e isto causa uma perda rápida do condicionamento aeróbio<sup>2, 10</sup>. Ainda não há evidências suficientes para apoiar a eficácia do uso de qualquer recurso ou método específico capaz de diminuir os efeitos ocasionados por esse período sem treinamento, conhecido também por destreinamento.

A terapia de fotobiomodulação (TFBM), incluindo lasers e diodos emissores luz (LEDs), tem sido investigada por promover efeitos ergogênicos relacionados ao exercício<sup>56</sup>. A TFBM pode modular a atividade mitocondrial através da interação com a citocromo c oxidase, elevando a produção de adenosina trifosfato (ATP), que por sua vez, acelera o metabolismo celular<sup>34, 35</sup>. Leal-Junior et al.<sup>18</sup>, Antonialli et al.<sup>28</sup> e de Paiva et al.<sup>57</sup> observaram que o uso da TFBM com o exercício é capaz de reduzir a atividade da creatina quinase (CK) através de seus efeitos protetores sobre o tecido muscular esquelético, permitindo uma rápida recuperação<sup>18, 28, 57</sup>. Outros estudos indicaram que a TFBM é capaz de diminuir os níveis de lactato sanguíneo, auxiliando na melhora da *performance* durante o exercício<sup>47, 58, 59</sup>.

Campos magnéticos estáticos (CME), campos de força produzidos pela movimentação de correntes elétricas que atuam sobre outras cargas móveis, são capazes de interagir com alguns processos biológicos<sup>42, 43</sup>. A interação entre CME e tecido biológico pode levar a redução do estresse oxidativo e aumentar os níveis de ATP intracelular<sup>43-45</sup>. Estudos anteriores relataram que o uso de CME associado com a TFBM gera maior transferência de elétrons, ativando a cadeia respiratória mitocondrial e aumentando a produção de ATP<sup>46</sup>. No contexto clínico, foi demonstrado que a associação da TFBM com CME (TFBM/CME)



promove efeitos ergogênicos<sup>23, 47</sup>. Além disso, Miranda et al.<sup>36</sup> verificaram que esta combinação melhorou a *performance* dos indivíduos durante um programa de treinamento aeróbio, aumentando o percentual de mudança do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max) e do tempo até exaustão, após 12 semanas do protocolo<sup>36</sup>.

Para nosso melhor entendimento, nenhum estudo anterior investigou os efeitos da TFBM/CME no período de destreino ou descondicionamento. Contudo, os efeitos da TFBM no metabolismo oxidativo de células sanguíneas periféricas (eritrócitos, granulócitos e linfócitos) levando a uma maior capacidade de transporte de oxigênio do sangue, foi previamente demonstrada em amostras sanguíneas heparinizadas<sup>40</sup>. De acordo com Wasik et al.<sup>40</sup>, após a TFBM, a pressão parcial de oxigênio (PO<sub>2</sub>) e a saturação de oxigênio (SaO<sub>2</sub>) aumentaram<sup>40</sup>. Estes achados sugerem que a TFBM possa atenuar a perda da *performance* observada durante o período de destreino após um programa de treinamento aeróbio, através do aumento do transporte de oxigênio e, conseqüentemente, a capacidade dos músculos de usá-lo, que diminui durante o período de destreino.

Portanto, a TFBM pode torna-se uma importante ferramenta tanto para atletas amadores e de alta *performance* como para pessoas em processos de reabilitação, que interrompem os exercícios devido a doenças, lesões ou outros fatores. Com esta perspectiva, nosso objetivo foi investigar os efeitos da TFBM/CME durante o período de treinamento e destreino na manutenção dos benefícios adquiridos num programa de treinamento aeróbio.

### **3.2.1. Materiais e métodos**

Foi realizado um ensaio clínico randomizado, placebo controlado e triplo-cego. O estudo seguiu as premissas do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Nove de Julho (processo 1.781.602). O protocolo foi registrado no ClinicalTrials.org (NCT03879226).

### **3.2.2. Sujeitos**

Tendo em vista que não existem estudos verificando o efeito da TFBM/CME durante o período de destreino após um programa de treinamento aeróbio, o número de participantes por grupo do presente estudo foi

calculado com base em um estudo piloto com a participação de 5 voluntários por grupo, recentemente realizado por nosso grupo de pesquisa para estimar o tamanho amostral. Para o cálculo amostral considerou-se o valor  $\beta$  de 20% e  $\alpha$  de 5%.

No estudo piloto, verificou-se que a aplicação da TFBM/CME durante o período de destreinamento resultou em um tempo até a exaustão (desfecho primário deste estudo) durante o teste de esforço progressivo em esteira de 923,60 segundos (desvio padrão de 65,77 segundos), enquanto a aplicação de placebo durante o período de destreinamento resultou em um tempo até a exaustão de 846,82 segundos (desvio padrão de 99,23 segundos). Para o cálculo amostral mais uma vez utilizamos a ferramenta Researcher's Toolkit (<https://www.dssresearch.com/KnowledgeCenter/toolkitcalculators/samplesizecalculators.aspx>).

A partir dos parâmetros explicitados acima, utilizados para o cálculo amostral, obtivemos como resultado o n de 15 voluntários por grupo, 60 voluntários no total. Foram recrutados 60 voluntários saudáveis, não praticantes de atividade física regular, do gênero masculino, com idade entre 18 e 35 anos. Tendo em vista que o dispositivo de fototerapia utilizado no estudo não provoca efeitos térmicos deletérios<sup>27</sup>, foram recrutados voluntários de diferentes tons de coloração de pele.

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

### **3.2.3. Critérios de inclusão e exclusão**

Foram incluídos no estudo homens entre 18 e 35 anos de idade, não praticantes de atividade física regular (mais do que uma vez por semana). Foram excluídos do trabalho sujeitos com qualquer lesão musculoesquelética, fazendo uso de qualquer tipo de suplemento nutricional ou agente farmacológico, ou ainda, aqueles que apresentassem sinais e sintomas de qualquer doença neurológica, metabólica, inflamatória, pulmonar, oncológica ou cardíaca que limitasse a execução de exercícios de alta intensidade.

### **3.2.4. Randomização, cegamento e grupos experimentais**

Para evitar viés de seleção e garantir que todos os voluntários tivessem a mesma chance de serem alocados em qualquer um dos grupos, a randomização foi realizada por um pesquisador sem contato com os participantes assim como com o trabalho dos outros pesquisadores envolvidos no projeto.

Um pesquisador programou o dispositivo (TFBM/CME ou placebo) e foi instruído a não informar aos voluntários ou outros pesquisadores o tipo de tratamento (TFBM/CME ou placebo). Os sinais e sons emitidos pelo dispositivo, assim como as informações exibidas na tela, foram idênticas independentemente do tipo de tratamento (TFBM/CME ou placebo), fornecendo um cegamento apropriado dos voluntários e terapeutas. Todos os voluntários usaram óculos opacos durante os tratamentos, tanto para segurança como para auxiliar no cegamento. Assim, voluntários, avaliadores e terapeutas foram cegados para manter o desenho triplo-cego do estudo.

As etiquetas de randomização foram criadas através do website random.org e uma série de envelopes lacrados, opacos e numerados foram usados para garantir a confidencialidade e determinar em qual grupo experimental cada voluntário fosse alocado. Foram colocadas nos envelopes um mesmo número de etiquetas de forma que, todos os grupos tivessem uma mesma quantidade de voluntários. Os voluntários foram alocados conforme descrito abaixo:

**TFBM/CME+TFBM/CME:** TFBM/CME aplicada prévia e posteriormente as sessões de treinamento aeróbio (12 semanas, 3 x semana) e TFBM/CME também no período de destreinamento (4 semanas, 3 x semana).

**TFBM/CME+Placebo:** TFBM/CME aplicada prévia e posteriormente as sessões de treinamento aeróbio (12 semanas, 3 x semana) e placebo no período de destreinamento (4 semanas, 3 x semana).

**Placebo+TFBM/CME:** Placebo aplicado prévia e posteriormente as sessões de treinamento aeróbio (12 semanas, 3 x semana) e TFBM/CME no período de destreinamento (4 semanas, 3 x semana).

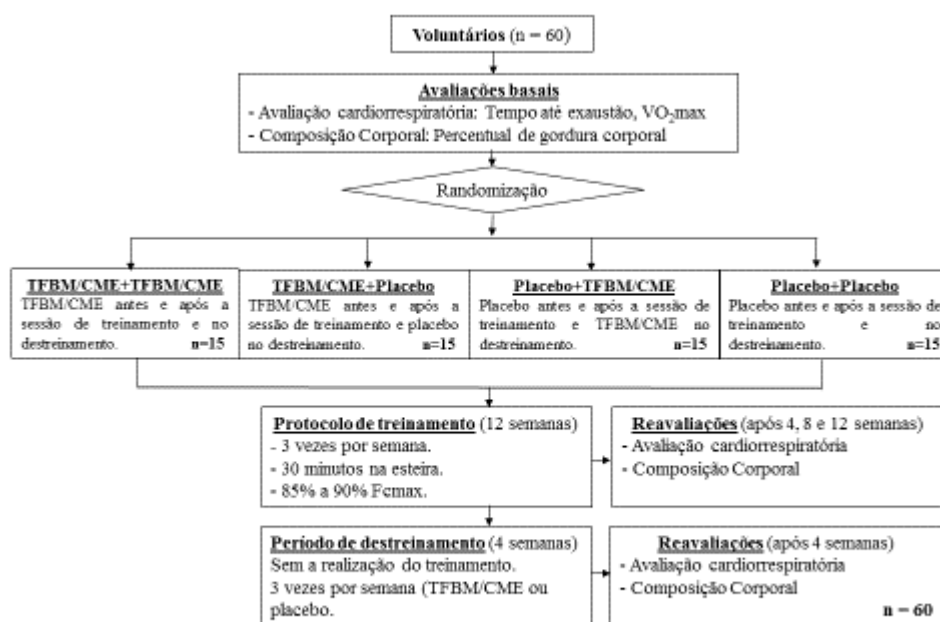
**Placebo+Placebo:** Placebo aplicado prévia e posteriormente as sessões de treinamento aeróbio (12 semanas, 3 x semana) e placebo também no período de destreinamento (4 semanas, 3 x semana).

Os indivíduos foram submetidos a 12 semanas consecutivas de treinamento aeróbio em esteira motorizada, com 3 sessões de treinamento por semana em dias não consecutivos.

Após o período de 12 semanas de treinamento, os voluntários receberam a aplicação da TFBM/CME ou placebo dependendo do grupo de alocação, durante 04 semanas, 3 vezes por semana sem treinamento.

As avaliações descritas abaixo foram realizadas antes de iniciar o protocolo (basal) e após 4, 8 e 12 semanas de treinamento aeróbio, assim como após 4 semanas sem treinamento (período de destreino) na 16ª semana. Um fluxograma resumindo os procedimentos deste estudo é apresentado na figura 6.

**Figura 6:** Fluxograma - etapas do estudo II.



### **3.2.5. Procedimentos**

#### **3.2.5.1. Avaliação cardiorrespiratória**

Atualmente, a avaliação cardiorrespiratória é o teste mais preciso na aptidão cardiorrespiratória<sup>60, 61</sup>. Utilizamos um protocolo de exercício progressivo em esteira ergométrica, previamente empregado no trabalho de De Marchi et al.<sup>20</sup>. Foi utilizada uma esteira ergométrica modelo Super ATL, um analisador de gases modelo VO2000 que foi conectado a um microcomputador para visualização e arquivamento dos dados. O teste de ergoespirometria teve início com a esteira sob uma inclinação fixa de 1%, com uma velocidade inicial de 3Km/h mantida até o fim da fase de aquecimento (com duração de 3 minutos). Após a fase de aquecimento, a velocidade foi incrementada em 1Km/h a cada minuto até atingir a velocidade máxima de 16Km/h. O término da avaliação foi definido pelo voluntário assim que atingisse a exaustão, que foi instruído previamente a realização do teste. Em seguida, foi iniciada a fase de recuperação com duração de 3 minutos a uma velocidade de 6Km/h. No teste, foram obtidos os dados referentes ao tempo total do exercício (tempo até a exaustão), consumo máximo de oxigênio em valores absolutos e relativos à massa corporal ( $VO_{2max}$ ), limiar aeróbio e anaeróbio. Estes dados foram utilizados na avaliação da *performance* dos sujeitos no protocolo de exercício por serem atualmente os mais utilizados na literatura para esta finalidade<sup>60, 61</sup>.

Todo o teste foi acompanhado através de eletrocardiograma e mensuração da pressão arterial. Se fosse constatada qualquer alteração anormal na frequência cardíaca, pressão arterial ou na existência de qualquer queixa do voluntário, o teste era interrompido e o voluntário, excluído.

#### **3.2.5.2. Avaliação da composição corporal**

As avaliações de composição corporal foram realizadas pelo mesmo pesquisador. Para estabelecer a massa adiposa foram mensuradas as dobras cutâneas do abdome, tórax e do quadríceps. Para isso, foi utilizado um adipômetro da marca Sanny<sup>®</sup>. A dobra abdominal foi obtida a uma distância de aproximadamente 2 cm ao lado da cicatriz umbilical e a torácica obtida na porção média entre o mamilo e a axila, ambas do lado direito e com o voluntário em posição ortostática, enquanto a dobra da coxa foi obtida na porção média entre

o ligamento inguinal e a borda superior da patela, em posição ortostática com o membro inferior direito à frente levemente flexionado<sup>62</sup>.

### 3.2.5.3. Treinamento aeróbio

O treinamento aeróbio em esteira ergométrica, com e sem a aplicação da TFBM/CME, foi realizado 3 vezes por semana em dias não consecutivos, durante 12 semanas, cada sessão com duração de 30 minutos, com intensidade entre 85% e 90% da frequência cardíaca máxima (FCmax), obtida no protocolo de avaliação cardiorrespiratória, sendo interrompido diante dos critérios estabelecidos pelas diretrizes estabelecidas pela American Heart Association, e avaliados ainda pela Escala de Borg 0-10, que é um método simples para classificar a percepção de esforço, sensação de cansaço físico ou dispneia<sup>36</sup>.

### 3.2.5.4. Terapia de fotobiomodulação (TFBM) e campo magnético estático (CME)

A TFBM/CME ou placebo foram aplicadas antes e após cada sessão de treinamento como mencionado previamente. Este protocolo de irradiação foi testado e otimizado num estudo prévio conduzido por nosso grupo de pesquisa<sup>36</sup>. Os resultados deste estudo mostraram que a TFBM/CME antes e após cada sessão de treinamento foi mais eficaz em melhorar os efeitos do treinamento aeróbio<sup>36</sup>. A TFBM/CME foi aplicada bilateralmente usando o método de contato direto, com leve pressão na pele nos diferentes locais, sendo 9 locais nos músculos extensores do joelho (Fig. 7A), 6 locais nos músculos flexores do joelho e 2 locais nos músculos flexores plantar (Fig. 7B).



**Figura 7A:** Locais de aplicação da TFBM/CME na região anterior dos membros



**Figura 7B:** Locais de aplicação da TFBM/CME na região posterior dos membros

Para a aplicação da TFBM/CME foi utilizado um cluster de 12 diodos, sendo 4 diodos de laser 905 nm (0,3125 mW de potência média, 12,5W de potência de pico para cada diodo), 4 diodos de LED 875 nm (17,5 mW de potência média para cada diodo), 4 diodos de LED 640 nm (15 mW de potência média para cada diodo) e campo magnético estático (35 mT), manufaturado pela Multi Radiance Medical (Solon, OH - USA). Considerando a grande área de irradiação utilizada no presente projeto, o uso de clusters de diodos foi essencial para a aplicação da TFBM/CME. O cluster era circular e tinha uma área total de irradiação de 20 cm<sup>2</sup>. Os sinais emitidos pelo equipamento foram idênticos independentemente da irradiação ativa ou não (placebo). A aplicação da TFBM/CME também foi feita por um único pesquisador que também não tinha conhecimento do resultado da randomização.

A dose para TFBM/CME ativa foi de 30 J por área (228 segundos de irradiação em cada área), 510 J de energia irradiada por membro inferior, 1020 J de energia total irradiada. A dose utilizada em cada local foi previamente testada e otimizada por nosso grupo de pesquisa usando o mesmo dispositivo TFBM/CME e demonstrou resultados favoráveis em termos de aumento de *performance* e recuperação muscular<sup>28</sup>. Além disso, os locais de irradiação também foram otimizados previamente por nosso grupo de pesquisa<sup>36, 47, 63</sup>. A descrição completa dos parâmetros da TFBM/CME é apresentada na tabela 4.

**Tabela 4.** Parâmetros da TFBM/CME.

Número de lasers	4 infravermelhos super-pulsados
Comprimento de onda (nm)	905 ( $\pm 1$ )
Frequência (Hz)	250
Potência (W) – cada	12.5
Potência média de saída (mW) – cada	0.3125
Densidade de potência (mW/cm <sup>2</sup> ) – cada	0.71
Densidade de energia (J/cm <sup>2</sup> ) – cada	0.162
Dose (J) – cada	0.07125
Diâmetro do feixe do laser (cm <sup>2</sup> ) – cada	0.44
Número de LEDs (vermelho)	4 vermelhos
Comprimento de onda (nm)	640 ( $\pm 10$ )
Frequência (Hz)	2
Potência média de saída (mW) – cada	15
Densidade de potência (mW/cm <sup>2</sup> ) – cada	16.66
Densidade de energia (J/cm <sup>2</sup> ) – cada	3.8
Dose (J) – cada	3.42

Diâmetro do feixe LED (cm <sup>2</sup> ) – cada	0.9
Número de LEDs (infravermelhos)	4 infravermelhos
Comprimento de onda (nm)	875 (±10)
Frequência (Hz)	16
Potência média de saída (mW) – cada	17.5
Densidade de potência (mW/cm <sup>2</sup> ) – cada	19.44
Densidade de energia (J/cm <sup>2</sup> ) – cada	4.43
Dose (J) – cada	3.99
Diâmetro do feixe LED (cm <sup>2</sup> ) – cada	0.9
Campo Magnético (mT)	35
Tempo de irradiação por ponto (seg)	228
Dose total por ponto (J)	30
Dose total aplicada por membro inferior (J)	510
Abertura do dispositivo (cm <sup>2</sup> )	20
Área total irradiada por membro inferior (cm <sup>2</sup> )	340
Modo de aplicação	Equipamento mantido perpendicularmente em contato com a pele e ligeira pressão.

### 3.2.6. Análise estatística

O desfecho primário deste estudo foi o tempo até exaustão, obtido a partir do teste progressivo em esteira. Os desfechos secundários foram VO<sub>2</sub>max e percentual de gordura corporal. A análise de intenção de tratamento foi seguida a priori, todos os dados foram analisados por um pesquisador que não estava envolvido na coleta dos dados. Os resultados foram testados quanto a sua normalidade usando o teste de Shapiro–Wilk, determinando uma distribuição normal. Os dados foram expressos em média e desvio padrão e foram analisados pelo teste de ANOVA de duas vias para medidas repetidas (tempo versus grupo experimental) com correção post-hoc Bonferroni. Os dados foram analisados em termos dos valores absolutos e percentual de mudança baseado nos valores basais estabelecidos. O nível de significância estatística foi de  $p < 0.05$ . Nos gráficos, os dados estão expressos como média e erro padrão da média.



### 3.2.7. Resultados

Todos os 60 participantes completaram as 16 semanas do estudo. Não houve desistências. As características dos voluntários estão resumidas na tabela 5. A análise estatística revelou que não houve diferenças significantes ( $p > 0.05$ ) entre os voluntários dos 4 grupos experimentais com relação as variáveis antropométricas e dados basais.

**Tabela 5** – Variáveis antropométricas e avaliações basais em valores absolutos.

	<b>TFBM/CME + TFBM/CME</b>	<b>TFBM/CME + Placebo</b>	<b>Placebo + TFBM/CME</b>	<b>Placebo + Placebo</b>
Idade (anos)	24.79 ± 5.22	23.82 ± 4.29	23.81 ± 6.01	28.83 ± 5.52
Massa corporal (kg)	78.09 ± 16.49	73.71 ± 14.33	71.24 ± 13.50	79.99 ± 12.12
Estatura (cm)	174.71 ± 7.32	175.94 ± 4.94	173.88 ± 6.67	173.17 ± 7.59
Índice de massa corporal <sup>a</sup> (IMC)	25.55 ± 5.16	23.78 ± 4.43	23.52 ± 4.10	26.62 ± 3.17
Frequência cardíaca (bpm)	82.21 ± 11.34	80.65 ± 13.93	84.13 ± 14.12	84.08 ± 11.14
Pressão arterial sistólica (mmHg)	114.29 ± 5.56	117.07 ± 14.04	110.00 ± 8.94	120.00 ± 18.59
Pressão arterial diastólica (mmHg)	80.00 ± 5.55	81.18 ± 7.81	77.50 ± 7.75	85.00 ± 13.82
Tempo até exaustão (seg)	767.29 ± 77.58	812.53 ± 121.46	853.54 ± 146.12	801.67 ± 122.49
VO <sub>2</sub> max (mL/kg/min)	21.94 ± 2.71	24.91 ± 6.08	24.61 ± 6.14	22.06 ± 5.12
Percentual de gordura	24.55 ± 10.64	26.16 ± 6.46	18.8 ± 10.39	21.05 ± 9.6

<sup>a</sup> Calculado em kg/m<sup>2</sup>; VO<sub>2</sub>max: consumo máximo de oxigênio. Dados expressos em média e desvio padrão (±).

A tabela 6 mostra os resultados do teste cardiopulmonar progressivo em valores absolutos para as diferentes variáveis analisadas em todos os grupos experimentais deste estudo. Não houve diferença estatisticamente significativa no tempo até exaustão ou no percentual de gordura corporal entre os grupos. Em relação ao VO<sub>2</sub>max, todos os grupos tratados com TFBM/CME mostraram um aumento no VO<sub>2</sub>max ao longo do tempo quando comparado ao grupo Placebo+Placebo. Esta diferença foi estatisticamente significativa nos grupos TFBM/CME+TFBM/CME ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$  e  $p < 0.01$ ) e

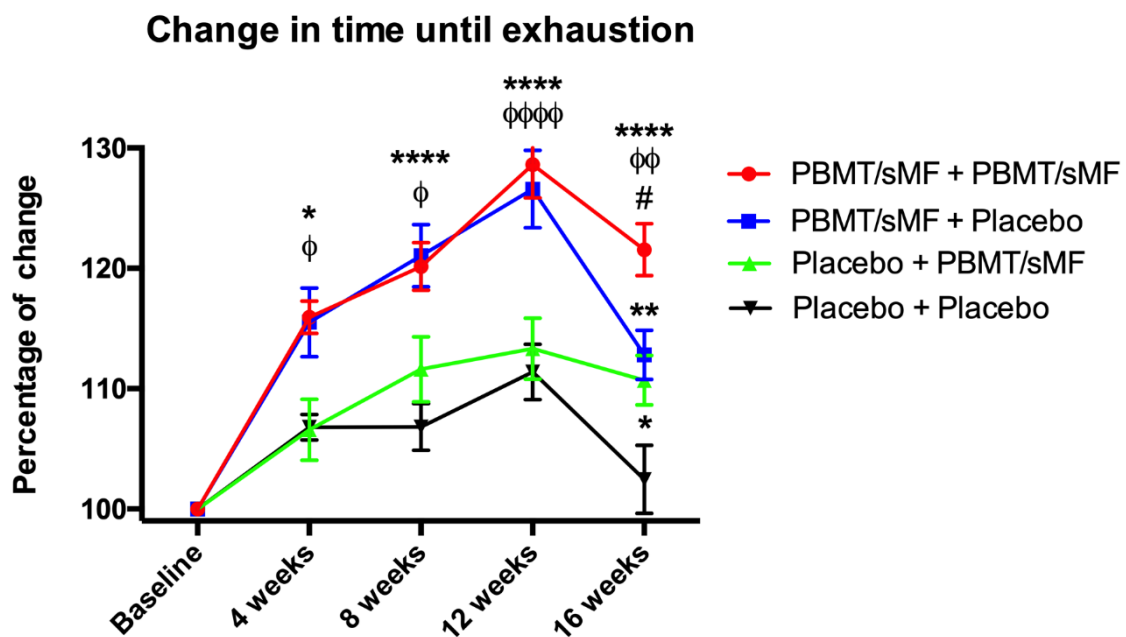
TFBM/CME+Placebo ( $p<0.01$ ,  $p<0.001$ ,  $p<0.001$  e  $p<0.05$ ) em todos os tempos experimentais (4<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> semana), respectivamente.

**Tabela 6** – Dados do teste cardiopulmonar progressivo e percentual de gordura corporal em valores absolutos.

		Basal	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas
Tempo até exaustão (seg)	TFBM/CME + TFBM/CME	767.29 ± 77.58	887.86 ± 81.37	921.21 ± 101.07	986.86 ± 125.53	932.57 ± 110.46
	TFBM/CME + Placebo	812.53 ± 121.46	934.35 ± 134.16	980.24 ± 149.28	1025.65 ± 165.58	915.53 ± 147.63
	Placebo + TFBM/CME	853.54 ± 146.12	906.5 ± 167.54	949.25 ± 176.76	961 ± 153.46	940.06 ± 142.37
	Placebo + Placebo	801.67 ± 122.49	855.83 ± 134.66	853 ± 119.39	892.67 ± 155.03	823.08 ± 160.85
VO <sub>2</sub> max (mL/kg/min)	TFBM/CME + TFBM/CME	21.94 ± 2.71	30.81 ± 4.38*	30.87 ± 4.49*	30.64 ± 4.98*	30.26 ± 5.42**
	TFBM/CME + Placebo	24.91 ± 6.08	32.06 ± 8.53**	33.48 ± 7.97***	33.34 ± 9.13***	29.46 ± 8.16*
	Placebo + TFBM/CME	24.61 ± 6.14	26.93 ± 7.25	28.27 ± 6.41	27.4 ± 5.51	28.15 ± 5.44
	Placebo + Placebo	22.06 ± 5.12	24.68 ± 4.96	24.89 ± 5.6	24.34 ± 5.24	22.38 ± 5.31
Percentual de gordura corporal	TFBM/CME + TFBM/CME	24.55 ± 10.64	22.61 ± 9.07	22.3 ± 8.74	21.59 ± 9.58	20.84 ± 8.65
	TFBM/CME + Placebo	26.16 ± 6.46	25.39 ± 7.31	25.19 ± 6.7	24.85 ± 7.21	25.2 ± 7.98
	Placebo + TFBM/CME	18.8 ± 10.39	17.83 ± 10	17.62 ± 10	16.96 ± 9.14	17.24 ± 9.19
	Placebo + Placebo	21.05 ± 9.6	20.29 ± 9.24	19.91 ± 8.89	19.43 ± 8.56	19.13 ± 8.53

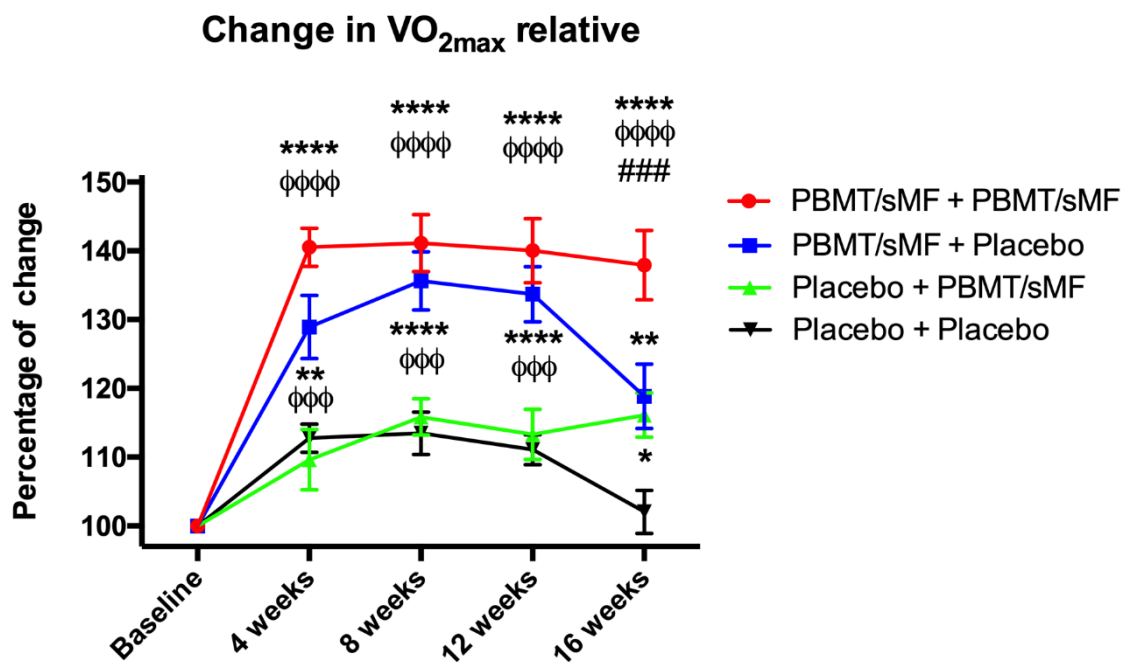
Dados expressos em médias e desvios padrão (±). VO<sub>2</sub>max: consumo máximo de oxigênio. \* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p<0.05$ ), \*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p<0.01$ ), \*\*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p<0.001$ ).

Com relação ao tempo até exaustão, a fig. 8 mostra o percentual de mudança nos tempos avaliados. O grupo TFBM/CME+TFBM/CME apresentou uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.0001$ ,  $p < 0.0001$  e  $p < 0.0001$ ) em todos os tempos avaliados (4<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> semana, respectivamente), quando comparado ao grupo Placebo+Placebo. No período de destreinamento (16<sup>a</sup> semana), o grupo TFBM/CME+TFBM/CME também mostrou uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ) em comparação ao grupo TFBM/CME+Placebo. Além disso, os grupos tratados com TFBM/CME apenas no treinamento (TFBM/CME+Placebo) ou no destreinamento (Placebo+TFBM/CME), apresentaram uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.01$  e  $p < 0.05$ , respectivamente) no percentual de mudança do tempo até exaustão quando comparados ao grupo Placebo+Placebo.



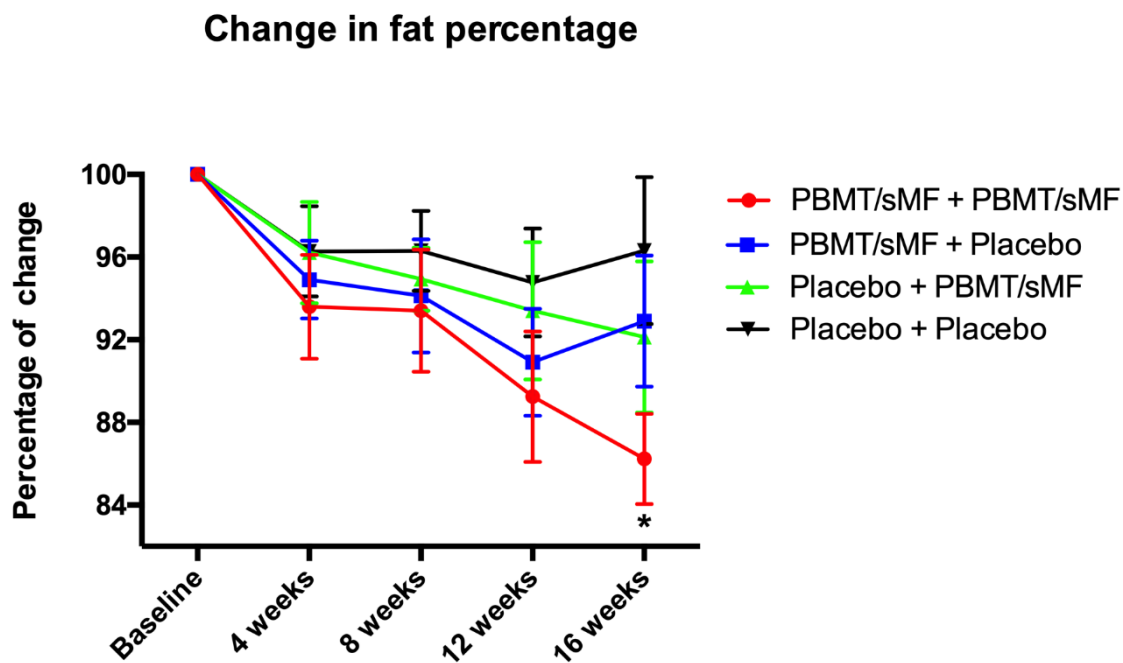
**Fig 8.** Dados expressos em médias e desvios padrão ( $\pm$ ). Percentual de mudança no tempo até exaustão. \* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.05$ ), \*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.01$ ), \*\*\*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.0001$ ),  $\phi$  indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+PBMT/sMF ( $p < 0.05$ ),  $\phi\phi$  indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+PBMT/sMF ( $p < 0.01$ ),  $\phi\phi\phi\phi$  indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+PBMT/sMF ( $p < 0.0001$ ), # indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao PBMT/sMF+Placebo ( $p < 0.05$ ).

A fig. 9 representa graficamente o percentual de mudança no VO<sub>2</sub>max dos participantes do estudo. O grupo TFBM/CME+TFBM/CME apresentou uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.0001$ ,  $p < 0.0001$ ,  $p < 0.0001$  e  $p < 0.0001$ ) quando comparado ao grupo Placebo+Placebo, em todos os tempos experimentais (4<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> semana, respectivamente). Na 16<sup>a</sup> semana, o grupo TFBM/CME+TFBM/CME também apresentou uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.0001$  e  $p < 0.001$ ) quando comparado aos grupos Placebo+TFBM/CME e TFBM/CME+Placebo, respectivamente. Os grupos que receberam TFBM/CME apenas no período de treinamento (TFBM/CME+Placebo) ou no destreinamento (Placebo+TFBM/CME), também apresentaram uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.01$  e  $p < 0.05$ , respectivamente) quando comparados ao grupo Placebo+Placebo na 16<sup>a</sup> semana.



**Fig 9.** Dados expressos em médias e desvios padrão ( $\pm$ ). Percentual de mudança no VO<sub>2</sub>max. \* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.05$ ), \*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação Placebo+Placebo ( $p < 0.01$ ), \*\*\*\* indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.0001$ ),  $\phi\phi\phi$  indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+PBMT/sMF ( $p < 0.001$ ),  $\phi\phi\phi\phi$  indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao Placebo+PBMT/sMF ( $p < 0.0001$ ),  $\#\#\#$  indica diferença estatisticamente significativa em comparação ao PBMT/sMF+Placebo ( $p < 0.001$ ).

A fig. 10 mostra o percentual de mudança do percentual de gordura corporal ao longo do estudo. Apenas o grupo tratado com TFBM/CME durante todo o estudo (TFBM/CME+TFBM/CME) demonstrou um percentual de mudança estatisticamente superior ( $p < 0.05$ ) na massa de gordura corporal, quando comparado ao grupo Placebo+Placebo na 16ª semana. Não houve diferenças significantes nos outros grupos experimentais ou tempos testados.



**Fig 10.** Dados expressos em médias e desvios padrão ( $\pm$ ). Percentual de mudança na gordura corporal. \* indica diferença estatisticamente significante em comparação ao Placebo+Placebo ( $p < 0.05$ ).

### 3.2.8. Discussão

É importante destacar que este foi o primeiro estudo a avaliar os efeitos da TFBM e CME (TFBM/CME) no período de destreinamento após treinamento aeróbio. No presente estudo, a aplicação de TFBM/CME antes e após cada sessão de treinamento, 3 vezes por semana durante 12 semanas, levou a um aumento estatisticamente significativo nos valores absolutos do  $\text{VO}_2\text{max}$  em todos os tempos avaliados (4<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> semana) para os grupos TFBM/CME+TFBM/CME ( $p<0.05$ ,  $p<0.05$  e  $p<0.05$ , respectivamente) e TFBM/CME+Placebo ( $p<0.01$ ,  $p<0.001$  e  $p<0.001$ , respectivamente) quando comparados ao grupo Placebo+Placebo. Estes resultados positivos corroboram com os achados previamente pelo nosso grupo de pesquisa<sup>36</sup>, bem como os de Paolillo et al.<sup>29</sup> e Paolillo et al.<sup>30</sup>. Além disso, nós observamos que na fase final de treinamento (12<sup>a</sup> semana), a TFBM/CME aumentou o percentual de mudança no  $\text{VO}_2\text{max}$  em 40,02% e no tempo até exaustão em 28,62%. Nossos resultados validam ainda mais os achados de Miranda et al.<sup>36</sup> e Paolillo et al.<sup>29, 30</sup>. Assim, aumentado o corpo de evidências que suportam os benefícios da TFBM associada com o treinamento aeróbio.

Também é importante destacar, que após a fase de treinamento, os voluntários foram tratados com TFBM/CME ou placebo, 3 vezes por semana durante 4 semanas, sem a realização de qualquer tipo de exercício físico, fase denominada destreinamento ou descondicionamento. A fim de minimizar as possíveis perdas decorrentes do período de destreinamento, o principal objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da TFBM/CME durante 4 semanas sem atividade física. Ao final deste período, o grupo que recebeu TFBM/CME durante todo o estudo (TFBM/CME+TFBM/CME) apresentou uma diferença estatisticamente significativa nos valores absolutos ( $p<0.01$ ) do  $\text{VO}_2\text{max}$  em comparação ao grupo Placebo+Placebo. A TFBM/CME aplicada apenas durante a fase de treinamento (TFBM/CME+Placebo) também levou a um aumento estatisticamente significativo ( $p<0.05$ ) nos valores absolutos do  $\text{VO}_2\text{max}$  em comparação ao grupo Placebo+Placebo, na 16<sup>a</sup> semana.

Estudo prévios mostraram que um período de inatividade física pode levar a perdas na capacidade aeróbia<sup>2, 16</sup>. Nós também observamos uma redução no  $\text{VO}_2\text{max}$  nos grupos Placebo+Placebo e TFBM/CME+Placebo no período de destreinamento (16<sup>a</sup> semana) quando comparado ao período de treinamento

(12ª semana). Entretanto, não há um consenso na magnitude da perda da capacidade aeróbia provocada por um período sem atividade física. Nós acreditamos que as possíveis reduções no  $VO_2\text{max}$  observadas nos grupos Placebo+Placebo e TFBM/CME+Placebo estão principalmente relacionadas ao nível inicial de aptidão física dos praticantes, assim como com a duração do período de destreino, como já descrito por Lo et al.<sup>2</sup>.

O uso da TFBM/CME levou a resultados positivos em termos de tempo até exaustão. O percentual de mudança foi significativamente maior no grupo TFBM/CME+TFBM/CME do que no grupo Placebo+Placebo (21,55% versus 2,46%) na 16ª semana. O grupo Placebo+TFBM/CME também apresentou melhores resultados que o grupo Placebo+Placebo (10,7% versus 2,46%) na 16ª semana. Estes achados reiteram o aumento da efetividade da TFBM/CME quando aplicada em ambos os períodos, treinamento e destreino.

Com relação ao percentual de mudança no  $VO_2\text{max}$ , o grupo TFBM/CME+TFBM/CME apresentou resultados mais consistentes em comparação ao grupo Placebo+Placebo (37,94% versus 2,05%) na 16ª semana. O grupo Placebo+TFBM/CME também apresentou uma diferença significativa no percentual de mudança no  $VO_2\text{max}$  em comparação ao grupo Placebo+Placebo (16,12% versus 2,05%) ao final do período de destreino (16ª semana). Portanto, é possível afirmar que o uso da TFBM/CME minimiza a perda da capacidade aeróbia causada por um período sem atividade física, após um período de treinamento. Destacando que neste caso, a TFBM/CME foi mais efetiva quando usada ao longo das 16 semanas do protocolo, isto é, durante o treinamento e destreino. Acreditamos que essas diferenças entre o uso e o não uso da TFBM/CME são de extrema importância, especialmente no cenário esportivo, porque é bem conhecido o quão difícil é para atletas de elite manterem seus níveis de *performance*, especialmente devido a lesões e consequente remoção de sua rotina de treinamento. A este respeito, nossos resultados sugerem que a TFBM/CME pode ser uma alternativa eficiente para preparadores físicos, atletas e técnicos, em períodos em que o treinamento aeróbio é interrompido.

Os resultados obtidos com o uso da TFBM/CME podem ser atribuídos aos seus efeitos ergogênicos no treinamento aeróbio, similares aos achados de Miranda et al.<sup>36</sup>. Os mecanismos de ação da TFBM, CME, e a combinação de

ambos, estão diretamente ligados ao aumento da produção mitocondrial de ATP<sup>34, 35, 44-46</sup> e pode, em partes, explicar os resultados deste estudo. No entanto, nosso estudo é único em avaliar os efeitos da TFBM/CME no período de destreino, e também confirma resultados anteriores relacionados a influência das reações fotodinâmicas na capacidade do sangue em transportar oxigênio<sup>40</sup>. Acreditamos que apesar das diferenças nos parâmetros de irradiação entre os estudos, os efeitos observados por Wasik et al.<sup>40</sup> podem ter influenciado na melhora da *performance* dos participantes durante a fase de destreino em nosso estudo<sup>40</sup>.

Os parâmetros usados para irradiação no presente estudo estão de acordo com os recentemente recomendados por Leal-Junior et al.<sup>64</sup>. O estabelecimento de parâmetros otimizados e ideais são muito importantes para a efetividade da TFBM/CME, já que, além da dose, o momento e os locais de aplicação devem ser levados em consideração para a otimização da terapia<sup>63</sup>. Considerando a importância destes fatores, o protocolo de irradiação seguiu os mesmos parâmetros que os testados previamente por Miranda et al.<sup>36</sup>, que mostrou efeitos positivos para o percentual de mudança no VO<sub>2</sub>max e tempo até exaustão. No estudo de Miranda et al.<sup>36</sup>, foi observada uma redução no percentual de gordura corporal com o uso da TFBM/CME aplicada antes e após as sessões de treinamento. No presente estudo, o grupo que recebeu TFBM/CME ao longo de todo o treinamento também reduziu o percentual de gordura, entretanto, este mesmo grupo apresentou uma diminuição estatisticamente significativa neste percentual em relação ao grupo Placebo+Placebo apenas no período de destreino (16ª semana). Estes resultados nos permitem inferir que a aplicação da TFBM/CME durante todo o estudo auxiliou na redução da gordura corporal, mesmo durante um período sem treinamento.

O principal objetivo do atual estudo foi elucidar a influência da TFBM/CME no período de destreino. Nossos resultados demonstraram efeitos positivos da TFBM/CME em atenuar as perdas relacionadas neste período. O grupo que recebeu TFBM/CME ao longo do estudo mostrou os melhores resultados, contudo, é importante notar que, os efeitos positivos foram observados no grupo tratado apenas na fase de destreino, destacando a importância do uso da TFBM/CME, mesmo que apenas em períodos em que o



treinamento físico é interrompido. A atenuação das consequências ocasionadas pela interrupção da atividade física é de grande valor, tanto para atletas profissionais como amadores. Estes benefícios também podem ser transferidos para indivíduos afetados por doenças e aqueles que estão acamados ou impossibilitados de realizar exercícios físicos de reabilitação.

No presente estudo, o uso da TFBM/CME foi capaz de potencializar os efeitos do treinamento aeróbio e reduzir as perdas provocadas no período de destreinamento. Assim sendo, acreditamos que os resultados do estudo são relevantes e sugerem uma nova perspectiva no uso da TFBM/CME, reconhecendo sua eficácia na manutenção dos benefícios obtidos após treinamento aeróbio, durante o período de destreinamento.

#### **4. Considerações finais**

No presente trabalho, o uso da TFBM/CME foi capaz de potencializar os efeitos do treinamento de força, bem como o treinamento aeróbio. Também, reduziu as perdas provocadas por um período sem treinamento. A atenuação das consequências ocasionadas pela interrupção da atividade física é de grande valor, tanto para atletas profissionais como amadores. Estes benefícios também podem ser transferidos para indivíduos afetados por doenças e aqueles que estão acamados ou impossibilitados de realizar exercícios físicos de reabilitação. Finalmente, acreditamos que os resultados deste trabalho são relevantes e sugerem uma nova perspectiva sobre o uso da TFBM/CME na área esportiva, da reabilitação e no condicionamento físico. Além de demonstrar sua eficácia em manter os benefícios obtidos após um protocolo de treinamento de força ou treinamento aeróbio, durante o período de destreinamento/descondicionamento.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pereira A, Izquierdo M, Silva AJ, Costa AM, González-Badillo JJ, Marques MC. Muscle performance and functional capacity retention in older women after high-speed power training cessation. *Experimental Gerontology*. 2012; 47: 620–624.

2. Lo, MS, Lin, LLC, Yao, W-J, and Ma, M-C. Training and detraining effects of the resistance vs. endurance program on body composition, body size, and physical performance in young men. *J Strength Cond Res*. 2011; 25(8): 2246–2254.

3. Barry B, Carson R. The consequences of resistance training for movement control in older adults. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci*. 2004 (59): 730-54.

4. Henwood TR, Taaffe DR. Improved physical performance in older adults undertaking a short-term programme of high-velocity resistance training. *Gerontology*. 2005; 51:108-15.

5. Holviala JH, Sullivan JM, Kraemer WJ, et al. Effects of strength training on muscle strength characteristics, functional capabilities, and balance in middle-aged and older women. *J. Strength Cond. Res*. 2006; 20:336-44.

6. Kalapotharakos V, Michalopoulos M, Tokmakisis S, et al. Effects of heavy and moderate resistance training on functional performance in older adults. *J. Strength Cond. Res*. 2005; 19:652-7.

7. Willis LH, Slentz CA, Bateman LA, Shields AT, Piner LW, Bales CW, Houmard JA, Kraus WE. Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults. *J Appl Physiol*. 2012; 113: 1831–1837.

8. Mangine GT, Hoffman JR, Gonzalez AM, Townsend JR, Wells AJ, Jajtner AR, Beyer KS, Boone CH, Miramonti AA, Wang R, LaMonica MB, Fukuda DH, Ratamess NA, Stout JR. The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance-trained men. *Physiological Reports* Published. 2015 August; 3(8): e12472.

9. Correa CS, Baroni BM, Radaelli R, Lanferdini FJ, Cunha GS, Reischak-Oliveira A, Vaz MA, Pinto RS. Effects of strength training and detraining on knee

extensor strength, muscle volume and muscle quality in elderly women. *AGE*. 2013; 35:1899–1904.

**10.** Stebbings GK, Morse CI, McMahon GE, Onambele GL. Resting Arterial Diameter and Blood Flow Changes With Resistance Training and Detraining in Healthy Young Individuals. *Journal of Athletic Training*. 2013; 48(2): 209–219.

**11.** Schoenfeld, BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res* 2010; 24(10): 2857–2872.

**12.** Beiter T, Hoene M, Prenzler F, Mooren FC, Steinacker JM, Weigert C, Nieß AM, Munz B. Exercise, skeletal muscle and inflammation: ARE-binding proteins as key regulators in inflammatory and adaptive networks. *Exerc. Immunol. Rev.* 2015; 21:42-57.

**13.** Konopka AR and Harber MP. Skeletal muscle hypertrophy after aerobic exercise training. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 2014; 42(2): 53-61.

**14.** Libardi CA, Souza GV, Cavaglieri CR, Madruga VA, Chacon-Mikahil MPT. Effect of Resistance, Endurance, and Concurrent Training on TNF- $\alpha$ , IL-6, and CRP. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2012; 44(1): 50–56.

**15.** Hatle H, Støbakk PK, Mølmen HE, Brønstad E, Tjønnå AE, et al. Effect of 24 Sessions of High-Intensity Aerobic Interval Training Carried out at Either High or Moderate Frequency, a Randomized Trial. *PLoS ONE*. 2014; 9(2): e88375.

**16.** Lovell DI, Cuneo R, Wallace J, McLellan C. The hormonal response of older men to sub-maximum aerobic exercise: The effect of training and detraining. *Steroids*. 2012; 77:413–418.

**17.** Yasuda T, Loenneke JP, Ogasawara R, Abe T. Effects of short-term detraining following blood flow restricted low-intensity training on muscle size and strength. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2015; Jan; 35(1): 71-5.

**18.** Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Baroni BM, De Marchi T, Taufer D, Manfro DS, Rech M, Danna V, Grosselli D, Generosi RA, Marcos RL, Ramos L, Bjordal JM. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci*. 2009; 24: 857-863.

**19.** Baroni BM, Leal Junior EC, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low-level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 110: 789-796.

**20.** De Marchi T, Leal Junior EC, Bortoli C, Tomazoni SS, Lopes-Martins RAB, 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.

**21.** Toma RL, Tucci HT, Antunes HK, Pedroni CR, de Oliveira AS, Buck I, Ferreira PD, Vassão PG, Renno AC. Effect of 808 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in elderly women. *Lasers Med Sci.* 2013; 28(5): 1375-1382.

**22.** Ferraresi C, de Brito Oliveira T, de Oliveira Zafalon L, de Menezes Reiff RB, Baldissera V, de Andrade Perez SE, Matheucci Júnior E, Parizotto NA. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers Med Sci.* 2011; 26: 349-358.

**23.** Vanin AA, Miranda EF, Machado CS, de Paiva PR, Albuquerque-Pontes GM, Casalechi HL, de Tarso Camillo de Carvalho P, Leal-Junior EC. What is the best moment to apply phototherapy when associated to a strength training program? A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial: Phototherapy in association to strength training. *Lasers Med Sci.* 2016; 31(8): 1555-1564.

**24.** Paolillo FR, Corazza AV, Borghi-Silva A, Parizotto NA, Kurachi C, Bagnato VS. Infrared LED irradiation applied during high-intensity treadmill training improves maximal exercise tolerance in postmenopausal women: a 6-month longitudinal study. *Lasers Med Sci.* 2013; 28: 415-422.

**25.** Huang YY, Sharma SK, Carroll J, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy – An update. *Dose response.* 2011; 9: 602-618.

**26.** de Almeida P, Lopes-Martins RA, Tomazoni SS, Silva Jr JA, de Carvalho PTC, Bjordal JM, Leal Junior EC. Low-level laser therapy improves skeletal muscle performance, decreases skeletal muscle damage and modulates mRNA expression of COX-1 and COX-2 in a dose-dependent manner. *Photochem Photobiol.* 2011; 87: 1159-1163.

**27.** Grandinetti V dos S, Miranda EF, Johnson DS, de Paiva PR, Tomazoni SS, Vanin AA, Albuquerque-Pontes GM, Frigo L, Marcos RL, de Carvalho P de T, Leal-Junior EC. The thermal impact of phototherapy with concurrent super-pulsed lasers and red and infrared LEDs on human skin. *Lasers Med Sci.* 2015; 30: 1575-1581.

**28.** 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 combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. *Lasers Med Sci.* 2014; 29: 1967-1976.

**29.** Paolillo FR, Milan JC, Aniceto IV, Barreto SG, Rebelatto JR, Borghi-Silva A, Parizotto NA, Kurachi C, Bagnato VS. Effects of infrared-LED illumination applied during high-intensity treadmill training in postmenopausal women. *Photomed Laser Surg.* 2011; 29: 639-645.

**30.** Paolillo FR, Corazza AV, Paolillo AR, Borghi-Silva A, Arena R, Kurachi C, Bagnato VS. Phototherapy during treadmill training improves quadriceps performance in postmenopausal women. *Climacteric.* 2013b; [Epub ahead of print].

**31.** 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.

**32.** Leal Junior EC, Vanin AA, Miranda EF, de Carvalho P de T, Dal Corso S, Bjordal JM. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2015; 30: 925-939.

**33.** Borsa PA, Larkin KA, True JM. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and postexercise recovery? A systematic review. *J Athl Train.* 2013 Jan-Feb; 48 (1):57-67.

**34.** Hayworth CR, Rojas JC, Padilla E, Holmes GM, Sheridan EC, Gonzalez-Lima F. In vivo low-level light therapy increases cytochrome oxidase in skeletal muscle. *Photochem Photobiol.* 2010 May-Jun; 86(3):673-80.

**35.** Albuquerque-Pontes GM, Vieira R de P, Tomazoni SS, Caires CO, Nemeth V, Vanin AA, Santos LA, Pinto HD, Marcos RL, Bjordal JM, de Carvalho

P de T, Leal-Junior EC. Effect of pre-irradiation with different doses, wavelengths, and application intervals of low-level laser therapy on cytochrome c oxidase activity in intact skeletal muscle of rats. *Lasers Med Sci.* 2015; 30: 59-66.

**36.** 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.

**37.** Nakano J, Kataoka H, Sakamoto J, Origuchi T, Okita M, Yoshimura T. Low-level laser irradiation promotes the recovery of atrophied gastrocnemius skeletal muscle in rats. *Exp Physiol.* 2009 sep; 94(9): 1005-15.

**38.** Brooks NE, Myburgh KH. Skeletal muscle wasting with disuse atrophy is multi-dimensional: the response and interaction of myonuclei, satellite cells and signaling pathways. *Front Physiol.* 2014; 5: 1-14.

**39.** Kadi F, Schjerling P, Andersen LL, Charifi N, Madsen JL, Christensen LR, Andersen JL. The effects of heavy resistance training and detraining on satellite cells in human skeletal muscles. *J Physiol.* 2004; 558:1005-12.

**40.** Wasik M, Gorska E, Modzelewska M, Nowicki K, Jakubczak B, Demkow U. The influence of low-power helium-neon laser irradiation on function of selected peripheral blood cells. *Journal of physiology and pharmacology.* 2007; 58(5): 729-737.

**41.** Baroni BM, Rodrigues R, Freire BB, et al. Effect of low-level laser therapy on muscle adaptation to knee extensor eccentric training. *Eur J Appl Physiol* 2015;115:639-47.

**42.** World Health Organization, "Environmental Health Criteria 232," in Static fields, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2006.

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

**44.** Coballase-Urrutia E, Navarro L, Ortiz JL, et al. Static magnetic fields modulate the response of different oxidative stress markers in a restraint stress model animal. *Biomed Research International* 2018;1-9.

**45.** Wang D, Wang Z, Zhang L, et al. Cellular ATP levels are affected by moderate and strong static magnetic fields. *Bioelectromagnetics.* 2018;39(5):352-360.

**46.** 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.

**47.** Pinto HD, Vanin AA, Miranda EF, et al. 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;30:3329-3338.

**48.** De Marchi T, Leal-Junior ECP, Lando KC, et al. Photobiomodulation therapy before futsal matches improves the staying time of athletes in the court and accelerates post-exercise recovery. *Lasers Med Sci* 2019;34:139-48.

**49.** Brown L. *Isokinetics in human performance.* Champaign, IL: Human Kinetics. 2000.

**50.** Powers SK, Howley ET. *Exercise physiology: theory and application to fitness and performance.* New York, NY: McGraw-Hill; 2007.

**51.** Irving BA, Rutkowski J, Brock DW, Davis CK, Barrett EJ, Gaesser GA, Weltman A. Comparison of Borg- and OMNI-RPE as markers of the blood lactate response to exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2006; 38(7):1348–1352.

**52.** Abe T, Kojima K, Kearns CF, Yohena H, Fukuda J. Whole body muscle hypertrophy from resistance training: distribution and total mass. *Br J Sports Med.* 2003; 37: 543–545.

**53.** Warburton DE, Nicol CW, Bredin SS. Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ.* 2006;174:801–809.

**54.** Warburton DE, Katzmarzyk PT, Rhodes RE, Shephard RJ. Evidence informed physical activity guidelines for Canadian adults. *Can J Public Health.* 2007;98:S16–S68.

**55.** Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2011;43(7):1334–1359.

**56.** Lopes-Martins RA, Marcos RL, Leonardo PS, et al. Effect of low-level laser (Ga-Al-As 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. *J Appl Physiol* 2006;101:283-288.

**57.** de Paiva PR, Tomazoni SS, Johnson DS, et al. 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;31:1925-1933.

**58.** Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Rossi RP, et al. Effect of cluster multi diode light emitting diode therapy (LEDT) on exercise-induced skeletal muscle fatigue and skeletal muscle recovery in humans. *Lasers Surg Med* 2009b;41:572-577.

**59.** Leal ECP, Lopes-Martins RAB, Frigo L, et al. Effects of Low-Level Laser Therapy (LLLT) in the Development of Exercise-Induced Skeletal Muscle Fatigue and Changes in Biochemical Markers Related to Postexercise Recovery. *Journal of Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40:524-532.

**60.** Keteyian SJ, Brawner CA, Ehrman JK, Ivanhoe R, Boehmer JP, Abraham WT. Reproducibility of peak oxygen uptake and other cardiopulmonary exercise parameters: implications for clinical trials and clinical practice. *Chest.* 2010 Oct; 138(4):950-5.

**61.** Powers SK, Howley ET. *Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho.* 6. ed. São Paulo: Manole; 2009.

**62.** Machado AF. *Manual de avaliação física.* 1 ed. São Paulo: Ícone; 2010.

**63.** Miranda EF, Vanin AA, Tomazoni SS, et al. 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;51:129-135.

**64.** Leal-Junior ECP, Lopes-Martins RAB, Bjordal JM, et al. Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. *Brazilian Journal of Physical Therapy.* 2019;23:71-75.

## APÊNDICE

### Artigos:

1. Effects of photobiomodulation therapy in aerobic endurance training and detraining in humans. Protocol for a randomized placebo-controlled trial.
2. Effects of photobiomodulation therapy in strength training and detraining in humans: protocol for a randomized placebo-controlled trial.
3. Does the combination of photobiomodulation therapy (PBMT) and static magnetic fields potentiate the effects of aerobic endurance training and decrease the loss of performance during detraining? A randomized, placebo controlled, and triple-blinded controlled trial.
4. Does the combination of photobiomodulation therapy (PBMT) and static magnetic fields (sMF) can potentiate the effects of strength training and decrease the loss of performance during detraining? A randomized, placebo controlled, and triple-blinded controlled trial.

## **ANEXO I**

- Documento de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.

## ANEXO II – TCLE PARA O ESTUDO I

### TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Nome do Voluntário: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefone para contato: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

**1. Título do Trabalho:** Fototerapia aplicada durante o treinamento e o destreinamento: Efeitos no treinamento de força e treinamento aeróbico.

**2. Objetivo:** Investigar os efeitos da fototerapia, combinação de laser e LED, durante o período de destreinamento na manutenção do ganho adquirido no treinamento de força.

**3. Justificativa:** Este estudo pretende avaliar os efeitos da fototerapia aplicada diretamente no músculo quadríceps previamente as sessões de exercício durante um período de 12 semanas de treinamento muscular e após 04 semanas de destreinamento, visando à manutenção do ganho.

**4. Procedimentos da Fase Experimental:** Serão recrutados 48 voluntários do gênero masculino, com idade entre 18 e 35 anos, entre alunos e funcionários da Universidade Nove de Julho contatados por meio de correio eletrônico, telefone e pessoalmente. Cada voluntário receberá a aplicação da fototerapia ativa ou placebo (dependendo do grupo em que foi alocado) antes dos exercícios. Após o período de 12 semanas de treinamento, os voluntários receberão a aplicação da fototerapia ativa ou placebo (dependendo do grupo em que foi alocado) durante 04 semanas (2 vezes por semana) sem treinamento. Serão avaliadas medidas funcionais de contração voluntária máxima em dinamômetro isocinético, 1 repetição máxima e perimetria dos membros inferiores antes de iniciar o estudo e repetidas após 4, 8 e 12 semanas após o início do treinamento. Também serão avaliadas após 04 semanas sem treinamento. Os exercícios executados serão cadeira extensora e *leg press*

(bilateralmente), e os voluntários deverão comparecer a todas as sessões de treinamento para que não ocorra alteração dos resultados finais.

**5. Tempo Estimado de Cada Etapa:** 1. Visita de triagem – tempo estimado 30 minutos; 2. Avaliação inicial: aproximadamente 40 minutos; 3. Fase de fototerapia e treinamento – aproximadamente 20 minutos por visita; 4. Fase de avaliações (4, 8 e 12 semanas após o início do treinamento) – aproximadamente 40 minutos.

**6. Desconforto ou Riscos Esperados:** Durante a irradiação com o equipamento de fototerapia, o único risco que o voluntário poderá correr é em relação ao tempo de exposição à luz, que pode causar danos a visão. Como medida de precaução a esse risco durante todo o procedimento de aplicação da fototerapia o voluntário será instruído a se manter com os óculos especiais de proteção, escurecidos, que bloqueiam a passagem da luz e são fornecidos pela fabricante do aparelho. O pesquisador que realizará a terapia também usará óculos de proteção. Caso sinta algum tipo de desconforto em relação a aplicação, o voluntário também será orientado para avisar o pesquisador e solicitar a interrupção no mesmo momento, se necessário. O treinamento pode gerar desconforto muscular leve gerado pelo exercício que pode aparecer por volta de 8 horas após o exercício e perdurar de 24 a 72 horas, desaparecendo gradualmente. A Universidade dispõe de um Corpo de Bombeiros que poderá ser acionado em caso de qualquer necessidade.

**7. Benefícios da pesquisa:** Verificar os efeitos da fototerapia, combinando LBP e LEDs, no desempenho dos voluntários no treinamento de força a fim de conhecer se há melhora na performance ou não com os parâmetros utilizados. O voluntário poderá apresentar aumento da massa muscular enquanto estiver participando do estudo e mantido após a finalização dos treinos, entretanto, isso não é garantido.

**8. Métodos Alternativos Existentes:** não se aplica.

**9. Retirada do Consentimento:** A participação é voluntária e este consentimento poderá ser retirado a qualquer tempo, sem nenhum tipo de penalização ao voluntário.

**10. Garantia do Sigilo:** Serão utilizados dados referentes à avaliação e intervenção, bem como imagens (não revelando a identidade do voluntário),

porém, sempre respeitando a confidencialidade das informações geradas e a privacidade do voluntário na pesquisa.

**11. Formas de Ressarcimento das Despesas decorrentes da Participação na Pesquisa:** O voluntário não receberá nenhum tipo de remuneração referente á participação na pesquisa, não estando previstos nenhum tipo de indenização além das previstas por lei.

**12. Local da Pesquisa:** Laboratório de Fototerapia no Esporte e Exercício. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Nove de Julho.

Rua Vergueiro, 235 - Liberdade

São Paulo - SP

Tel. (11) 3385-9222

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

Endereço do Comitê de Ética da Uninove:

Rua. Vergueiro nº 235/249 – 3º subsolo - Liberdade

São Paulo – SP, CEP. 01504-001, Fone: 3385-9197.

[comitedeetica@uninove.br](mailto:comitedeetica@uninove.br)

**15. Pesquisador Responsável:** Prof. Dr. Ernesto Cesar Pinto Leal Junior  
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Nove de Julho.

Rua Vergueiro, 235 - Liberdade

São Paulo - SP

Tel. (11) 3385-9222

Eventuais intercorrências que vierem a surgir no decorrer da pesquisa poderão ser discutidas pelos meios próprios.

**CONSENTIMENTO PÓS-INFORMADO**

Eu, \_\_\_\_\_, portador da  
Carteira de identidade nº. \_\_\_\_\_ expedida  
pelo Órgão \_\_\_\_\_, por me considerar devidamente  
informado (a) e esclarecido (a) sobre o conteúdo deste termo e da  
pesquisa a ser desenvolvida, livremente expresse meu consentimento  
para inclusão, como sujeito da pesquisa.

São Paulo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_\_.

---

Voluntário

---

Prof. Dr. Ernesto Cesar Pinto Leal Junior  
Pesquisador Responsável

## ANEXO III – TCLE PARA O ESTUDO II

### TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Nome do Voluntário: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefone para contato: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

**1. Título do Trabalho:** Fototerapia aplicada durante o treinamento e o destreinamento: Efeitos no treinamento de força e treinamento aeróbico.

**2. Objetivo:** Investigar os efeitos da fototerapia, combinação de laser e LED, durante o período de destreinamento na manutenção do ganho adquirido no treinamento aeróbico.

**3. Justificativa:** Este estudo pretende avaliar os efeitos da fototerapia aplicada durante o destreinamento após um protocolo de treinamento aeróbico, visando a manutenção do ganho.

**4. Procedimentos da Fase Experimental:** Serão recrutados 48 voluntários do gênero masculino, com idade entre 18 e 35 anos, entre alunos e funcionários da Universidade Nove de Julho contatados por meio de correio eletrônico, telefone e pessoalmente. Cada voluntário receberá a aplicação da fototerapia ativa ou placebo (dependendo do grupo em que foi alocado) antes e/ou depois da sessão de exercício aeróbico. Após o período de 12 semanas de treinamento, os voluntários receberão a aplicação da fototerapia ativa ou placebo (dependendo do grupo em que foi alocado) durante 04 semanas (3 vezes por semana) sem treinamento. As avaliações serão realizadas antes do início do protocolo de treinamento e repetidas após 4, 8 e 12 semanas após o início do treinamento. Também serão realizadas após 04 semanas sem treinamento. O protocolo de exercício é composto por 30 minutos em esteira ergométrica e os voluntários deverão comparecer a todas as sessões de treinamento para que não ocorra alteração dos resultados finais.



**5. Tempo Estimado de Cada Etapa:** 1. Visita de triagem – tempo estimado 30 minutos; 2. Avaliação inicial: aproximadamente 40 minutos; 3. Fase de fototerapia e treinamento – aproximadamente 20 minutos por visita; 4. Fase de avaliações (4, 8 e 12 semanas após o início do treinamento) – aproximadamente 40 minutos.

**6. Desconforto ou Riscos Esperados:** Durante a irradiação com o equipamento de fototerapia, o único risco que o voluntário poderá correr é em relação ao tempo de exposição à luz, que pode causar danos a visão. Como medida de precaução a esse risco durante todo o procedimento de aplicação da fototerapia o voluntário será instruído a se manter com os óculos especiais de proteção, escurecidos, que bloqueiam a passagem da luz e são fornecidos pela fabricante do aparelho. O pesquisador que realizará a terapia também usará óculos de proteção. Caso sinta algum tipo de desconforto em relação a aplicação, o voluntário também será orientado para avisar o pesquisador e solicitar a interrupção no mesmo momento, se necessário. O treinamento pode gerar desconforto muscular leve gerado pelo exercício que pode aparecer por volta de 8 horas após o exercício e perdurar de 24 a 72 horas, desaparecendo gradualmente. A Universidade dispõe de um Corpo de Bombeiros que poderá ser acionado em caso de qualquer necessidade.

**7. Benefícios da pesquisa:** Verificar os efeitos da fototerapia, combinando LBP e LEDs, no desempenho dos voluntários no treinamento aeróbico, a fim de conhecer se há melhora na performance ou não com os parâmetros utilizados. O voluntário poderá apresentar melhora da capacidade cardiorrespiratória enquanto estiver participando do estudo que poderá ser mantida após a finalização dos treinos, entretanto, isso não é garantido.

**8. Métodos Alternativos Existentes:** não se aplica.

**9. Retirada do Consentimento:** A participação é voluntária e este consentimento poderá ser retirado a qualquer tempo, sem nenhum tipo de penalização ao voluntário.

**10. Garantia do Sigilo:** Serão utilizados dados referentes à avaliação e intervenção, bem como imagens (não revelando a identidade do voluntário), porém, sempre respeitando a confidencialidade das informações geradas e a privacidade do voluntário na pesquisa.

**11. Formas de Ressarcimento das Despesas decorrentes da Participação na Pesquisa:** O voluntário não receberá nenhum tipo de remuneração referente á participação na pesquisa, não estando previstos nenhum tipo de indenização além das previstas por lei.

**12. Local da Pesquisa:** Laboratório de Fototerapia no Esporte e Exercício. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Nove de Julho.

Rua Vergueiro, 235 - Liberdade

São Paulo - SP

Tel. (11) 3385-9222

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

Endereço do Comitê de Ética da Uninove:

Rua. Vergueiro nº 235/249 – 3º subsolo - Liberdade

São Paulo – SP, CEP. 01504-001, Fone: 3385-9197.

[comitedeetica@uninove.br](mailto:comitedeetica@uninove.br)

**15. Pesquisador Responsável:** Prof. Dr. Ernesto Cesar Pinto Leal  
Junior

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Nove de Julho

Rua Vergueiro, 235 - Liberdade

São Paulo - SP

Tel. (11) 3385-9222

Eventuais intercorrências que vierem a surgir no decorrer da pesquisa poderão ser discutidas pelos meios próprios.

**CONSENTIMENTO PÓS-INFORMADO**

Eu, \_\_\_\_\_, portador da  
Carteira de identidade nº. \_\_\_\_\_ expedida  
pelo Órgão \_\_\_\_\_, por me considerar devidamente  
informado (a) e esclarecido (a) sobre o conteúdo deste termo e da  
pesquisa a ser desenvolvida, livremente expresse meu consentimento  
para inclusão, como sujeito da pesquisa.

São Paulo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_\_.

---

Voluntário

---

Prof. Dr. Ernesto Cesar Pinto Leal Junior  
Pesquisador Responsável