



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

LÚCIO FLÁVIO SOARES CALDEIRA

**EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA ASSOCIADO À  
LEDTERAPIA SOBRE RESPOSTAS ADAPTATIVAS  
MUSCULARES**

---

Londrina  
2016

LÚCIO FLÁVIO SOARES CALDEIRA

**EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA ASSOCIADO À  
LEDTERAPIA SOBRE RESPOSTAS ADAPTATIVAS  
MUSCULARES**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Física Associado UEM-UEL, da Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura.  
Co-orientadora: Profa. Dra. Solange de Paula Ramos.

Londrina  
2016

### **Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

C146e Caldeira, Lúcio Flávio Soares.

Efeito do treinamento de força associado à ledterapia sobre respostas adaptativas musculares / Lúcio Flávio Soares Caldeira. - Londrina, 2016.  
110 f.: il.

Orientador: Fábio Yuzo Nakamura.

Coorientador: Solange de Paula Ramos.

Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esporte, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2016.  
Inclui bibliografia.

1. Hipertrofia - Teses. 2. Força muscular - Teses. 3. Fototerapia - Teses. I. Nakamura, Fábio Yuzo. II. Ramos, Solange de Paula. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esporte. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

CDU 796.091.2

LÚCIO FLÁVIO SOARES CALDEIRA

**EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA ASSOCIADO À  
LEDTERAPIA SOBRE RESPOSTAS ADAPTATIVAS MUSCULARES**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Física Associado UEM-UEL, da Universidade Estadual de Londrina.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Solange de Paula  
Ramos  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Valmor Alberto Augusto Tricoli  
Universidade de São Paulo - USP

---

Prof. Dr. Renato Barroso da Silva  
Universidade Estadual de Campinas -  
UNICAMP

---

Prof. Dr. Emerson José Venâncio  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Andreo Fernando Aguiar  
Universidade Norte do Paraná - UNOPAR

Londrina, 03 de outubro de 2016.

Dedico este trabalho à minha esposa  
Aneliza de Paiva Silva Caldeira e à  
minha filha Marina Paiva Caldeira.

## AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento inicial é direcionado a grande e notável professora Jeane Barcelos Soriano (*in memoriam*), responsável por grande parte dos trabalhos que levaram a aprovação do programa de pós-graduação em educação física UEL/UEM. Mais do que isso, por ter sido uma grande inspiração na minha carreira acadêmica e científica, de maneira ética, correta, porém sem deixar de ser divertida e de ter bom humor. Suas aulas sempre serão lembradas. Entre os alunos, “ela era um p... cara f...”. Para ela, os alunos ou “Alices”, sempre foram o motivo do seu trabalho.

Aos professores Fábio Yuzo Nakamura e Solange de Paula Ramos pela orientação compartilhada neste período de desenvolvimento dessa tese de doutorado e pelos ensinamentos acadêmicos e profissionais.

Aos professores da Escola de Educação Física e Esporte da USP, em especial Valmor Tricoli, Carlos Ugrinowitsch e Hamilton Roschel, pela receptividade e grande auxílio no período em estive como aluno bolsista sanduiche no ano de 2013. E aos alunos Carla Batista, Rodrigo, Natália, Everton, Eduardo, Diego, Leonardo, Úrsula, Kátia e todos do laboratório de força que pude ter o prazer de conhecer e aprender.

Aos amigos Carla Cristiani (Carlinha), Nilo Okuno (Japa), Luiz A Perandini (Lulo), Patrícia Chimin, Vinícius Milanez (Vinição), Ricardo Oliveira (Tijela), Rafael Evangelista Pedro (Oreia), Thiago Pereira, Marcelo Vitor (Marcelinho), Henrique Bortoloti (Severo), Priscila Chieroti (Xerox) e Nicole Pravatto (Nick) pelo companheirismo, auxílio, ensinamentos e principalmente pela alegria.

Aos que em algum momento me auxiliaram durante a execução do projeto de doutorado, como Victor, Thâmara, Lilian, Guilherme, Simone e Wagner, em especial aos alunos Carlos Cazarim e Raissa Fernandes que estiveram mais engajados e envolvidos durante a execução do projeto. Sem vocês nada disso teria acontecido. Aos professores Emerson José Venâncio e Flávia Guarnier que gentilmente cederam espaço e estrutura dos seus respectivos laboratórios para realização das biópsias e das análises moleculares que ainda estão em curso. Meu muito obrigado à todos.

À médica Erika Lopez por aceitar realizar os procedimentos de biópsia muscular realizadas durante o projeto.

Um agradecimento especial à minha mãe Maria da Penha Soares e irmã

Erika Soares Caldeira por fazerem parte da minha vida, desde a minha existência. E ao meu pai Luziário Caldeira (*in memoriam*), pela curta convivência, mas de grandes ensinamentos. E aos familiares de uma forma geral, mas em especial a tia Carminha e o tio Plínio, que foram primordiais em meu crescimento e formação em momentos difíceis da minha vida. Nunca esquecerei o que vocês fizeram por mim.

À minha querida esposa Aneliza de Paiva Silva Caldeira, pelo companheirismo, amor, carinho, e auxílio dedicados nos momentos felizes e nos momentos mais difíceis que precisei durante o curso de doutorado. Serei eternamente grato por sua existência e por fazer parte da minha vida. Minha jornada ficou muito mais interessante quando passou a ser nossa jornada.

À minha filha Marina, que tanto me fez feliz ao nascer e por ter me dado um novo sentido a vida. Depois que você nasceu tudo fez mais sentido.

SOARES-CALDEIRA, Lúcio Flávio. **Efeito do treinamento de força associado à ledterapia sobre respostas adaptativas musculares**. 2016. 110 f. Tese (Doutorado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

## RESUMO

A fototerapia pela a irradiação de luz de baixa potência sobre os tecidos, tem como objetivo de diminuir as repostas inflamatórias, estimular o reparo tecidual e síntese proteica. Neste sentido, a fototerapia poderia diminuir do dano muscular induzido pelo exercício e estimular o reparo e adaptação muscular. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da fototerapia empregando diodo emissor de luz (LED – *light emitting-diode*) como método de recuperação (LEDterapia) após sessões de treinamento de força (TF) sobre a força muscular e hipertrofia. Após primeira sessão de TF amostras de sangue foram coletadas nos momentos pré, imediatamente, 24h e 48h após para avaliação dos níveis circulantes de creatina quinase (CK), interleucina 6 (IL-6) e fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ). Também foi avaliada a dor muscular de início tardio (DMIT) nos momentos pré, imediatamente, 24h, 48h e 72h após. Para avaliação do efeito crônico da LEDterapia aplicada após sessões de TF, a força muscular dinâmica foi testada nos momentos pré e após 4, 7 e 10 semanas de TF em testes de uma repetição máxima (1RM) nos exercícios de cadeira extensora e *leg-press*. O pico de torque pela contração voluntária isométrica máxima (CVIM) e área de secção transversa muscular (ASTM) por ultrassonografia foram avaliados nos momentos pré e pós treinamento. Vinte e três homens foram divididos em três grupos: grupo controle (GC, n=7), grupo TF e placebo (GTP, n=8) e grupo TF tratado com LEDterapia (GTL, n=8). O TF foi realizado durante 10 semanas, duas sessões semanais a 70% de 1RM (4 séries de 10 repetições) em quatro semanas, 80% de 1RM (5 séries de 10 repetições) e 85% de 1RM (4 séries de 8 repetições), por três semanas, respectivamente. Os testes de 1RM e CVIM e de ultrassom para ASTM foram realizadas nos momentos pré e pós treinamento. Os níveis circulantes de CK aumentaram após 24 e 48 horas, com um tamanho do efeito (TE) grande (0,95) e uma diferença provável (2/5/93) no GTP em relação a GTL. A diminuição da DMIT apresentou uma provável diferença (5/2/93) com um TE grande (0,82) para o grupo GTL 24h após. Para TNF- $\alpha$ , o TE demonstrou ser grande (1,08) com diferença muito provável (94/5/1) indicando diminuição para GTP com elevação no grupo GTL a 48h após. Não foram observadas diferenças para IL6. Um efeito do tempo para 1RM (kg), ASTM e CVIM após 10 semanas de TF ( $P<0,05$ ) em ambos o grupos, mas sem efeito intergrupos. Mas, foi observado um maior ganho percentual de 1RM no *leg-press* (TE grande: -0,89 e provável diferença: 3/5/91) após 10 semanas de TF. A ASTM aumentou do pré para o pós treinamento ( $P<0,05$ ) nos grupos GTP e GTL para os músculos vasto lateral (ASTM<sub>VL</sub>: 15,7 e 13,8%) e reto femoral (ASTM<sub>RF</sub>: 13,4 e 16,7%), respectivamente, mas nenhum efeito entre esses grupos. A LEDterapia atenuou os índices de CK e DMIT após sessão de TF, mas sem efeito benéfico sobre TNF- $\alpha$ . Além disso, os resultados do presente estudo demonstram não haver efeito da LEDterapia com o TF sobre o ganho de força muscular e hipertrofia. De forma contrária ao esperado, a LEDterapia atenuou o ganho de força dinâmica no exercício *leg-press* após 10 semanas de treinamento.

**Palavras-chave:** Fototerapia. Treinamento de força. Hipertrofia e força muscular. Dano muscular e inflamação.

SOARES-CALDEIRA, Lúcio Flávio. **Effects of strenght training related to ledtherapy on muscular adaptatives responses**. 2016. 110 p. Thesis (Doctoral Degree in physical education) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

## ABSTRACT

Phototherapy that uses low power light irradiation on tissues it aims to reduce inflammatory responses, and stimulate tissue repair and protein synthesis. In this sense, phototherapy could decrease muscle damage induced by exercise and stimulate muscle repair and adaptation. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of phototherapy using light emitting diode (LED - light emitting-diode) as a recovery method (LEDtherapy) after strength training sessions (ST) on muscular strength and hypertrophy. Blood samples were collected at the following moments; pre, and immediately, 24h, and 48h after the first session of ST, for evaluation of circulating levels of creatine kinase (CK), interleukin 6 (IL-6), and tumor necrosis factor alpha (TNF- $\alpha$ ). Delayed onset muscle soreness (DOMS) was also evaluated pre, and immediately, 24h, 48hs and 72h after the training sessions. To evaluate the chronic effects of LEDtherapy applied after the ST sessions, dynamic muscular strength was tested pre and 4, 7, and 10 weeks after ST, in tests of one repetition maximum (1RM) in leg extension and leg-press exercises. The peak torque for maximum voluntary isometric contraction (MVIC) and muscle cross-sectional area (CSA) by ultrasonography were evaluated in the pre and post training moments. Twenty-three men were divided into three groups: control group (CG, n = 7), ST and placebo group (GTP, n = 8) and ST treated with LEDtherapy group (GTL, n = 8). The ST was performed for 10 weeks, two sessions per week at 70% of 1RM (4 sets of 10 repetitions) for four weeks, and 80% of 1RM (5 sets of 10 repetitions) and 85% of 1RM (4 sets of 8 repetitions) for three weeks, respectively. The 1RM and MVIC tests and ultrasound for CSA were performed in the pre and post training moments. The circulating levels of CK increased after 24 and 48 hours, with a large (0.82) effect size (ES) and a probably difference (2/5/93) in the GTP in comparison to GTL. The decrease in DOMS presented a probably difference (5/2/93) with a large ES for the GTL group after 24 hours. For TNF- $\alpha$ , the ES was large (1.08) with a very likely difference (94/5/1), indicating a decrease in the GTP with an increase in the GTL group after 48 hours. There were not differences observed for IL6. Time effect was observed for 1RM (kg), CSA and MVIC after 10 weeks of ST ( $P < 0.05$ ) in both groups, however no intergroup effect. A higher percentage increase of 1RM in the leg press (ES: -0.89 and probably difference: 03/05/91) was observed after 10 weeks of ST. The CSA increased from pre to post training in the GTP and GTL groups ( $P < 0.05$ ) for the vastus lateralis ( $CSA_{VL}$ : 15,7 and 13,8%) and rectus femoris ( $CSA_{RF}$ : 13,4 and 16,7%), respectively but no effect between these groups was noted. The LEDtherapy attenuated the levels of CK and DOMS following the ST session, but without beneficial effects on TNF- $\alpha$ . In addition, the results of this study demonstrated no effects of LEDtherapy with ST on the gain of muscular strength or hypertrophy. In contrast to expectations, LEDtherapy attenuated the gain in dynamic muscle strength in the leg-press exercise after 10 weeks of training.

**Keywords:** Phototherapy. Strength training. Hypertrophy and muscle strength. Muscle damage and inflammation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Vias de regulação e sinalização de síntese/degradação de proteínas relacionada a adaptação muscular em decorrência ao treinamento de força.....29
- Figura 2** – Fluxograma do estudo.....39
- Figura 3** – Imagens de um voluntário que demonstra o posicionamento do corpo nos equipamentos cadeira extensora e leg-press, e os ângulos de flexão (90°) e extensão (180°) do joelho no teste de 1RM.....46
- Figura 4** – Pontos de aplicação de LEDterapia ou placebo .....56
- Figura 5** – Média, desvio-padrão, estimativas do tamanho do efeito (TE) com intervalo de confiança de 95% do TE e inferência baseada magnitudes [efeito positivo (+) / sem mudança (SM) / negativo (-)] da dor muscular pela escala de visualização analógica dos grupos GTL e GTP .....64
- Figura 6** – Resultado (média e desvio-padrão) dos testes de 1RM nos exercícios cadeira extensora e leg-press nos momentos pré-treinamento, após 4, 7 e 10 semanas de TF. As áreas demarcadas em cinza claro (GTL) e escuro (GTP) denotam os limiares da mínima mudança detectável (MMD) calculado pelo princípio de Cohen sobre os efeitos dentro do grupo.....67
- Figura 7** – Resultado (média e desvio-padrão) do delta percentual ( $\Delta\%$ ) dos testes de 1RM nos exercícios cadeira extensora e leg-press nos momentos após 4, 7 e 10 semanas em relação com momento pré-treinamento. Estimativas do tamanho do efeito (TE) de Cohen (intervalo de confiança em 95%) e inferência baseada em magnitudes sobre o efeito positivo (+) / sem mudança (SM) / negativo (-), sobre delta percentual ( $\Delta\%$ ) dos testes de 1RM nos exercícios cadeira extensora e leg-press nos momentos após 4, 7 e 10 semanas em relação com momento pré-treinamento.....69
- Figura 8** – Resultado (média e desvio-padrão) das cargas absolutas de treinamento (painéis superior e inferior a esquerda) e volume total

de treinamento (painéis superior e inferior a direita) nos exercícios cadeira extensora e leg-press nos blocos de treinamento equivalentes a 70, 80 e 85 % de 1RM. As áreas demarcadas em cinza claro (GTP) e escuro (GTP) denotam os limiares da mínima mudança detectável (MMD) calculado pelo princípio de Cohen sobre os efeitos dentro do grupo .....75

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Parâmetros do equipamento para a aplicação da LEDterapia .....54
- Tabela 2** – Média e desvio padrão das variáveis séricas de creatina quinase (CK) com ajuste em logarítmico na base 10 ( $\log_{10}$ ), interleucina 6 (IL-6) e fator de necrose tumoral alfa ( $\text{TNF-}\alpha$ ) dos grupos GTL e GTP. Estimativas do tamanho do efeito (TE) de Cohen (para comparações não pareadas), intervalo de confiança em 95% (IC 95%) referente ao TE com magnitude do efeito e inferência baseada em magnitudes [efeito positivo (+) / sem mudança (SM) / negativo (-)] também são apresentadas .....63
- Tabela 3** – Comparações pré e pós treinamento sobre a força muscular no pico de torque isométrico, área de secção transversa dos músculos reto femoral (ASTMRF) e vasto lateral (ASTMVL) em valores absolutos e sobre delta percentual de variação pré- e pós treinamento ( $\Delta\%$ ) expressos em média e desvio padrão .....72

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1RM	Teste de força dinâmica de uma repetição máxima
4E-BP1	Eukaryotic translation initiation factor 4E-binding
Akt	Proteína quinase b
AMPc	Adenosina monofosfato cíclico
AMPK	5' adenosine monophosphate-activated protein kinase
ASTM	Área de secção transversa muscular
ASTMRF	Área de secção transversa muscular do músculo reto femoral
ASTMVL	Área de secção transversa muscular do músculo vasto lateral
ATP	Adenosina trifosfato
CcO	Citocromo c oxidase
CK	Creatina quinase
CVIM	Contração voluntária isométrica máxima
DMIE	Dano muscular induzido por exercício
DMIT	Dor muscular de início tardio
eIF4B	Eukaryotic translation initiation factor 4B
eIF4E	Eukaryotic translation initiation factor 4E
ERK	Extracellular signal-regulated kinase
FoxO1	Forkhead box O1
GH	Hormônio do crescimento
GSK3	Glycogen synthase kinase 3
IGF-1	Insulin like growth factor 1
IL	Interleucinas
IL-1	Interleucina 1
IL-6	Interleucina 6
J	Joules
LASER	Light amplification by stimulated emission of radiation
LED	Light emitting diodes ou diodos emissores de luz
LEDterapia	Terapia com diodos emissores de luz
LLLT	Low-level laser therapy
MAPK	Mitogen-activated protein kinases
MGF	Mechano growth factor

mTOR	Mammalian target of rapamycin
mW	Miliwatts
NFκ-B	Nuclear transcription factor kappa B
nm	Nanômetros
P70S6K	Proteína quinase S6
PCR	Proteína C reativa
PDK1	proteína dependente de fosfoinosítídeos 1
PI3K	Fosfatidil-inositol 3-quinase
redox	Óxido-redução
RM	Repetições máximas
TF	Treinamento de força muscular
TNF-α	Fator de necrose tumoral alfa
TSC2	Tuberous sclerosis complex 2
USG	Ultrassonografia
VEGF	Fator de crescimento endotelial vascular
VT	Volume total

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	19
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	19
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	21
3.1.	DANO MUSCULAR INDUZIDO POR EXERCÍCIO E INFLAMAÇÃO.....	21
3.2.	TREINAMENTO DE FORÇA MUSCULAR.....	24
3.2.1.	<i>Adaptações moleculares na via PI3K/Akt/mTOR/P70S6K ao treinamento de força muscular</i> .....	27
3.3.	FOTOTERAPIA .....	31
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	37
4.1.	SUJEITOS .....	37
4.2.	DESENHO EXPERIMENTAL .....	37
4.3.	ALEATORIZAÇÃO E MASCARAMENTO.....	41
4.4.	TESTE DE FORÇA MUSCULAR DINÂMICA MÁXIMA .....	42
4.5.	TESTE DE FORÇA MUSCULAR ISOMÉTRICA MÁXIMA.....	47
4.6.	ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSA MUSCULAR POR ULTRASSONOGRAFIA.....	48
4.7.	TREINAMENTO DE FORÇA MUSCULAR (TF) .....	49
4.7.1.	<i>Avaliação da carga de treinamento</i> .....	51
4.7.2.	<i>Avaliação aguda da sessão de treinamento de força</i> .....	51
4.8.	LEDTERAPIA.....	54
4.9.	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	57
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	60
5.1.	ANÁLISES PRÉ-TREINAMENTO .....	60
5.1.1.	<i>Comparações entre grupos na condição pré-treinamento</i> .....	60
5.2.	EFEITO DA LEDTERAPIA SOBRE MARCADORES INDIRETOS DE DANO MUSCULAR AO TREINAMENTO DE FORÇA .....	61

5.3.	EFEITO DA LEDTERAPIA ASSOCIADO AO TREINAMENTO DE FORÇA .....	65
5.3.1.	<i>Efeito da LEDterapia sobre os ganhos de força muscular dinâmica (1RM).....</i>	<i>65</i>
5.3.2.	<i>Efeito da LEDterapia sobre os ganhos de força muscular em pico de torque isométrico e área de secção transversa .....</i>	<i>70</i>
5.3.3.	<i>Cargas de treinamento e volume total .....</i>	<i>73</i>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>76</b>
6.1.	EFEITO DA LEDTERAPIA SOBRE INDICADORES DE DANO MUSCULAR APÓS SESSÃO DE TREINAMENTO DE FORÇA.....	77
6.2.	EFEITO DA LEDTERAPIA ASSOCIADA AO TREINAMENTO DE FORÇA SOBRE AS RESPOSTAS ADAPTATIVAS MUSCULARES.....	82
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>89</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>90</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>104</b>
	ANEXO A – Termo de Consentimento Livre Esclarecido .....	105
	ANEXO B – Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos .....	108

## 1 INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF) muscular envolve a realização de sessões de exercícios resistidos, por meio de ações musculares concêntricas, excêntricas e/ou isométricas e que exigem grandes demandas metabólicas e neuromusculares (Oken *et al.*, 2004; ACSM, 2009). O TF em adultos saudáveis resulta em adaptações musculares positivas, que se destacam pelos ganhos musculares hipertróficos, indicados pelo aumento da área de secção transversa muscular (ASTM) e de força muscular dinâmica, frequentemente avaliada por testes de uma repetição máxima (1RM) (Staron *et al.*, 1991; Staron *et al.*, 1994; Kraemer *et al.*, 2004).

As adaptações musculares hipertróficas e de força em decorrência ao TF tem sido associadas aos mecanismos de transcrição e ativação de vias de sinalização intracelular, e resultam na maior síntese de proteínas musculares (SPM) contráteis e do citoesqueleto (Bodine, 2006; Coffey e Hawley, 2007; Damas, Phillips, *et al.*, 2016). As altas demandas impostas pelo TF sobre as fibras musculares parecem estar relacionada à ativação de sinalização da via fosfatidil-inositol 3-quinase (PI3K), proteína quinase B (Akt) e *mammalian target of rapamycin* (mTOR), resultando em aumento da SPM (Kubica *et al.*, 2005; Bodine, 2006). A ativação da via PI3K/Akt/mTOR perdura por algumas horas após uma sessão TF, e parece estar mais envolvida com a síntese de proteínas, do que a regulação das vias de degradação (Phillips *et al.*, 1997; Tidball, 2005; Dreyer *et al.*, 2006; Terzis *et al.*, 2008; Wilkinson *et al.*, 2008). Assim, um efeito cumulativo sobre a SPM após as sessões no TF explicaria em parte, os ganhos hipertróficos e de força (Dreyer *et al.*, 2006; Terzis *et al.*, 2008). No entanto, o estímulo das vias de sinalização celular

requer a aplicação de cargas sobre o músculo estriado esquelético, o que pode provocar sinais e sintomas locais e sistêmicos de um processo inflamatório. O estresse mecânico e metabólico sobre o tecido muscular pode provocar dano muscular induzido por exercício (DMIE), reduzindo o desempenho temporariamente e provocando um processo inflamatório com pico ente 24 e 72 horas após o exercício (Clarkson e Tremblay, 1988; Clarkson e Hubal, 2002; Hirose *et al.*, 2004; Peake, Nosaka e Suzuki, 2005; Meneghel *et al.*, 2014; Margaritelis *et al.*, 2015)

Com o objetivo de auxiliar o processo de recuperação e promover efeitos positivos, tem sido estudados diversos métodos após exercícios intensos, como o uso de estratégias nutricionais ou farmacológicas, recuperação ativa, crioterapia ou crio-imersão, após exercícios físicos intensos (Howatson e van Someren, 2008; Leeder *et al.*, 2012). Mais recentemente, tem se destacado os estudos que utilizam a fototerapia por fontes artificiais de luz emitidas por diodos semicondutores do tipo laser (*Light amplification by stimulated emission of radiation*) de baixa intensidade (*low-level laser therapy*, LLLT) ou por diodos emissores de luz (*light emitting diodes*, LED) após esforços intensos (Leal Junior *et al.*, 2011; Ferraresi, Hamblin e Parizotto, 2012; Borsa, Larkin e True, 2013; Antonialli *et al.*, 2014; Felismino *et al.*, 2014; Ferraresi *et al.*, 2015b). A literatura tem demonstrado que a fototerapia pode promover redução dos mediadores inflamatórios da dor e dos indicadores indiretos de DMIE, além de promover maior reparo tecidual (Leal Junior *et al.*, 2008; Leal Junior, Lopes-Martins, Baroni, *et al.*, 2009; Leal Junior, Lopes-Martins, Rossi, *et al.*, 2009; Leal Junior, Lopes-Martins, Vanin, *et al.*, 2009; Baroni, Leal Junior, De Marchi, *et al.*, 2010; Leal Junior *et al.*, 2010; de Almeida *et al.*, 2011; Alves *et al.*, 2013; Antonialli *et al.*, 2014). Em grande parte, esses efeitos estão associados a fotobiomodulação sobre a produção de ATP intracelular, fornecendo

energia e equilíbrio bioenergético à célula (Karu, 1999; Karu e Kolyakov, 2005). Estes efeitos potencialmente podem limitar o desenvolvimento DMIE.

Além de ser um método de fácil aplicação, baixo custo e sem grandes desconfortos para o indivíduo, a fototerapia oferece outras possibilidades para seu uso, tanto como método de recuperação quanto a finalidade de melhorar o desempenho físico (Leal-Junior, 2015). No entanto, vieses metodológicos limitam a qualidade da evidência científica a respeito da utilização da fototerapia como método de recuperação (Borsa, Larkin e True, 2013; Nampo *et al.*, 2015)

Estudos experimentais e *in vitro* demonstraram que fototerapia também pode promover a ativação de vias de sinalização da mTOR (Sperandio *et al.*, 2013; Pellicoli *et al.*, 2014; Kushibiki *et al.*, 2015), a síntese de fatores de crescimento insulínico (IGF-1) (Corazza *et al.*, 2013; Luo *et al.*, 2013), e aumento da síntese proteica da cadeia pesada de miosina (Macedo *et al.*, 2015), o que poderia acelerar o processo de adaptação ao exercício, sobretudo se for intenso. Um efeito cumulativo da fototerapia associada com o TF para membros inferiores parece proporcionar maiores ganhos de ASTM (Patrocínio *et al.*, 2013; Baroni *et al.*, 2015; Ferraresi *et al.*, 2016b) e de força muscular (Ferraresi *et al.*, 2011). Uma maior ativação das vias de sinalização (com ênfase na mTOR), maior capacidade de reparo relacionados aos fatores de crescimento com ação miogênica e redução da resposta inflamatória tem sido os principais mecanismos que possivelmente seriam acionados com o TF associado a fototerapia. (Ferraresi, Hamblin e Parizotto, 2012; Ferraresi *et al.*, 2016b).

Embora resultados positivos tenham sido encontrados pelos estudos citados anteriormente (Ferraresi *et al.*, 2011; Baroni *et al.*, 2015; Ferraresi *et al.*, 2016b), com indicado por um aumento na força dinâmica de 56% no grupo TF com

LEDterapia contra 26% no grupo TF com placebo (Ferraresi *et al.*, 2011), informações de grande importância na condução deste tipo de estudo, como valores quanto às cargas externas (carga absoluta e volume total realizado) no decorrer do treinamento, não foram ainda investigadas. Assim, se os efeitos positivos do TF associado à fototerapia realmente existirem, na magnitude que são apresentadas (Ferraresi *et al.*, 2011; Ferraresi *et al.*, 2016b), uma maior resposta sobre o ganho de força muscular dinâmica, e conseqüentemente nas cargas de treinamento absolutas, possivelmente se mostrariam a favor indivíduos que realizam o TF com a fototerapia. Outra questão a ser levantada é o desconhecimento do efeito da fototerapia sobre uma sessão aguda de TF realizada, e se as cargas realizadas nos estudos citados anteriormente induzem em uma resposta considerável ao DMIE. Isso é particularmente importante, pois as adaptações adicionais causadas pela fototerapia poderiam ser indicadas pelo efeito agudo sobre as respostas indiretas ao DMIE, como dor muscular de início tardia (DMIT), níveis séricos de CK e por marcadores bioquímicos da resposta inflamatória (como citocinas pró e anti-inflamatórias). Neste caso, investigar esses possíveis efeitos podem fornecer indicadores se a modulação do DMIE e da resposta inflamatória podem apresentar certa relação com os efeitos crônicos esperados com o TF administrado de forma conjunta com fototerapia.

## 1 OBJETIVOS

### 1.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente estudo foi investigar os efeitos crônicos da fototerapia utilizando Diodos Emissores de Luz (LED) associada ao treinamento de força por 10 semanas sobre os ganhos de força muscular dinâmica, força isométrica e ASTM dos músculos vasto lateral e reto femoral em adultos jovens não treinados. Além disso, outro objetivo foi investigar os possíveis efeitos da fototerapia por LED após a primeira sessão de treinamento de força (efeito agudo) sobre os marcadores indiretos de dano muscular induzido por exercício e das respostas inflamatórias.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar as respostas inflamatórias (IL-6 e TNF- $\alpha$ ) e os níveis de creatina quinase sérica após primeira sessão de treinamento a 70% de 1RM nos exercícios cadeira extensora e *leg-press*, no treinamento de força com LEDterapia e treinamento de força com placebo, no pré treino, imediatamente após treino mais LEDterapia ou placebo, 24h e 48h após treino.

Comparar a dor muscular de início tardio após a primeira sessão de treinamento a 70% de 1RM nos exercícios cadeira extensora e *leg-press*, no treinamento de força com LEDterapia e com placebo, no pré treino, imediatamente após treino mais LEDterapia ou placebo, 24h, 48h e 72h após treino.

Comparar a força muscular dinâmica (1RM nos exercícios cadeira extensora e *leg-press*) no treinamento de força com LEDterapia e com placebo no pré-treinamento, após 4 semanas (70% 1RM), 7 semanas (80% 1RM) e 10 semanas (85% 1RM) de treinamento.

Verificar o efeito do treinamento de força associado a LEDterapia ao comparar os momentos pré e pós treinamento de força, para força muscular dinâmica (1RM nos exercícios cadeira extensora e *leg-press*), pico de torque isométrico em de extensão de joelho, área de secção transversa muscular (músculos reto femoral e vasto lateral), nos indivíduos dos grupos: treinamento de força com LEDterapia, treinamento de força com placebo e grupo controle.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. DANO MUSCULAR INDUZIDO POR EXERCÍCIO E INFLAMAÇÃO

O DMIE é frequentemente observado após exercícios intensos com ações excêntricas (Chen *et al.*, 2009), ou esforços com alto volume de sobrecarga excêntrica, como em corrida de *downhill* (Eston, Mickleborough e Baltzopoulos, 1995; Assumpcao Cde *et al.*, 2013), atividades esportivas competitivas (Ascensao *et al.*, 2008) e no treinamento de força/resistido (Gibala *et al.*, 1995; Nosaka *et al.*, 2003; Meneghel *et al.*, 2014; Damas, Phillips, *et al.*, 2016).

Diferentes mecanismos parecem estar relacionados ao DMIE, que inicialmente, causa uma desorganização estrutural em nível celular pelo rompimento de filamentos contráteis (Gibala *et al.*, 1995). Durante as contrações concêntricas e, especialmente, excêntricas vigorosas ou contínuas, as pontes de actina e miosina e as linhas Z nos sarcômeros do músculo estriado esquelético sofrem rupturas (Crameri *et al.*, 2007; Paulsen *et al.*, 2010). O estresse mecânico produzido sobre o citoesqueleto celular inicia uma resposta inflamatória aguda, local e sistêmica, caracterizada por níveis séricos aumentados de interleucina-6 (IL-6), interleucina-1 (IL-1), fator de necrose tumoral-alfa (TNF- $\alpha$ ), bradicina, proteína C reativa e quimiotaxia de leucócitos (Tidball, 2005; Gokhale, Chandrashekara e Vasanthakumar, 2007; Nielsen e Pedersen, 2007; Murase *et al.*, 2010). A inflamação muscular pode provocar lesão adicional ao músculo e atrasar o processo de recuperação devido ao aumento do estresse oxidativo e liberação de enzimas hidrolíticas por neutrófilos e macrófagos infiltrantes (Uchiyama *et al.*, 2006; Neubauer *et al.*, 2008). A lesão celular provoca a perda da regulação de cálcio intracelular, queda da capacidade de excitação-contração, aumento na permeabilidade de

membrana indicada por aumento da concentração de proteínas musculares no sangue (ex.: CK, LDH e mioglobina), desenvolvimento da resposta inflamatória (ex.: infiltração de neutrófilos, macrófagos, liberação de citocinas pró- e anti-inflamatórias) (Armstrong, Warren e Warren, 1991; McHugh *et al.*, 1999; Nosaka *et al.*, 2003; Uchiyama *et al.*, 2006; Chen *et al.*, 2009; Paulsen *et al.*, 2010).

O padrão-ouro para avaliar o DMIE de forma direta é possível por meio de procedimentos de biópsia muscular, ou por ressonância magnética de imagem (Clarkson e Hubal, 2002). Porém, grande parte dos estudos ao avaliar o grau de DMIE, utiliza um conjunto de marcadores indiretos, que incluem a avaliação de marcadores bioquímicos inflamatórios e de desorganização/permeabilidade da membrana celular, sintomas de dor, sinais de edema e aumento da temperatura, além da redução de desempenho muscular (Pyne, 1994; Clarkson e Hubal, 2002; Chen *et al.*, 2009; Chan, Newton e Nosaka, 2012; Damas, Nosaka, *et al.*, 2016).

Após a ocorrência do DMIE por exercício excêntrico ou em uma sessão de TF, um aumento agudo na resposta inflamatória pode ocorrer (Hirose *et al.*, 2004; Calle e Fernandez, 2010). A inflamação aguda (indicada pela elevação de citocinas pró-inflamatórias como TNF- $\alpha$ , IL-8 e IL-1 $\beta$ ) pode recrutar fagócitos responsáveis pela remoção de células necróticas e matriz extracelular danificada, porém estender a lesão por infiltração de neutrófilos (Neubauer *et al.*, 2008). A infiltração de células inflamatórias requer o aumento da permeabilidade vascular, extravasamento de plasma para o tecido (provocando edema) e provoca a liberação de mediadores algícos (bradicinas) e aumento da temperatura (Hirose *et al.*, 2004; Peake, Nosaka e Suzuki, 2005; Tidball, 2005).

Em resposta a agressão tecidual, são expressos mediadores anti-inflamatórios (ex: liberação de citocinas IL-1R, IL-10) limitando o recrutamento de

neutrófilos e macrófagos ativados e estimulando a resposta adaptativa para reparo do tecido (McLennan, 1996; Calle e Fernandez, 2010; Tidball e Villalta, 2010; Chazaud, 2016). Adicionalmente, uma elevação da IL-6 relacionada à contração muscular (Bruunsgaard *et al.*, 1997), parece ter duas importantes funções: estimular a resposta hipertrófica pela mobilização de células satélites e de fatores miogênicos no músculo (Serrano *et al.*, 2008), além de inibir as vias de sinalização pró-inflamatórias (Calle e Fernandez, 2010).

O estresse mecânico promovido pelo exercício sobre a célula muscular parece desencadear as vias de sinalização mTOR, no entanto, pode promover DMIE por lesão direta do citoesqueleto, estresse metabólico e pelo desenvolvimento de uma resposta inflamatória local. Contudo, os ganhos hipertróficos são observados na ausência do DMIE (Flann *et al.*, 2011), na qual o grau de estresse mecânico exerce a função mais importante (Nosaka *et al.*, 2003). Além disso, recentes achados direcionam que a hipertrofia miofibrilar se mostra mais importante após a diminuição do DMIE com o TF (>3 semanas) (Damas, Phillips, *et al.*, 2016). Estes resultados sugerem que o DMIE poderia ser limitado, sem prejuízos ao processo de adaptação muscular.

A magnitude do DMIE está relacionada ao tipo de ação muscular envolvida. Exercícios de contrações excêntricas causam mais sintomas de DMIE do que contrações concêntricas ou isométricas (Armstrong, Warren e Warren, 1991; Margaritelis *et al.*, 2015). Outro fator interessante, é que parece existir um grau (baixo, moderado e alto) de suscetibilidade individual à exposição ao exercício que induz o DMIE (Paulsen *et al.*, 2010; Damas, Nosaka, *et al.*, 2016).

Schoenfeld (2012) tem sugerido que há um limiar de DMIE para favorecer os ganhos hipertróficos. Esse limiar de DMIE estaria relacionado a certo

equilíbrio favorável das respostas pró-inflamatórias e anti-inflamatórias, que sinalizam o reparo e mobilização de células satélites, além de uma ativação nas vias de sinalização (relacionadas ao IGF1 e fosforilação de Akt/mTOR/P70S6K) que estimularia em parte o ganho hipertrófico (Schoenfeld, 2012). Contudo, ainda a literatura não tem total definição se o DMIE exerce um papel importante no processo de adaptação ao TF, no que diz respeito sobre os ganhos hipertróficos e de força muscular.

## 2.2. TREINAMENTO DE FORÇA MUSCULAR

O TF muscular é muito utilizado entre diversas populações para promover ganhos substanciais na força muscular, com impacto positivo sobre a saúde ou sobre o desempenho físico entre atletas de diversas modalidades esportivas (ACSM, 2009). De forma geral, as sessões de TF são realizadas por ações musculares concêntricas, excêntricas ou isométricas. A realização de um programa de TF induz adaptações funcionais, morfológicas e moleculares promovendo o ganho de força muscular e aumento da massa muscular por hipertrofia, após um período de treinamento (Sale, 1988; Staron *et al.*, 1990; Staron *et al.*, 1991; Kraemer, Fleck e Evans, 1996; Kraemer *et al.*, 2004). Para promover o aumento da força e hipertrofia muscular, o TF deve provocar vários estímulos durante o treinamento, que por sua vez deve ser de forma estruturada e organizada (Oken *et al.*, 2004).

Vários são os fatores envolvidos na elaboração e organização de um programa de TF. Dentre os principais, devem ser considerados a especificidade, carga, característica da sobrecarga, intensidade, volume total realizado e frequência

de treinamento (ACSM, 2009; Kraemer e Fleck, 2009). As variações destes fatores, nas diferentes etapas do TF com relação aos ganhos de força e hipertrofia muscular, são importantes e caracterizam uma forma de progressão (STONE *et al.*, 2000; Rhea *et al.*, 2002). Para isso, nas sessões de TF alguns aspectos são importantes e devem ser controlados. A manipulação na escolha e sequência dos exercícios, o volume de treinamento pela carga, número de séries e repetições, a intensidade do treinamento e a duração dos intervalos devem ser considerados (Kraemer e Fleck, 2009). Esses aspectos podem promover diferentes estímulos, principalmente sobre a característica de sobrecarga, como o estresse mecânico, metabólico e humoral que repercutem, por exemplo, em ganhos de hipertrofia (Schoenfeld, 2010).

A carga elevada imposta, sobretudo quando realizada por contrações excêntricas, parece induzir um estresse mecânico importante e exerce grande papel em ganhos hipertróficos, que estão relacionados ao treinamento de carga negativa, ou excêntrica (Nosaka *et al.*, 2003). Os estímulos metabólicos no TF exigem grandes demandas energéticas pela via anaeróbia glicolítica para fornecimento de ATP, causando aumento das concentrações de íons de hidrogênio, lactato, fosfato inorgânico o que causa redução do pH muscular. As principais estratégias de estímulo metabólico são por métodos pré-exaustão, repetições até a falha muscular e treinamento em hipóxia por restrição de fluxo sanguíneo (Schoenfeld, 2010; Heitkamp, 2015). O estímulo humoral, em grande parte parece estar relacionado à resposta inflamatória provocada pelo TF por estimular as vias de reparo tecidual (Peake, Nosaka e Suzuki, 2005; Schoenfeld, 2010). A literatura não tem assumido qual dos estímulos ou característica de sobrecarga representa maior impacto sobre os aspectos hipertróficos, porém os diferentes estímulos estariam relacionados com as vias de sinalização para síntese de proteínas e mecanismos de

reparo e mobilização de células satélites (Coffey e Hawley, 2007; Serrano *et al.*, 2008; ACSM, 2009; Schoenfeld, 2010; Zanchi *et al.*, 2010; Roschel *et al.*, 2011; Mitchell *et al.*, 2012; Schoenfeld, 2012; Gonzalez *et al.*, 2016).

Os estímulos supracitados devem se repetir no TF. Assim a frequência de treinamento pode ser determinante com relação às adaptações positivas no TF. A frequência mínima de duas sessões por semana alternadas parece ser suficiente para promover ganhos na força muscular em indivíduos iniciantes, e se mostra similar quando comparado a três dias por semana (Oken *et al.*, 2004). Mas a frequência de três ou mais sessões alternadas por semana se mostra superior com relação aos ganhos de força muscular, sobretudo em indivíduos com maior grau de treinamento (Oken *et al.*, 2004; ACSM, 2009).

Desta forma, a realização de um programa de TF parece promover ganhos na capacidade de produção de força e hipertrofia muscular. O aumento da força muscular apresenta grande relação com aumento da ASTM com o TF (Staron *et al.*, 1994). Os efeitos do TF sobre os aspectos celulares são observados com um maior impacto em fibras musculares do tipo II (de característica anaeróbia), promovido por uma maior sinalização das vias de síntese de proteínas (Staron *et al.*, 1991). Desta forma, o TF parece estimular os mecanismos miogênicos de reparação e construção celular (Schoenfeld, 2012), já indicado por uma maior expressão das vias de sinalização que causam ao aumento da massa muscular e de força (Terzis *et al.*, 2008; Mitchell *et al.*, 2012; Schoenfeld, 2012). A resposta hipertrófica e de aumento de força com o TF parece ocorrer por uma maior expressão de IGF-1 que desencadeia na ativação da via de sinalização pela PI3K/Akt/mTOR/P70S6K (Bodine, 2006; Coffey e Hawley, 2007). Desta forma, o TF exerce papel fundamental

ao ativar vias de sinalização, que parecem estar relacionados parcialmente com os ganhos de força e hipertrofia muscular.

### 2.2.1. Adaptações moleculares na via PI3K/Akt/mTOR/P70S6K ao treinamento de força muscular

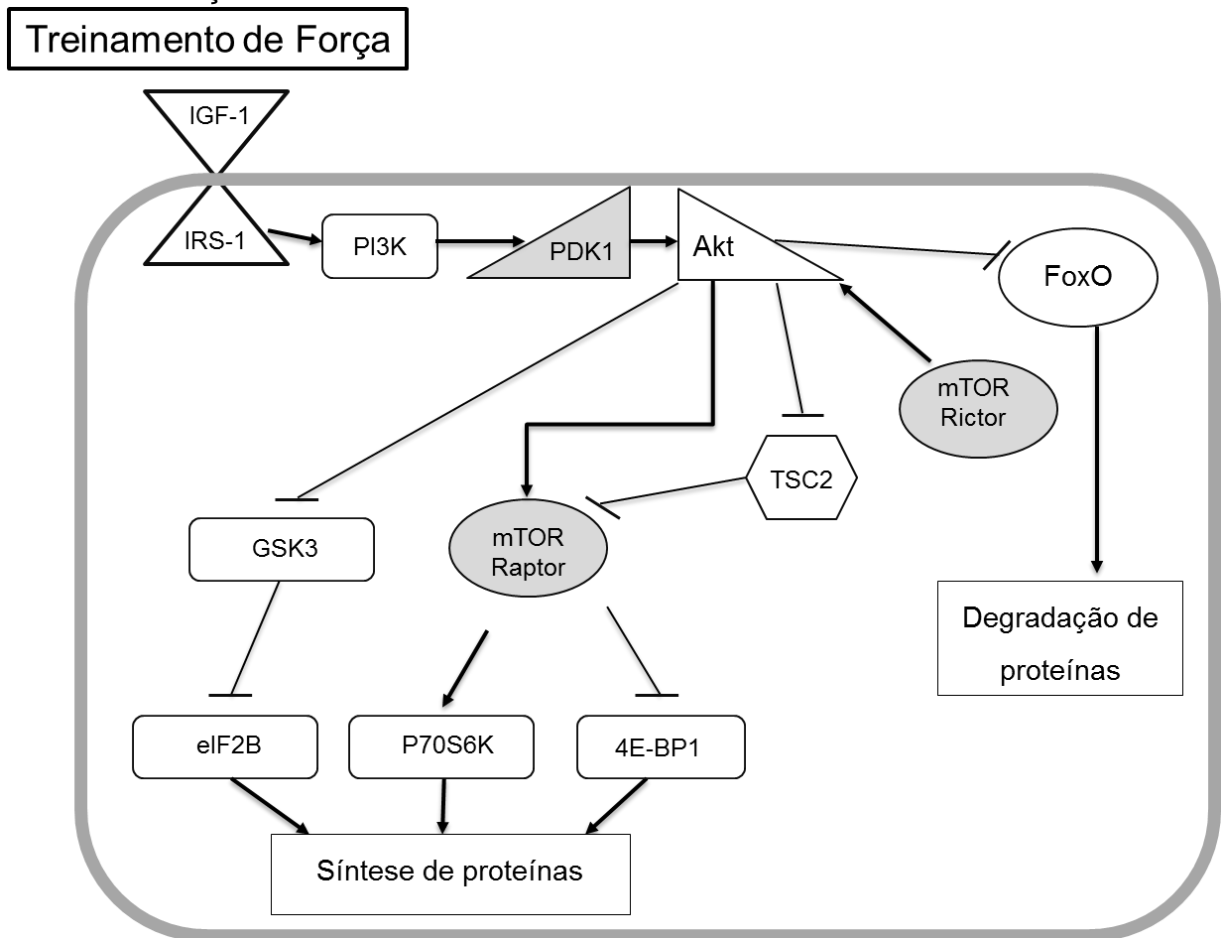
As adaptações moleculares que desencadeiam uma maior taxa de SPM em seres humanos tem sido, em grande parte dos estudos, atribuídas a ativação da via IGF-1/P13K/Akt/mTOR/P70S6K em decorrência aos diferentes modelos de TF (Bodine, 2006; de Souza *et al.*, 2013; Gonzalez, Hoffman, Jajtner, *et al.*, 2015) embora outras vias sejam relatadas (Tsika, 2006; Coffey e Hawley, 2007).

O estresse mecânico provocado pelo exercício resistido, de forma aguda ou crônica, estimula a secreção de IGF-1 que induz uma isoforma chamada de fator de crescimento mecânico (*mechano growth factor*, MGF), resultando na ativação subsequente da PI3K, proteína dependente de fosfoinosítídeos 1 (PDK1) e Akt. A Akt é deslocada pela PI3K e fosforilada pela PDK1 em treonina<sup>308</sup> e depois em serina<sup>473</sup>. Há vários alvos que são ativados pela via da Akt, dentre elas, há um desencadeamento na resposta de síntese de proteínas pela via da mTOR, *tuberous sclerosis complex 2* (TSC2), *glycogen synthase kinase 3* (GSK3), atrofia muscular pela *forkhead box O1* (FoxO1) e atividade da *5' adenosine monophosphate-activated protein kinase* (AMPK) (Bodine, 2006; Coffey e Hawley, 2007; Gonzalez *et al.*, 2016).

A mTOR atua em dois complexos multiproteicos responsivos, denominados de complexo 1 e 2. A ativação do complexo 1 da mTOR, chamada de mTOR-Raptor, tem sido uma via importante para gerar um aumento na síntese de proteínas em resposta do TF (Kubica *et al.*, 2005). A ativação do complexo 2 da mTOR (mTOR-Rictor) está relacionada com os receptores de IGF-1 que fosforila a

Akt em serina<sup>473</sup> (Coffey e Hawley, 2007). A mTOR-Raptor ativada pela Akt exerce papel importante na resposta hipertrófica do músculo, que estimula a tradução no RNAm por ligação de ribossomos, resultando em aumento na síntese de proteínas. O alvo da mTOR-Raptor inclui as proteínas ribossomais *S6 kinase* (P70S6K), *eukaryotic translation initiation factor 4E-binding protein* (4E-BP1), *eukaryotic translation initiation factor 4B* (eIF4B) e 4E (eIF4E). A regulação na síntese de proteínas, pela mTOR fosforilada, induz na ativação da P70S6K - eIF4B e inibição da 4E-BP1 - eIF4E (Bodine, 2006; Tsika, 2006; Coffey e Hawley, 2007; Coffey *et al.*, 2007).

**Figura 1** – Vias de regulação e sinalização de síntese/degradação de proteínas relacionadas a adaptação muscular em decorrência ao treinamento de força.



**Fonte:** Adaptado de Coffey e Hawley, (2007).

Inicialmente, o funcionamento da sinalização da via PI3K/Akt/mTOR com TF se mostrou efetivo em estudo com modelo animal (Kubica *et al.*, 2005). Os autores realizaram um protocolo agudo de exercício resistido e com administração farmacológica de rapamicina (inibidor de mTOR) duas horas prévias ao exercício resistido. A síntese de proteínas e agregação polissomal de ribossomos foi verificada na mTOR, P70S6K, 4E-BP1, eIF4E, e eIF2B. Os dados demonstraram que o exercício resistido aumentou a taxa da síntese de proteínas, seguido de uma redução no grupo de animais que realizou o exercício resistido com rapamicina observado em mTOR, P70S6K, 4E-BP1 e eIF2B (Kubica *et al.*, 2005).

O efeito agudo em seres humanos também demonstrou um aumento na sinalização da via Akt/mTOR/P70S6K após 2h de exercício excêntrico (5 séries de 8 repetições) independentemente da velocidade de contração (Roschel *et al.*, 2011). Em outro experimento, a relação de volume (70% de 1RM, 10 – 12 repetições) e intensidade (90% 1RM, 3 – 5 repetições), constantemente controlada em sessões de TF, demonstrou resultados similares quando analisadas a sinalização de mTOR e P70S6K 1h e 5h após sessão de exercício resistido, mas não para IGF-1 (Gonzalez, Hoffman, Townsend, *et al.*, 2015). Além disso, os efeitos agudos sobre um aumento na ativação nas vias de sinalização após exercício resistido (Dreyer *et al.*, 2006) parecem explicar os efeitos crônicos sobre os ganhos hipertróficos e de força após TF.

Os efeitos crônicos sobre a sinalização da via Akt/mTOR/P70S6K com o TF têm sido documentados e seus resultados parecem ser menos expressivos com relação aos efeitos agudos (Bodine, 2006). Uma forte evidência é apontada pelo estudo de Terzis *et al.* (2008), que demonstra relação entre aumento na taxa de síntese de proteínas na fase inicial do TF (via Akt/mTOR/P70S6K) com aumento nos indicadores de força muscular e área de secção transversa muscular após 14 semanas de TF (Terzis *et al.*, 2008). Adicionalmente, a intensidade do treinamento pode ser determinante sobre a sinalização da P70S6K e 4E-BP1 (Kumar *et al.*, 2009), que por sua vez, favoreceria diferentes respostas crônicas ao TF. No entanto, o fator dependente da intensidade de treinamento (30% vs 80% de 1RM) não demonstrou influenciar no aumento da fosforilação da P70S6K, proteína regulada pela ativação da mTOR (Mitchell *et al.*, 2012). Vale lembrar, que em ambas as intensidades, as séries foram até a falha muscular.

Embora se tenha documentado resultados conflitantes quanto aos efeitos crônicos promovidos pelo TF sobre expressão das vias de sinalização que resultam em maior síntese de proteínas, a ativação da via Akt/mTOR/P70S6K desencadeada pelo IGF-1/MGF tem sido relacionada com as adaptações hipertróficas e de ganho de força muscular com o TF (Kubica *et al.*, 2005; Bodine, 2006; Coffey e Hawley, 2007).

Os ganhos de força encontrados pelo TF associado com a fototerapia por Ferraresi *et al.*, (2011) são explicadas por uma possível ativação das vias anabólicas Akt/mTOR/P70S6K e de regeneração do tecido muscular. Entretanto, Ferraresi *et al.*, (2011) não avaliaram a ativação das vias supracitadas. Foi encontrado um ganho de 55% de 1RM no grupo que TF associado a fototerapia e 26% do grupo que treinou sem fototerapia. Adicionalmente, aumentos em indicadores hipertróficos pela ASTM foram encontrados com o treinamento excêntrico de membros inferiores associado a fototerapia (Baroni *et al.*, 2015). Na mesma perspectiva, o uso associado do TF com outro método de recuperação (crioterapia) demonstrou uma atenuação da ativação da P70S6K, o número de adesão de células satélites, força e ASTM das fibras do tipo II quando comparado ao grupo que realizou TF com recuperação ativa (Roberts *et al.*, 2015). Desta forma, medir a resposta da ativação das vias anabólicas hipertróficas, sobretudo pela via Akt/mTOR/P70S6K é de grande importância para explicar as adaptações causadas pelo TF (Kubica *et al.*, 2005) com ou sem intervenções adicionais.

### 2.3. FOTOTERAPIA

A fototerapia é uma modalidade terapêutica que utiliza de fontes de

luz artificial de baixa intensidade, em comprimento de onda no espectro vermelho ao infra-vermelho próximo, que emitem ondas eletromagnéticas que são absorvidas pelos tecidos vivos, estimulando ou inibindo reações metabólicas e celulares (Mester *et al.*, 1976; Barolet, 2008; Chung *et al.*, 2012). As fontes artificiais de irradiação de energia luminosa utilizadas na fototerapia são o LASER (sigla derivada da língua inglesa, *light amplification by stimulated emission of radiation*) de baixa potência e o diodo emissor de luz (*light emitting diodes - LED*) com emissão em diferentes comprimentos de ondas. Os LED e LASER apresentam diferenças em relação às características do feixe de luz produzido, energia, potência e área de irradiação sobre os tecidos. O LED emite luz de forma não coerente, mas com área de irradiação maior, conseqüentemente menor densidade de energia e densidade de potência por volume de tecido irradiado. Por outro lado, o LASER apresenta um feixe de luz coerente (ou colimado) concentrado em uma pequena área de irradiação, resultado em maior densidade de energia e potência por volume de tecido irradiado. Uma grande vantagem do LED em comparação ao LASER é a maior área de dispersão de luz no tecido irradiado, devido sua não coerência (Chung *et al.*, 2012), embora seja necessário um maior tempo de exposição para obter a mesma quantidade de energia (dose) por volume de tecido. Porém, a eficácia do tratamento irá depender de parâmetros com relação ao comprimento de onda, densidade da potência, tempo de irradiação, a forma de aplicação (se contínua ou pulsada) e fluência (Barolet, 2008).

O comprimento de onda, expresso em nanômetros (nm), é a propagação do fóton em ondas eletromagnéticas e tem grande importância com relação à eficácia dos tratamentos com fototerapia (Brosseau *et al.*, 2005). Os diferentes comprimentos de onda podem ser identificados, em parte pelas cores que

emitem, como: azul (400-470nm), verde (470-550nm) e vermelha (630-700nm), além da ultravioleta (200-400nm) e infravermelha próxima (700-1200nm). Uma janela ótima terapêutica está associada à absorção do espectro de luz nos tecidos, que se concentra entre 600-1100nm (Simpson *et al.*, 1998). Grande parte dos estudos utiliza a janela do espectro vermelho ao infravermelho próximo devido maior capacidade de penetração e interação com o tecido biológico (Karu, Kirso e Andrianov, 1973; Simpson *et al.*, 1998; Barolet, 2008; Chung *et al.*, 2012; Passarella e Karu, 2014).

A densidade da potência ( $W/cm^2$ ), também chamada de irradiância, é o resultado do razão da potência ( $W$  ou  $mW$ ) emitida e área irradiada ( $cm^2$ ). Uma amplitude de 5 a 55  $mW/cm^2$  parece demonstrar efeitos anti-inflamatórios e de reparação tecidual (Castano *et al.*, 2007). O tempo de irradiação pode variar significativamente (Castano *et al.*, 2007) e influenciar em uma resposta terapêutica ou não terapêutica (Enwemeka, 2008). Assim, o tempo estimado para aplicação da fototerapia irá depender da potência da luz de LASER ou LED disponível e a densidade de potência ( $W/cm^2$ ) pretendida, pois irá determinar a energia irradiada [energia em *Joules* ( $J$ ) = potência ( $W$ ) x tempo ( $s$ )] e fluência ( $J/cm^2$ ) (Carroll, 2013).

Os efeitos da fototerapia têm sido observados na diminuição da dor cervical aguda e crônica (Chow *et al.*, 2009), reparação tecidual (Whelan *et al.*, 2001), diminuição da inflamação (Aimbire *et al.*, 2006; Bjordal *et al.*, 2006), melhora na função circulatória (Ihsan, 2005), e no tratamento de doenças inflamatórias crônicas (Brosseau *et al.*, 2005; Hegedus *et al.*, 2009; Hamblin e Huang, 2013), e outros tipos de doenças . Neste sentido, há um forte crescimento em estudos com fototerapia devido vários dos seus efeitos terapêuticos e por se tratar de uma estratégia terapêutica não farmacológica de baixo custo (Carroll, 2013).

Além dos efeitos terapêuticos no tratamento de doenças, é crescente o número de estudos que tem demonstrado os efeitos da fototerapia de baixa intensidade, por LASER ou LED, na recuperação da fadiga muscular induzida por exercício de alta intensidade, redução do DMIE ou como estratégia de melhora do desempenho físico em atletas, praticantes de exercícios físicos ou indivíduos sedentários (Leal Junior, Lopes-Martins, Vanin, *et al.*, 2009; Baroni, Leal Junior, De Marchi, *et al.*, 2010; Baroni, Leal Junior, Geremia, *et al.*, 2010; Leal Junior *et al.*, 2011; Antonialli *et al.*, 2014; Leal-Junior, 2015; Ferraresi *et al.*, 2015a; Ferraresi *et al.*, 2015c; Ferraresi *et al.*, 2015d). Embora existam vários indícios dos efeitos positivos da fototerapia com LED ou LASER, problemas na condução dos estudos e grande amplitude na dose aplicada, deixam dúvidas sobre o efeito da fototerapia sobre a função e recuperação muscular (Borsa, Larkin e True, 2013; Nampo *et al.*, 2015).

Os mecanismos e funções celulares alterados pela irradiação da fototerapia por LASER ou LED não são totalmente conhecidos. Contudo, são fortes as evidências que indicam que a fototerapia induz uma bioestimulação sobre proliferação e diferenciação celular, principalmente devido ao aumento na atividade mitocondrial. A absorção da luz de espectro vermelho e infravermelho próximo causa aumento na atividade da enzima citocromo c oxidase (CcO), devido ao deslocamento da molécula de óxido nítrico (um modulador negativo da CcO), resultando em aumento da síntese de moléculas de ATP (Karu e Kolyakov, 2005; Liang *et al.*, 2008). Um estudo experimental em animais demonstrou que o aumento da síntese de ATP no músculo estriado esquelético pode ser observado em 5 minutos após a aplicação da fototerapia, com um aumento significativo após 6 horas de aplicação (Ferraresi *et al.*, 2015b). A atividade de CcO pode aumentar próximo

de 50%, sendo os efeitos mais pronunciados nas fibras oxidativas do tipo I, em relação às fibras intermediárias IIa (36%) e glicolíticas do tipo IIb (18%) (Hayworth *et al.*, 2010). Estes resultados sugerem que os efeitos da fototerapia sejam efetivos nas funções aeróbias, mas podem também contribuir com as funções anaeróbias.

Além disso, a fotobiomodulação parece ser o resultado da absorção da luz pela CcO, levando assim ao aumento nas espécies reativas de oxigênio (ROS), uma maior fosforilação de ATP e adenosina monofosfato cíclico (AMPC) e aumento nas concentrações de cálcio intracelular pela ativação dos seus respectivos canais (Gao e Xing, 2009). A alteração no potencial de óxido-redução (redox) intracelular induzido pela fototerapia tem sido associada a ação antiálgica e anti-inflamatória. Os principais efeitos observados são a diminuição nos níveis de citocinas pró-inflamatórias, prostaglandinas, histaminas, cininas e do recrutamento de células inflamatórias (Harris, 1991; de Almeida *et al.*, 2014). A modulação negativa das respostas inflamatórias pode favorecer o processo de recuperação pós-exercício e estimular o reparo e adaptação tecidual devido a expressão de fatores de crescimento.

A absorção da luz pela fototerapia na regeneração muscular parece estar relacionada com a ativação das vias das *mitogen-activated protein kinases* (MAPK)/*extracellular signal-regulated kinase* (ERK) (Feng, Zhang e Xing, 2012). Esse efeito pode ser dependente nas vias de sinalização pela PI3K e Akt (Zhang *et al.*, 2009), que também respondem ao estresse muscular induzido pelo exercício físico de alta intensidade. Adicionalmente, a fototerapia está relacionada à expressão de genes e fatores de crescimento semelhante à insulina (*Insulin like growth factor-1*, IGF-1) (Saygun *et al.*, 2008) e a proliferação de células satélites do músculo estriado esquelético (Shefer *et al.*, 2002). Estas propriedades biológicas

podem contribuir para a regeneração tecidual e facilitar o processo de reparo da célula muscular, acelerando seu processo de recuperação de forma aguda.

Os efeitos crônicos da aplicação de luz em conjunto ao treinamento físico ainda não estão estabelecidos. Porém, há evidências que direcionam para um resultado expressivo sobre a tolerância ao exercício, reduzindo os efeitos da fadiga associando a fototerapia com treinamento aeróbio (Vieira *et al.*, 2012). O treinamento de força associado à fototerapia também demonstrou promover maiores respostas adaptativas sobre pico de torque, força dinâmica em teste de 1RM (Ferraresi *et al.*, 2011) e ASTM (Baroni *et al.*, 2015) quando comparados com o treinamento de força sem a fototerapia. Quanto os maiores ganhos de força musculares observados por Ferraresi *et al.* (2011), a fototerapia após o TF realizado a 80% de 1RM por 12 semanas resultou em um ganho de 56% contra 26% no TF com placebo. Em outro estudo caso controle com gêmeos homozigotos, a fototerapia após o TF resultou em ganhos mais expressivos na ASTM (+20%) contra somente 5% no indivíduo placebo (Ferraresi *et al.*, 2016a). Outro efeito positivo observado por Ferrareis *et al.* (2016a) foi de resultados positivos mais expressivos sobre marcadores de inflamação, DMIE e ativação da mTOR. Embora o uso crônico da fototerapia associada ao treinamento físico possa indicar resultados interessantes, ainda não se sabe quais mecanismos celulares e moleculares podem ser ativados ou inibidos, ou simplesmente se os efeitos sobre hipertrofia e força muscular ocorrem em treinamentos com variação de intensidade ou com outras doses de fototerapia.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. SUJEITOS**

Para participação deste estudo, foram recrutados homens, inativos ou destreinados com TF por no mínimo 6 meses, com ou sem experiência prévia ao TF, com idade entre 18 e 35 anos. O convite para participar do estudo foi mediante a divulgação de cartazes no campus universitário e mídias eletrônicas (listas de e-mails e redes sociais). Os participantes não poderiam fazer uso de esteróides anabolizantes, suplementação ou qualquer outro tipo de ergogênico nutricional, e não ter feito uso de drogas anti-inflamatórias esteróides e não-esteróides há pelo menos um mês antes do início do estudo. Foram excluídos os participantes que adquiriram alguma doença ou lesão osteomuscular que afetassem a continuidade durante o estudo, e os indivíduos que não conseguissem realizar o protocolo de treinamento proposto por pelo menos 80% das sessões de TF.

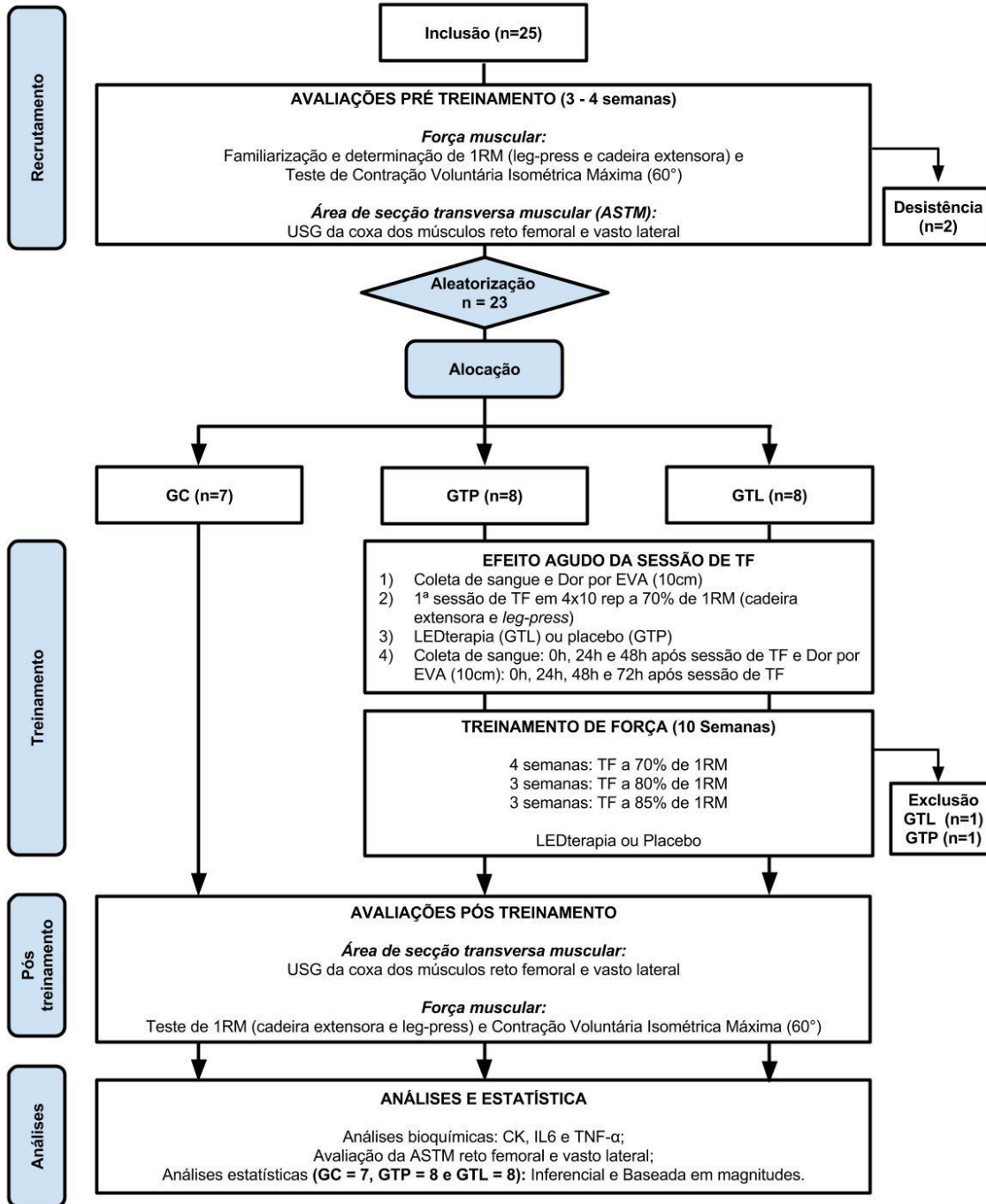
Previamente aos procedimentos os participantes foram informados sobre os objetivos do estudo, benefícios, riscos e demais procedimentos a serem realizados e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1) consentindo sua participação no projeto bem como a divulgação dos dados advindos da pesquisa. O projeto constou com aprovação do comitê de ética local conforme Anexo 2.

#### **3.2. DESENHO EXPERIMENTAL**

O estudo contou com duração total máxima de dezesseis a dezessete semanas, sendo divididos em três momentos. No primeiro momento,

após divulgação e recrutamento, foram realizados os testes pré-treinamento. No segundo, as sessões de TF seguidas das condições LEDterapia e placebo após cada sessão de treino foram realizadas. E no terceiro momento foram aplicados os testes pós treinamento (ver detalhe Figura 2). Previamente às sessões de TF, os participantes foram aleatoriamente divididos em três grupos experimentais para composição dos grupos, sendo eles: grupo treinamento de força + placebo (GTP; n = 8), grupo treinamento de força + LEDterapia (GTL; n = 8) e grupo controle (GC; n= 7).

Figura 2 – Fluxograma do estudo.



No primeiro momento, os testes pré-treinamento tiveram uma duração de três a quatro semanas. Foram dois testes de 1RM para os exercícios cadeira extensora e *leg-press* para avaliação da força muscular dinâmica, dois testes de contração voluntária isométrica máxima (CVIM) para avaliação do pico de torque isométrico, seguido da avaliação de ASTM dos músculos reto femoral (ASTM<sub>RF</sub>) e vasto lateral (ASTM<sub>VL</sub>) por imagem de USG. A realização das duas sessões de testes de 1RM e CVIM, foi realizada com a finalidade de minimizar o efeito da familiarização com os protocolos e procedimentos por parte dos sujeitos do estudo (Soares-Caldeira *et al.*, 2009; Silva-Batista *et al.*, 2011), sobretudo em testes de força dinâmica unilaterais (Tagesson e Kvist, 2007). A ordem dos testes de 1RM e CVIM foi aleatorizada, com mínimo de 48 horas de intervalo entre cada sessão. Com relação à avaliação ASTM, foi considerado um período mínimo de 48 horas dos testes físicos ou de atividades intensas prévias.

No segundo momento, os sujeitos dos grupos GTP e GTL realizaram 10 semanas de TF nos exercícios de cadeira extensora e *leg-press* a 45°, seguido da administração das condições experimentais LEDterapia ou placebo. O treinamento foi de duas sessões semanais, com intervalos entre cada sessão de 72h ou 96h. Durante o período de treinamento, foram realizadas sessões de testes de 1RM nos exercícios de cadeira extensora e *leg-press* para reajuste de carga após as semanas 4 e 7 (ver detalhes no item 4.8). Ao iniciarem o programa de treinamento, os grupos GTL e GTP passaram por procedimentos para avaliação do efeito agudo do TF associado a LEDterapia ou placebo. Foram coletadas amostras de sangue e de percepção de DMIT relacionadas à primeira sessão de TF a 70% de 1RM. As coletas de sangue foram nos momentos pré treino, imediatamente (10-15 minutos) após, 24h e 48h após sessão de TF e LEDterapia ou placebo. Para DMIT foram

considerados os momentos, pré treino, imediatamente (10-15 minutos) após, 24h, 48h e 72h após sessão de TF e LEDterapia ou placebo.

No terceiro momento, após 10 semanas, foram aplicados os testes pós treinamento. Foram realizados os testes de 1RM para os exercícios cadeira extensora e *leg-press*, teste da CVIM em extensão de joelho a 60° e imagem de USG da coxa. Durante o período de realização do estudo, os sujeitos foram orientados a manterem seu padrão alimentar cotidiano.

### 3.3. ALEATORIZAÇÃO E MASCARAMENTO

Os sujeitos que participaram do estudo foram divididos em três grupos. Para cada grupo, foi estabelecida a formação mínima de sete sujeitos. O número de indivíduos da amostra foi determinado com base no tamanho de efeito de 55% no aumento de 1RM após o protocolo de TF com LEDterapia e 26% do placebo (Ferraresi *et al.*, 2011), com um poder estatístico de 80% e um erro tipo alfa máximo de 5%. O número mínimo de indivíduos por grupo foi 7 indivíduos e foi calculado utilizando um *software* G\*Power®, versão 3.1.9.2 (*Germany*).

Para divisão e formação dos grupos GC, GTP e GTL, os voluntários foram alocados pelo formato duplo cego por ocultação prévia das condições experimentais treinamento com LEDterapia ou placebo, e GC evitando assim o conhecimento das condições experimentais por parte dos voluntários e do pesquisador principal, que realizou os testes, avaliações e análises dos dados. A divisão dos sujeitos para o GC, GTP ou GTL ocorreu previamente à primeira de sessão de TF, na qual os sujeitos tomaram um envelope opaco, ordenado, enumerado e lacrado previamente. Em cada envelope constavam as condições

experimentais controle, placebo ou LEDterapia, que foi aberto por um membro da equipe responsável por aplicar as condições placebo ou LEDterapia após cada sessão de TF. A aleatorização dos números que corresponderam as condições experimentais controle, placebo ou LEDterapia foi com auxílio do site ([www.random.org](http://www.random.org)). As condições experimentais dos grupos treinamento (placebo ou LEDterapia) foram realizadas após cada sessão de TF, ao longo das 10 semanas do experimento (descrição a seguir), sem a presença física do pesquisador principal no local. Para evitar que os sujeitos pudessem ter conhecimento das condições experimentais, cada voluntário teve os olhos vendados, juntamente com um fone de ouvido do tipo concha ligado a uma seleção musical. Estes procedimentos foram para que não tivessem informações quanto a emissão de luz e/ou ruídos que o equipamento de LEDterapia emite.

#### 3.4. TESTE DE FORÇA MUSCULAR DINÂMICA MÁXIMA

Todos os participantes foram submetidos ao teste de força muscular dinâmica máxima de uma repetição máxima (1RM) nos exercícios de cadeira extensora (modelo *Element+*, Technogym®) e de *leg-press* 45°, em ambos os membros inferiores, de forma unilateral. Os testes foram utilizados para medir força muscular dinâmica máxima dos músculos extensores de joelho, neste caso o quadríceps femoral. Foram realizadas duas sessões de testes de 1RM, para minimizar o efeito da familiarização sobre força dinâmica máxima (Tagesson e Kvist, 2007; Soares-Caldeira *et al.*, 2009; Silva-Batista *et al.*, 2011) no momento pré-treinamento. Altos valores de confiabilidade pelo coeficiente de correlação intraclassa (CCI) foram encontrados entre os grupos nas sessões de familiarização

nos testes de força dinâmica de 1RM nos exercícios cadeira extensora (GTL = 0,99; GTP = 0,92; GC = 0,96) e *leg-press* (GTL = 0,99; GTP = 0,99; GC = 0,94), e pico de torque isométrico pela CVIM (GTL = 0,97; GTP = 0,94; GC = 0,96).

Durante o estudo, mais três sessões do teste de 1RM foram realizadas, duas na etapa de treinamento nos momentos após 4 e 7 semanas para ajuste de carga de treinamento e uma após a 10<sup>a</sup> semana para avaliar os efeitos pós treinamento.

Previamente a realização da primeira sessão de familiarização do teste de 1RM, os sujeitos foram posicionados nos equipamentos cadeira extensora e *leg-press* 45° para ajustes individuais ao considerar as dimensões e amplitude do movimento de extensão de joelho. Na cadeira extensora, foi ajustado o encosto, o ângulo inicial do joelho e altura do apoio da alavanca do equipamento. No equipamento de *leg-press* 45°, o ajuste foi mediante a determinação de uma marcação a cada centímetro, na barra de descida em que o suporte de apoio dos pés e de encaixe das anilhas de peso. Essa marcação foi para determinar uma referência de amplitude de movimento de extensão total dos joelhos (como 180° na extensão) a flexão dos joelhos até 90° realizada com um avaliador experiente. Estes pontos de ajuste foram realizados para permitir controle da amplitude de movimento da articulação do joelho em flexão aproximada a 90°, alinhado visualmente ao maléolo e ao trocânter do fêmur com auxílio de goniômetro, tanto na cadeira extensora quanto no *leg-press* 45°. Todos os pontos de ajustes dos equipamentos se repetiram em todas as sessões de testes de 1RM nos exercícios supracitados e durante as sessões de TF (ver Figura 3).

As sessões de teste de 1RM continham um aquecimento geral de cinco minutos em um cicloergômetro de frenagem mecânica (Monark®, Indaiatuba,

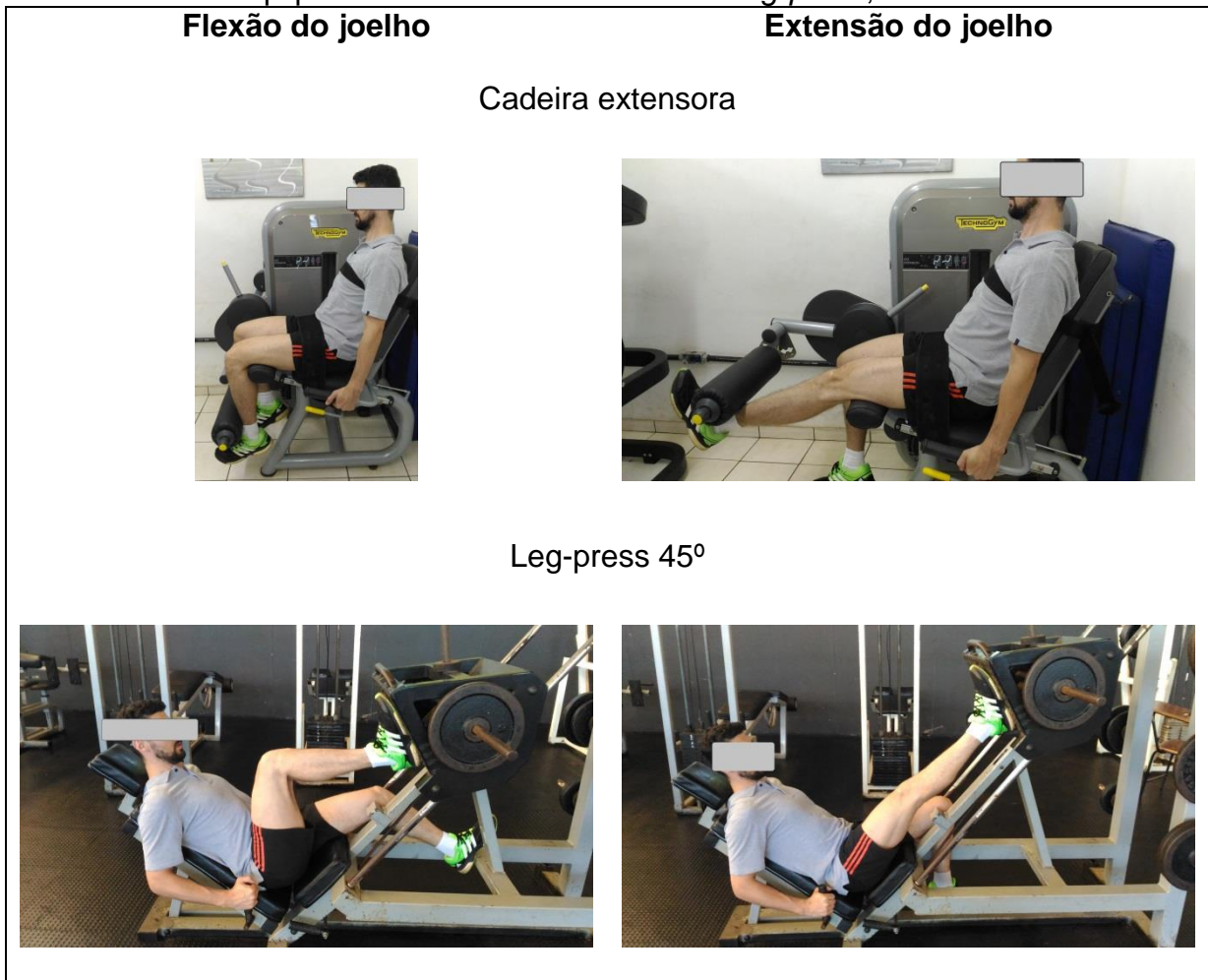
Brasil) a uma carga aproximada de 65 *watts*. Na sequência, um aquecimento específico foi aplicado, com uma série de oito repetições a 50% da carga da primeira tentativa de 1RM, e após dois minutos, uma segunda série de três repetições a 70% da carga da primeira tentativa de 1RM. Um intervalo de descanso de três a cinco minutos foi respeitado ao final da segunda série de aquecimento para a primeira tentativa de 1RM e entre as tentativas subsequentes. Um número máximo de cinco tentativas foi considerado para determinação de 1RM nos exercícios cadeira extensora e *leg-press* 45°. Um intervalo de dez a quinze minutos de descanso foi respeitado entre a última tentativa do exercício cadeira extensora e a primeira tentativa para o exercício *leg-press* 45°. Um intervalo mínimo de 48h foi respeitado entre as sessões de testes de 1RM, ou de qualquer exercício físico intenso, para não prejudicar no desempenho dos sujeitos nos testes de 1RM.

Uma mudança mínima de 2,5 kg e 3 kg de carga nas tentativas de determinação do valor de 1RM foi realizada para os exercícios de cadeira extensora e *leg-press* 45°, respectivamente. Porém, não houve um limite para progressão máxima entre as tentativas do teste de 1RM para os exercícios selecionados. A escolha da carga nas tentativas ficou a critério de um avaliador experiente que considerou o grau de dificuldade do avaliado durante as tentativas do teste de 1RM. A cada tentativa de execução, os sujeitos foram motivados e tentaram realizar a execução de duas repetições, sendo uma repetição considerada por uma contração concêntrica e excêntrica completa (Soares-Caldeira *et al.*, 2009). Neste caso, a progressão de carga na próxima tentativa foi quando o voluntário conseguisse realizar uma repetição, ou duas repetições completas. Este procedimento foi adotado na tentativa de: 1º) avaliar a progressão das cargas durante as tentativas no teste de 1RM e, 2º) para garantir a execução de 1RM ao observar a falha do sujeito

na segunda tentativa. Assim, a carga correspondente a 1RM foi assumida ao ocorrer o êxito somente em uma repetição, ou ação voluntária concêntrica e excêntrica completa. Mas se o voluntário não conseguisse executar uma repetição completa, a carga da próxima tentativa foi reduzida até encontrar a carga de uma repetição voluntária completa, e desta forma, a carga de 1RM foi determinada (Soares-Caldeira *et al.*, 2009; Silva-Batista *et al.*, 2011).

Durante as tentativas de 1RM na cadeira extensora, os sujeitos foram fixados ao equipamento, com auxílio de faixas de velcro no quadril e tronco. Este procedimento foi executado para evitar que ocorressem movimentos de extensão de quadril ou flexão de tronco, que pudessem diminuir a influência de extensão de joelho pelo músculo do quadríceps durante as tentativas de obtenção de 1RM. Os testes de 1RM na cadeira extensora e *leg-press* 45° foram acompanhados por dois avaliadores experientes, a fim de, supervisionar a amplitude de movimento e garantir a segurança dos sujeitos durante as sessões de testes de 1RM. As amplitudes de flexão (90°) e extensão (180°) dos joelhos e posicionamento são ilustrados na Figura 3.

**Figura 3** – Imagens de um voluntário que demonstra o posicionamento do corpo e os ângulos de flexão (90°) e extensão (180°) do joelho no teste de 1RM nos equipamentos: cadeira extensora e *leg-press*,



### 3.5. TESTE DE FORÇA MUSCULAR ISOMÉTRICA MÁXIMA

O teste de força muscular isométrica máxima de extensão de joelho foi para avaliação do pico de torque, em ambas as pernas, de forma unilateral. O teste foi realizado em um dinamômetro isocinético (*System 4*, Biodex®, Nova Iorque, USA). O teste foi denominado de contração voluntária isométrica máxima (CVIM). O pico de torque isométrico em extensão de joelho foi realizado a uma angulação fixa de 60° ao considerar a extensão total de joelho em 0° e em flexão a 90°. Amplitude total de 90° e procedimentos de calibração prévia, posicionamento e ajustes dos sujeitos ao equipamento, foram realizados seguindo as instruções do fabricante. Um aquecimento geral, conforme descrito para teste de 1RM, foi realizado previamente ao teste. Em seguida, um aquecimento específico, de contrações submáximas concêntricas (extensão e flexão de joelho) foi realizado em duas séries de 10 repetições cada (1ª série a 120°.seg<sup>-1</sup> e 2ª série a 60°.seg<sup>-1</sup>), separados por um intervalo de descanso de 60 segundos. Após dois minutos da série de aquecimento específico, o teste da CVIM foi realizado para avaliação do pico de torque de força dos músculos extensores do joelho. O teste de CVIM foi de cinco séries de cinco segundos de contrações voluntárias isométricas máximas com intervalo mínimo de 30 segundos entre cada tentativa. Se houvessem sinais de fadiga ou de recuperação insuficiente para a próxima tentativa, um intervalo de 60 segundos foi considerado. Foi considerado o maior pico de torque isométrico produzido de extensão entre as cinco tentativas. Ao longo do estudo três sessões de CVIM foram realizadas, sendo duas no momento pré-treinamento (para o efeito da familiarização) e um teste após 10 semanas de treinamento para avaliação da condição pós treinamento. Assim como no teste de 1RM, o intervalo mínimo de 48h foi respeitado

entre as sessões de testes de CVIM, ou de qualquer atividade física intensa, a fim de garantir as melhores condições físicas de desempenho para realização da avaliação do pico de torque. Este tipo de protocolo, tem demonstrado altos valores de reprodutibilidade reportados (Wilson e Murphy, 1996).

### 3.6. ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSA MUSCULAR POR ULTRASSONOGRRAFIA

A área de secção transversa muscular (ASTM) foi determinada por imagens obtidas em exame clínico utilizando equipamento de USG (modelo *SonoAce, X8, Samsung Medison®*, *Seul*, Korea). Foram examinados os músculos, reto femoral e vasto lateral da coxa. Durante o exame, os sujeitos ficaram na posição supina e tinham que estar a 48h sem qualquer influência de exercícios físicos vigorosos para minimizar a influência de edema muscular residual que pudesse influenciar no volume muscular. As imagens dos músculos reto femoral e vasto lateral foram obtidas com auxílio de um transdutor linear calibrado para profundidade de 6 cm e configurado no modo *B-mode*. Para aquisição das imagens, foi marcado o terço inferior da distância entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur determinada por avaliador já experiente à técnica. Foram realizadas marcações a cada 2 cm de forma transversa, como ponto de referência para deslizar o transdutor na coxa para aquisição das imagens. Assim, foi evitada ao máximo a compressão do transdutor na coxa do avaliado com a finalidade de não alterar o volume muscular. Para facilitar a aquisição das imagens, sem compressão do transdutor do USG na coxa do avaliado pelo examinador, foi utilizado gel clínico incolor. As imagens foram salvas em arquivos bitmap (.bpm) para posterior tratamento e análise. Após aquisição das imagens pelo USG, os arquivos salvos foram enumerados de forma

que não constasse o nome dos voluntários e a data da avaliação, mantendo a condição de mascaramento do estudo para os pesquisadores envolvidos na análise. Este procedimento foi realizado por um pesquisador alheio as condições experimentais do estudo. As imagens do músculo vasto lateral foram sobrepostas para reconstruída com auxílio do *software Power Point for Windows*, como descrito por Lixandrão et al., (2014). Após este procedimento, a ASTM dos músculos reto femoral e vasto lateral foi estimada com auxílio de em um *software* de tratamento de imagens (*ImageJ*®) por um experiente avaliador cego às condições experimentais. a ASTM foi estimada ao considerar o contorno dos músculos reto femoral e vasto lateral (cm<sup>2</sup>) seguindo a linha da aponeurose de divisão dos músculos do quadríceps. As medidas de ASTM por USG, dos músculos reto femoral (ASTM<sub>RF</sub>) e vasto lateral (ASTM<sub>VL</sub>) apresentaram altos índices de reprodutibilidade intra-avaliador com coeficientes de correlação intraclassa (CCI: 0,99; 0,99) e baixo erro e erro típico (0,09 cm<sup>2</sup> – 2,2%; 0,48 cm<sup>2</sup> – 2,4%), respectivamente. Tanto CCI e erro típico foram similares ao reportado por Reeves, Maganaris e Narici, (2004) e (Lixandrao *et al.*, 2014). As avaliações foram realizadas nos momentos pré-treinamento e após 10 semanas de TF para os grupos GC, GTL e GTP. No pós treinamento para os grupos GTP e GTL, o exame de USG foi realizado após 72h dias da última sessão de treinamento.

### 3.7. TREINAMENTO DE FORÇA MUSCULAR (TF)

Os voluntários que participaram dos grupos GTP e GTL realizaram as sessões de TF. O TF foi realizado no Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina e no Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

da Universidade Norte do Paraná. Os participantes integrantes do GTP e GTL foram submetidos a 10 semanas de TF contínuas. Após cada sessão de TF, os grupos GTP e GTL receberam o tratamento placebo ou LEDterapia em um intervalo de cinco minutos após o término de cada sessão de TF, enquanto que o GC não foi submetido ao TF e não recebeu nenhum tratamento durante este período. Um aquecimento geral, igualmente ao realizado nos testes de 1RM e CVIM foi realizado antes de cada sessão de TF. Em seguida, uma série de 8 repetições a aproximadamente 50% da carga de treinamento do exercício cadeira extensora foi realizado para aquecimento específico. Após dois minutos da série de aquecimento específico, a sessão de TF foi iniciada.

O TF foi realizado em dois exercícios, de forma unilateral alternadamente em ambas as pernas, nos aparelhos cadeira extensora (TechnoGym®, ou NAKAGYM®) e *leg-press* 45° (sem identificação de marca ou modelo). O programa de TF consistiu de duas sessões semanais durante 10 semanas, totalizando 20 sessões em dias não consecutivos, separadas por um intervalo de 72h ou 96h. A intensidade do treinamento foi ajustada progressivamente em 70%, 80% e 85% referente à carga de 1RM (previamente determinada em teste específico e individualizado) durante quatro, três e três semanas, respectivamente. O volume foi de 40 repetições divididas em quatro séries de 10 repetições cada nas primeiras quatro semanas, 50 repetições divididas em cinco séries de 10 repetições em três semanas, e 32 repetições divididas em quatro séries de oito repetições em três semanas. O treinamento foi considerado de alta intensidade como sugerido pelo ACSM (2009). Quando o participante não conseguisse completar as repetições estabelecidas em alguma das séries, uma série adicional até completar o volume de repetições pré-estabelecido foi realizada. Intervalos de dois minutos entre cada série

e de três a cinco minutos entre os exercícios foram utilizados. A velocidade de contração dos exercícios foi orientada por um instrutor habilitado, que acompanhou, motivou verbalmente a execução do movimento, com o foco em dois segundos para a ação excêntrica, aproximadamente (Wernbom, Augustsson e Thomee, 2007). Na fase concêntrica, o tempo de aproximadamente 1 segundo foi assumido como ideal, mas ao final das séries ou nas intensidades maiores, o tempo de contração não foi controlado devido o alto grau de fadiga causado.

A carga de treinamento foi ajustada pelos re-testes de 1RM antes de cada progressão de intensidade, após a quarta e sétima semanas. Ao final das 10 semanas de realização do protocolo experimental após 7 dias da última sessão de treinamento, os participantes realizaram um teste de 1RM para determinação das possíveis alterações em relação à capacidade de força dinâmica nos exercícios cadeira extensora e *leg-press* 45°. Este período foi utilizado para não interferir no exame de USG.

### 3.7.1. Avaliação da carga de treinamento

O volume total foi monitorado ao considerar o produto da carga absoluta de treinamento levantada pelas repetições e séries realizadas, como indicador de carga externa realizada entre os sujeitos a cada sessão de TF (Kraemer e Fleck, 2009).

### 3.7.2. Avaliação aguda da sessão de treinamento de força

Na primeira sessão de TF (a 70% de 1RM), na tentativa de avaliar ao efeito da LEDterapia na recuperação após TF de alta intensidade, foram

realizadas coletas de amostras sangue e avaliação de DMIT, nos grupos GTP e GTL. As coletas das amostras sangue foram realizadas previamente a sessão de TF (pré treino), logo após TF e aplicação de LEDterapia ou placebo (10 a 15 min após), 24h e 48h após sessão de TF. Para avaliação de DMIT, foi utilizada uma escala de visualização analógica (EVA) de 10 cm após os sujeitos realizarem o movimento de meio agachamento. A DMIT foi avaliada previamente a sessão de TF (pré treino), logo após TF e aplicação de LEDterapia ou placebo (10 a 15 min após), 24h, 48h e 72h após sessão de TF. Todas as medidas acima foram uma tentativa de avaliar de forma indireta o processo de dano muscular causado pelo TF (Clarkson e Hubal, 2002).

As amostras de sangue foram coletadas por profissional da saúde treinado para realização deste procedimento. Foi coletado sangue venoso através de uma veia periférica (veia antecubital) a ser puncionada no braço direito utilizando agulha e sistema a vácuo, após assepsia local. Os sujeitos foram avisados que poderiam ocorrer uma pequena sensação de dor ou possíveis hematomas leves decorrentes as coletas de sangue. As amostras foram coletadas em tubos de Vacutainer® (Becton and Dickinson, Franklin Lakes, EUA) de 10 ml, e centrifugadas em 4000g durante 5 minutos. O soro foi separado e congelado a -20°C. As amostras de soro foram utilizadas para dosagem de citocinas IL-6 e TNF- $\alpha$ , e de creatina quinase sérica (CK).

As amostras de soro para CK foram alicotadas (200  $\mu$ L) previamente e codificadas numericamente, seguindo os procedimentos de mascaramento. As análises utilizaram kit comercial específico (CK Flex Siemens) em um equipamento de análises bioquímicas automatizado da marca Siemens®, modelo *Dimension X Plus*.

As análises de IL-6 e TNF- $\alpha$ , foram pelos procedimentos de kit de ELISA (BD Biosciences®, San Diego, USA). As etapas dos procedimentos foram:

1-) a sensibilização em *overnight* com anticorpo de captura (anti- IL-6 e TNF- $\alpha$ ; 1:250) da placa de 96 poços com tampão carbonato/bicarbonato (pH 9.5) a 50 $\mu$ L/poço.

2-) Aspiração (3 vezes a 150 $\mu$ L/poço) da placa sensibilização com tampão (PBS 1X + Tween 0,05%). Bloqueio da placa com tampão PBS 1X a 5% (leite em pó, Molico) a 100 $\mu$ L/poço. Encubação a temperatura ambiente por 1h.

3-) Aspiração e lavagem (5 vezes a 150 $\mu$ L/poço) da placa com tampão (PBS 1X + Tween 0,05%). As amostras foram pipetadas (50 $\mu$ L), em duplicata, em placa de 96 poços, sendo a identificação de cada amostra codificada numericamente, para manter os procedimentos de mascaramento. O padrão conhecido (específico para IL-6 e TNF- $\alpha$ ), armazenado a -80°C, foi preparado e pipetado (50  $\mu$ L) em diluição seriada (7 diluições) para construção da curva padrão a *posteriori*. Encubação a temperatura ambiente por 2h.

4-) Aspiração e lavagem (5 vezes a 150 $\mu$ L/poço) da placa com tampão (PBS 1X + Tween 0,05%). Anticorpo de detecção e reagente específico (IL-6 e TNF- $\alpha$ ) diluído (1:250) em tampão PBS 1X a 1% (leite em pó, Molico), seguido de 15 min para otimizar a reação conjugada, e pipetado 50 $\mu$ L/poço. Encubação a temperatura ambiente por 2h.

5-) Aspiração e lavagem (7 vezes a 150 $\mu$ L/poço) da placa com tampão (PBS 1X + Tween 0,05%). Solução com tetrametilbenzidina (TMBZ) 1X, peróxido de hidrogênio 1% (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e tampão acetato de sódio 10 mL (1  $\mu$ L/mL). Encubação a temperatura ambiente por 30 min com privação da luz. A revelação foi com ácido sulfúrico em 50  $\mu$ L/poço.

6-) A leitura da absorbância da placa de 96 poços foi em equipamento fotoluminômetro em 450 nm.

### 3.8. LEDTERAPIA

A aplicação da LEDterapia foi realizada utilizando-se o método pontual, com contato direto do equipamento sobre o local irradiado após cada sessão de TF nos indivíduos dos grupos GTP e GTL. O equipamento utilizado, da marca Bios® (modelo BTPYII, São José dos Campos, Brasil) e seus parâmetros estão apresentados na Tabela 1.

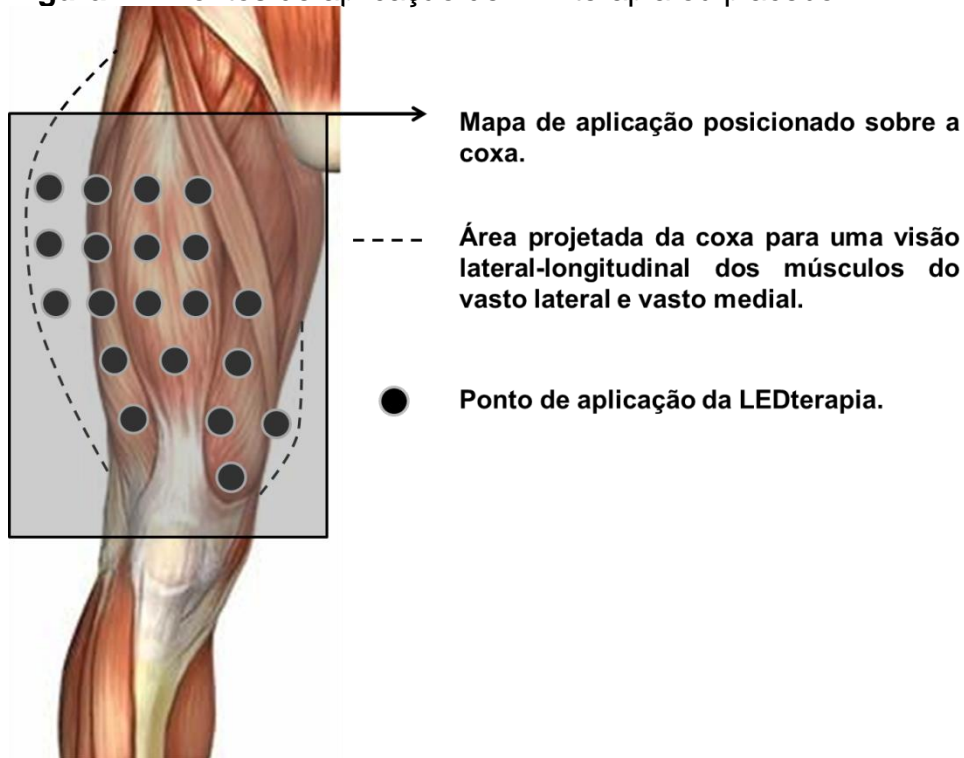
**Tabela 1 – Parâmetros do equipamento para a aplicação da LEDterapia.**

<b>Variável</b>	<b>Descrição e unidades da variável</b>
Comprimento da onda:	630 ± 20 nm
Potência óptica total:	500 mW
Potência óptica média:	300 mW
Área por ponto de aplicação:	1 cm <sup>2</sup>
Densidade da potência:	300 mW/seg
Pontos de aplicação:	20 pontos de aplicação no quadríceps - 5 pontos no vasto medial - 7 pontos no reto femoral - 8 pontos no vasto lateral
Tempo de aplicação:	30 seg por ponto
Forma de emissão:	Contínua
Energia emitida por ponto de aplicação:	3 J/10seg
Energia irradiada:	180 Joules totais
Densidade da energia:	9 J/cm <sup>2</sup>

*Nota:* comprimento de onda em nanômetros (nm), potência em miliwatts (mW), tempo em segundos (seg), energia irradiada em Joules (J), área de irradiação em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>).

Os equipamentos foram posicionados em contato com a pele, em ângulo de 90° com a superfície cutânea e mantidos estacionários durante a aplicação. A aplicação foi realizada em 20 pontos da coxa com o objetivo de atingir os músculos quadríceps femoral (parte anterior da coxa), distantes aproximadamente entre 2 a 3 centímetros uma da outra ao longo do eixo de distribuição das fibras musculares, em uma das pernas (ver Figura 4). Os pontos de aplicação alvo foram distribuídos sobre os músculos vasto lateral (8 pontos), reto femoral (7 pontos) e vasto medial (5 pontos) do quadríceps. Foram utilizados dois equipamentos de LEDterapia com os parâmetros apresentados na Tabela 1. Assim, o tempo total de aplicação foi de cinco minutos, aproximadamente. Um mapa de aplicação padrão sobre a coxa foi utilizado para auxiliar na posição correta dos pontos nas áreas previamente pretendidas. A aplicação da LEDterapia foi na perna que alcançou o menor valor de 1RM. Este procedimento foi adotado, pois em projeto piloto, quando a perna considerada para a LEDterapia era a de maior valor de 1RM, a outra perna que realizada a mesma carga de treinamento, porém sem a aplicação de LEDterapia ou placebo, tinha dificuldades em manter o volume de repetições e a percepção de fadiga era maior. Assim, na tentativa de reduzir as chances de descontinuidade ou abandono no protocolo de treinamento preferiu-se escolher a perna de menor valor de 1RM no pré treinamento.

**Figura 4 – Pontos de aplicação de LEDterapia ou placebo.**



Durante a aplicação da LEDterapia, os sujeitos tiveram seus olhos vendados para que não soubessem em quais grupos experimentais estavam alocados. Além disso, para abafar os ruídos que os equipamentos de LEDterapia produzem, foi utilizado um fone auricular do tipo concha, que emitiria o som de músicas previamente selecionadas. Este procedimento foi realizado por um membro da equipe alheio às análises e condução dos testes do estudo. Os mesmos procedimentos de aplicação foram realizados na condição placebo, e o equipamento de LEDterapia foi posicionado no mesmo tempo por ponto (30 segundos), porém não foi ligado para não irradiar a luz.

### 3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade e homoscedasticidade foram inicialmente testadas a fim de se observar a distribuição dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilefors, e a homogeneidade dos dados pelo teste de *Levene*. ANOVA *one-way* foi aplicada nas comparações entre os grupos (GTL, GTP e GC) no momento inicial (pré-treinamento), sobre os testes de força muscular dinâmica (1RM), pico de torque isométrico e ASTM. E em seguida, após encontrada a significância pelo valor de F, o *post hoc* de Bonferroni para identificação as diferenças foi realizado. Coeficiente de correlação intraclassa (CCI) foi aplicado para avaliar o grau de confiabilidade intra-avaliador para  $ASTM_{RF}$  e  $ASTM_{VL}$  e entre as sessões de familiarização para os testes de força muscular (1RM e CVIM).

A análise por modelos lineares mistos (MLM) foi realizada nas condições pré-treinamento (comparação entre os grupos) e após 10 semanas de TF sobre os testes de força muscular dinâmica (1RM em cadeira extensora e *leg-press*), CVIM e ASTM entre os grupos GTL, GTP e GC. Além disso, os ganhos de força muscular dinâmica de 1RM (cadeira extensora e *leg-press*) ao longo do tempo (pré-treinamento, após 4, 7 e 10 semanas de TF) nos grupos GTL e GTP foram realizados pelos MLM. Neste caso, os dois sujeitos que foram excluídos após iniciarem o TF nos grupos GTP e GTL não foram retirados da análise. A análise por MLM assumiu a estrutura da covariância dos momentos do estudo como efeito aleatório e os efeitos fixos pelos momentos (pré-treinamento, após 4, 7 e 10 semanas de TF), grupos (GTL e GTP) e interação entre grupo\*momento. O critério na escolha do MLM com melhor ajuste no conjunto de dados analisados foi pelo menor valor de critério *Bayesiano* de Schwarz (Schwarz's Bayesian Criterion, BIC),

obtido pelas análises nos modelos ‘não-estruturado’ (*unstructured*, UN), ‘simetria composta’ (*compound symmetry*, CS) e ‘autoregressivo’ (*autoregressive lag 1*, AR-1).

Procedimentos não paramétricos foram utilizados para análise de DMIT, sendo os testes de Friedman (significância ao longo do tempo dentro de cada grupo), Mann-Whitney (significância entre grupos em um dado momento) e Wilcoxon como *post-hoc* pareado dentro de cada grupo. O nível de significância adotado para todas as análises foi de 5%. Os dados foram tratados utilizando-se o programa SPSS for *Windows*, versão 20.0.

O tamanho do efeito (TE) pelo princípio de Cohen (Cohen, 1988) foi utilizado sobre as variações intrasujeitos ao longo do tempo (comparações pareadas) ou intersujeitos (comparações não pareadas entre grupos GTP e GTL). As equações do TE mediante comparações de amostras pareadas (equação 1) e não pareadas (equação 2), são demonstradas a seguir:

$$\text{Equação 1: } TD = \frac{M_d}{DP_d}$$

$$\text{Equação 2: } TD = \frac{(M_1 - M_2)}{DP_{ajustado}}$$

Onde:  $M_d$  = Média das diferenças individuais de dois testes pareados;  $DP_d$  = desvio padrão das diferenças individuais de dois testes pareados;  $M_1$  = média de um teste de um grupo (1);  $M_2$  = média de um teste de um grupo (2); e  $DP_{ajustado}$  é apresentado na equação 3, apresentado a seguir:

$$\text{Equação 3: } DP_{ajustado} = \sqrt{\frac{(N_1 - 1)DP_1^2 + (N_2 - 1)DP_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}$$

Onde:  $N_1$  e  $N_2$  = números de sujeitos dos grupos 1 e 2, respectivamente;  $DP_1$  e  $DP_2$  = Desvio padrão dos grupos 1 e 2, respectivamente.

Os efeitos e interpretações foram seguindo os valores <0,2: sem efeito clínico; 0,2–0,49: efeito pequeno; 0,5–0,8: efeito moderado; 0,8-1,3: grande efeito; e >1,3 muito grande efeito (Rosenthal, 1996) ao comparar os resultados absolutos de forma pareada, ou ao confrontar os grupos GTP e GTL. De forma paralela ao TE, por comparações não pareadas, as inferências baseadas em magnitudes foram mediante os limiares quantitativos <1%: certamente sem diferença; 1–5%: diferença muito improvável; 5–25%: diferença improvável; 25–75%: diferença possível; 75–95%: provável diferença; 95–99%: diferença muito provável; >99%: diferença quase certa. Foram improváveis as chances de ser benéfico ou não benéfico ao identificar valores acima de 5% pelos limiares citados anteriormente (Hopkins *et al.*, 2009). O TE e as inferências baseadas em magnitudes foram mediante as variáveis de 1RM nos momentos pré TF, após 4, 7 e 10 semanas de TF (para os testes de força dinâmica máxima de 1RM para cadeira extensora e *leg-press*), efeito pré- e pós treinamento para os testes de 1RM, CVIM e ASTM (ASTM<sub>RF</sub> e ASTM<sub>VL</sub>), nas variáveis biológicas (CK, IL-6 e TNF- $\alpha$ ) para avaliar o efeito agudo da LEDterapia após a primeira sessão de TF, na avaliação das cargas de treinamento e volume total realizado. Os limiares de mínima mudança detectável (MMD) foram calculados pelo produto dos desvios padrão pelo valor de 0,20 (baseados pelo princípio de Cohen) sobre os efeitos intra-grupo (Hopkins *et al.*, 2009).

## 4 RESULTADOS

### 4.1. ANÁLISES PRÉ-TREINAMENTO

As médias de idade nos grupos GTL ( $22,9 \pm 5,4$  anos), GTP ( $24,9 \pm 3,7$  anos) e GC ( $26,7 \pm 7,2$  anos) não foram diferentes entre si ( $F: 0,92; P = 0,41$ ). Não foram observadas diferenças para o peso corporal ( $F: 0,01; P = 0,98$ ) nos grupos GTL ( $76,5 \pm 10,7$  kg), GTP ( $75,6 \pm 10,2$  kg) e GC ( $76,2 \pm 12,7$  kg) e para estatura ( $F: 0,20; P = 0,85$ ) nos grupos GTL ( $175,5 \pm 2,74$  cm), GTP ( $175,6 \pm 2,92$  cm) e GC ( $177,6 \pm 2,92$  cm).

#### 4.1.1. Comparações entre grupos na condição pré-treinamento

Não foram encontradas diferenças significantes no momento inicial do estudo entre grupos para os testes de força dinâmica de 1RM em cadeira extensora ( $F = 0,44; P = 0,65$ ), GTL:  $71,1 \pm 15,1$  kg; GTP:  $75,9 \pm 17,6$  kg; GC:  $69,3 \pm 8,1$  kg, 1RM em *leg-press* ( $F = 0,06; P = 0,94$ ), GTL:  $125,3 \pm 40,5$  kg; GTP:  $118,8 \pm 43,8$  kg; GC:  $122,3 \pm 35,7$  kg, e pico de torque isométrico ( $F = 0,01; P = 0,99$ ), GTL:  $301,0 \pm 77,9$  N.m; GTP:  $303,3 \pm 61,3$  N.m; GC:  $298,1 \pm 47,4$  N.m.

Da mesma forma, no momento inicial do estudo, a ASTM dos músculos reto femoral ( $ASTM_{RF}$ ) e vasto lateral ( $ASTM_{VL}$ ) não se diferiram entre os grupos (GTL, GTP e GC). Os resultados e os valores em média e desvio-padrão entre os grupos para  $ASTM_{RF}$  foram: ( $F = 2,85; P = 0,08$ ), GTL:  $3,3 \pm 0,8$  cm<sup>2</sup>; GTP:  $4,5 \pm 1,2$  cm<sup>2</sup>; GC:  $3,5 \pm 0,9$  cm<sup>2</sup>, e para  $ASTM_{VL}$  foram: ( $F = 0,52; P = 0,60$ ) – GTL:  $19,7 \pm 4,6$  cm<sup>2</sup>; GTP:  $20,7 \pm 4,4$  cm<sup>2</sup>; GC:  $18,2 \pm 4,2$  cm<sup>2</sup>.

#### 4.2. EFEITO DA LEDTERAPIA SOBRE MARCADORES INDIRETOS DE DANO MUSCULAR AO TREINAMENTO DE FORÇA

Na Tabela 2 são apresentados os resultados absolutos em média e desvios padrão das concentrações séricas de creatina quinase (CK), interleucina 6 (IL-6) e fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) nos momentos pré-sessão de TF, 0h, 24h e 48h após a primeira sessão de TF (como fator tempo) nos grupos GTL e GTP. Adicionalmente, o TE (comparações não pareadas) com intervalo de confiança de 95% (IC95%) e inferência baseada em magnitudes são apresentados na Tabela 2. A inferência baseada em magnitudes reside no conceito mínima mudança detectável, que indica que as comparações podem se concentrar nos limiares de efeito positivo (+) / sem mudança (SM) / negativo (-).

Um efeito principal significativo foi observado no fator tempo para CK, porém sem efeito no fator grupo e interação grupo-tempo. Para o GTL, a CK aumentou significativamente em 24h após TF a 70% de 1RM quando comparado ao momento pré- sessão de TF, e reduziu a 48h após. Já para o GTP, a CK aumentou significativamente em 24h após e permaneceu elevada em 48h após sessão de TF ao comparar com o momento pré- sessão de TF. Para IL-6, nenhum efeito principal foi observado no fator tempo, sem significância no fator grupo e interação grupo-tempo. Para TNF- $\alpha$  os fatores tempo e grupo não resultaram um efeito significativo. Porém, houve um efeito principal significativo de interação entre grupo-tempo. Para o GTL e GTP, não foram observadas diferenças estatísticas ao longo do tempo, apesar de ser observado um aumento nos valores médios para o GTL e uma redução no GTP, do momento pré até 48h após sessão de TF, respectivamente (ver Tabela 2).

Um TE que resultou em uma magnitude de grande e provável diferença a favor do GTL foi observado a 48h após TF para CK, e favorável para o grupo GTP para TNF- $\alpha$ . Para IL-6 uma magnitude moderada no TE, porém incerta indicando ser menor para GTP foi observada em 24h e 48h após sessão de TF (ver Tabela 2).

**Tabela 2** – Média e desvio padrão das variáveis séricas de creatina quinase (CK) com ajuste em logarítmico na base 10 ( $\log_{10}$ ), interleucina 6 (IL-6) e fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) dos grupos GTL e GTP. Estimativas do tamanho do efeito (TE) de Cohen (para comparações não pareadas), intervalo de confiança em 95% (IC 95%) referente ao TE com magnitude do efeito e inferência baseada em magnitudes [efeito positivo (+) / sem mudança (SM) / negativo (-)] também são apresentadas.

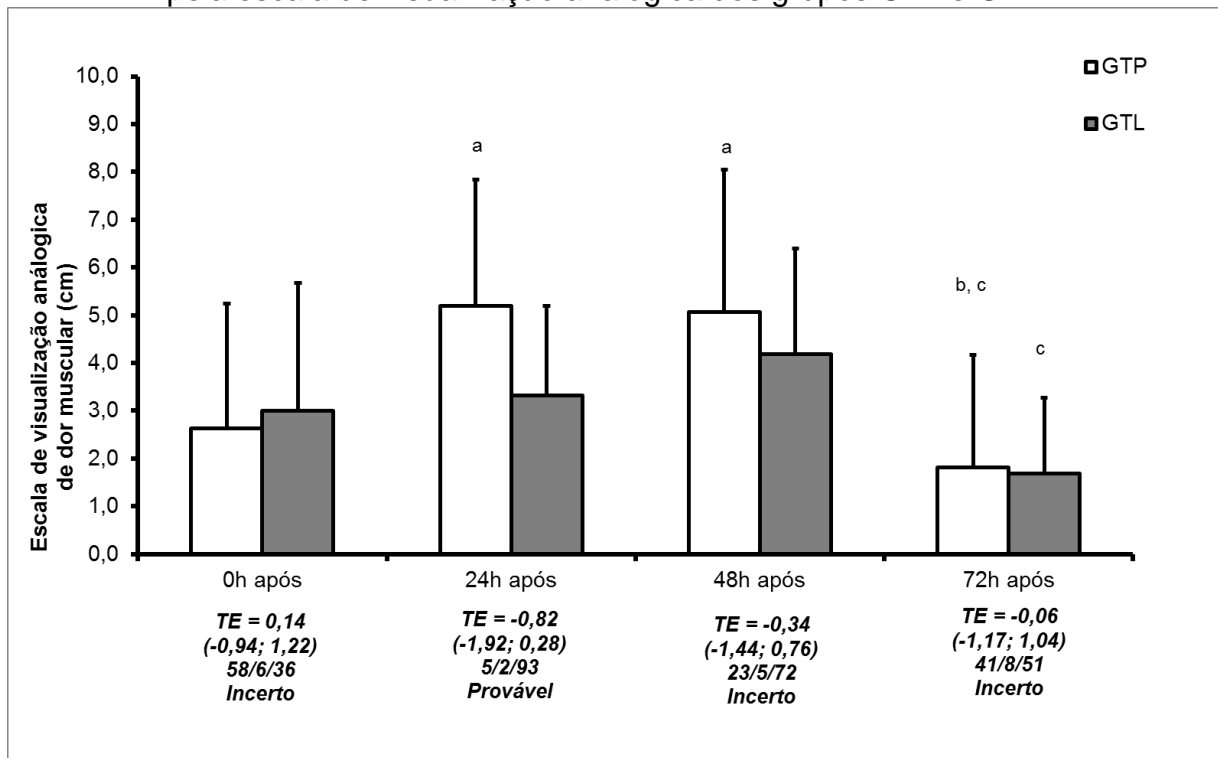
	Pré treino	0h após TF	24h após TF	48h após TF
<b>CK (<math>\log_{10}</math>) U/L</b>				
GTL	2,25 $\pm$ 0,40 <sup>c</sup>	2,39 $\pm$ 0,49 <sup>c</sup>	2,65 $\pm$ 0,54 <sup>d</sup>	2,38 $\pm$ 0,44
GTP	2,37 $\pm$ 0,24 <sup>c</sup>	2,44 $\pm$ 0,25 <sup>c</sup>	2,79 $\pm$ 0,28	2,73 $\pm$ 0,28 <sup>a</sup>
TE (IC 95%)	-0,35 (-1,45 – 0,75)	-0,12 (-1,22 – 0,98)	-0,31 (-1,41 – 0,80)	-0,95 (-2,05 – 0,15)
+ / SM / - Inferência da magnitude	15/23/62 Incerta	29/25/46 Incerta	19/19/62 Incerta	2/5/93 Provável
<b>IL-6 (pg/<math>\mu</math>L)</b>				
GTL	0,97 $\pm$ 0,47	1,08 $\pm$ 0,43	0,96 $\pm$ 0,48	0,99 $\pm$ 0,41
GTP	0,76 $\pm$ 0,37	1,07 $\pm$ 0,31	0,69 $\pm$ 0,31	0,72 $\pm$ 0,43
TE (IC 95%)	0,48 (-0,63 – 1,58)	0,03 (-1,07 – 1,13)	0,67 (-0,43 – 1,77)	0,64 (-0,49 – 1,77)
+ / SM / - Inferência da magnitude	70/19/10 Incerta	35/33/31 Incerta	81/13/6 Incerta	79/14/6 Incerta
<b>TNF-<math>\alpha</math> (pg/<math>\mu</math>L)</b>				
GTL	1,07 $\pm$ 0,48	1,06 $\pm$ 0,40	1,16 $\pm$ 0,43	1,27 $\pm$ 0,32*
GTP	1,07 $\pm$ 0,26	1,16 $\pm$ 0,43	1,01 $\pm$ 0,35	0,94 $\pm$ 0,28
TE (IC 95%)	0,00 (-1,09 – 1,10)	-0,24 (-1,38 – 0,89)	0,37 (-0,74 – 1,47)	1,08 (-0,03 – 2,19)
+ / SM / - Inferência da magnitude	35/29/35 Incerta	21/24/55 Incerta	63/22/15 Incerta	94/5/1 Provável

Nota: <sup>a</sup>Diferença significativa dentro do grupo ao comparar com o momento pré treino; <sup>b</sup>Diferença significativa dentro do grupo ao comparar com o momento 0h após TF; <sup>c</sup>Diferença significativa dentro do grupo ao comparar com o momento 24h após TF; <sup>d</sup>Diferença significativa dentro do grupo ao comparar com o momento 48h após TF. \*Diferença significativa entre os grupos GTP e GTL.

Efeitos principais para CK: tempo (F = 15,41; P < 0,01); grupo (F = 0,02; P = 0,88); grupo-tempo (F = 2,28; P = 0,14). Efeitos principais para IL-6: tempo (F = 0,98; P = 0,34); grupo (F = 0,12; P = 0,73); grupo-tempo (F = 0,63; P = 0,44). Efeitos principais para TNF- $\alpha$ : tempo (F = 0,12; P = 0,73); grupo (F = 0,59; P = 0,73); grupo-tempo (F = 5,40; P < 0,05).

Foi observado um efeito do tempo sobre os momentos estudados para percepção de dor muscular tardia por EVA nos grupos GTL ( $\chi^2=8,20$ ;  $P < 0,05$ ) e GTP ( $\chi^2=12,4$ ;  $P < 0,01$ ). Mas sem efeito entre os grupos (GTL vs GTP) nos momentos 0h após TF ( $U=29,0$ ;  $P = 0,74$ ), 24h após TF ( $U=18,5$ ;  $P = 0,15$ ), 48h após TF ( $U=0,03$ ;  $P = 0,56$ ) e 72h após TF ( $U=31,5$ ;  $P = 0,96$ ). As diferenças encontradas dentro dos grupos GTL e GTP, bem como o TE (IC95%) e inferência baseada magnitudes [efeito positivo (+)/ sem mudança (SM)/ negativo (-)] são apresentadas na Figura 5.

**Figura 5** – Média, desvio-padrão, estimativas do tamanho do efeito (TE) com intervalo de confiança de 95% do TE e inferência baseada magnitudes [efeito positivo (+) / sem mudança (SM) / negativo (-)] da dor muscular pela escala de visualização analógica dos grupos GTL e GTP.



Nota: <sup>a</sup>Diferença significativa dentro do grupo ao comparar o momento 0h após TF; <sup>b</sup>Diferença significativa dentro do grupo ao comparar o momento 24h após TF; <sup>c</sup>Diferença significativa dentro do grupo ao comparar o momento 48h após TF.

O grupo GTP demonstrou uma maior percepção de DMIT ligeiramente maior em 24 h após sessão de TF, por demonstrar uma magnitude grande pelo TE, seguido de uma provável diferença. Nos demais momentos, as magnitudes foram sem efeito ou moderada magnitude de TE e incerta a diferença nas comparações entre os grupos GTL e GTP.

#### 4.3. EFEITO DA LEDTERAPIA ASSOCIADO AO TREINAMENTO DE FORÇA

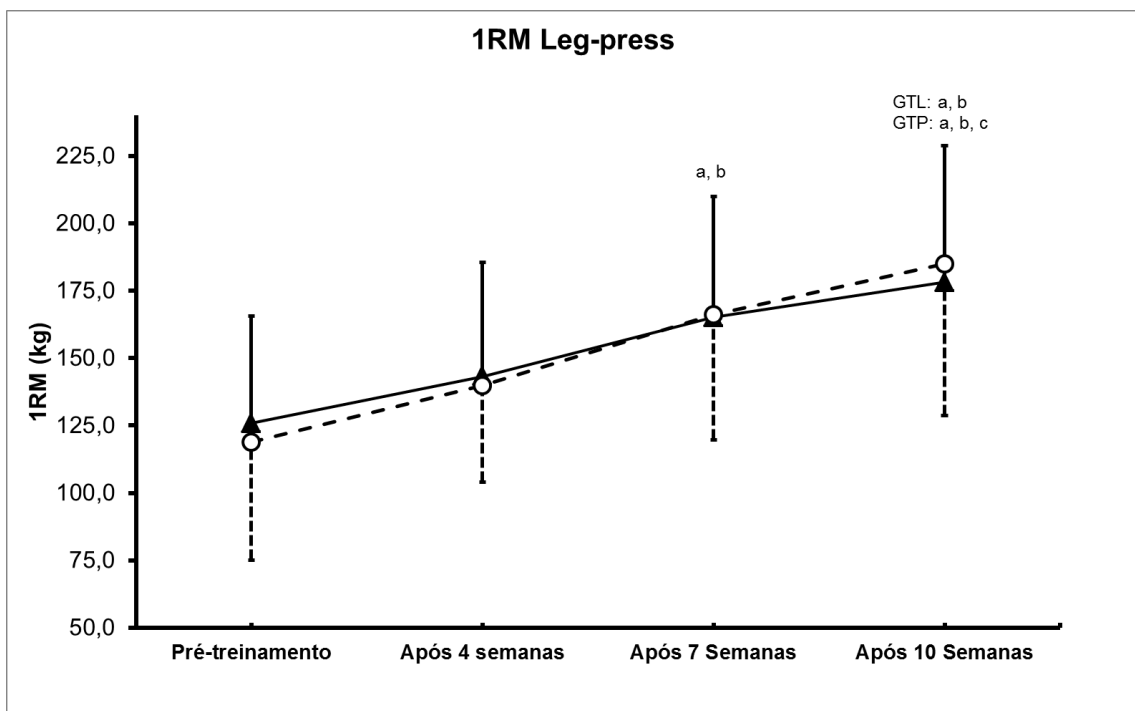
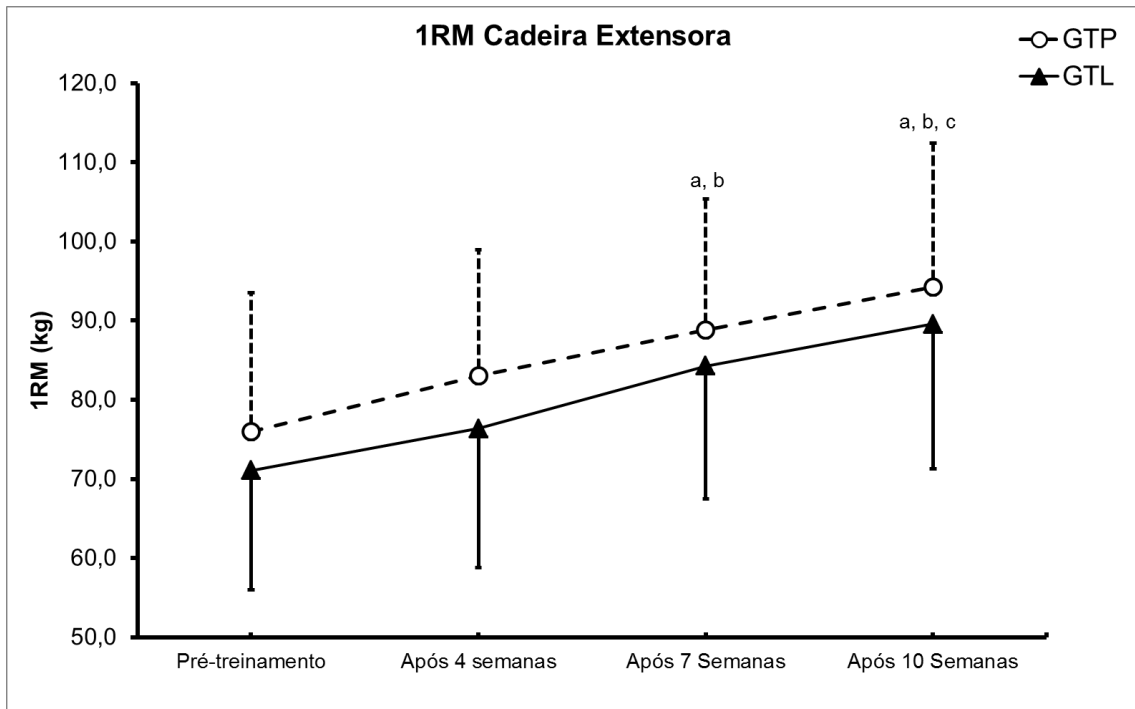
##### 4.3.1. Efeito da LEDterapia sobre os ganhos de força muscular dinâmica (1RM)

Um efeito significativo no fator tempo foi observado ao analisar o resultado dos testes de 1RM em cadeira extensora ( $F = 83,58$ ;  $P < 0,01$ ) e *leg-press* ( $F = 100,51$ ;  $P < 0,01$ ) nos grupos GTL e GTP, ao longo das 10 semanas de TF (pré-treinamento, após 4, 7 e 10 semanas). Mas nenhum efeito significativo foi indicado no fator grupo para 1RM na cadeira extensora ( $F = 0,98$ ;  $P = 0,34$ ) e interação grupo-tempo ( $F = 0,24$ ;  $P = 0,63$ ), e para 1RM em *leg-press* no fator grupo ( $F = 0,45$ ;  $P = 0,51$ ) e interação grupo-tempo ( $F = 1,23$ ;  $P = 0,29$ ).

As alterações na melhora na força muscular dinâmica de 1RM ao longo do tempo para o exercício na cadeira extensora foram similares entre os grupos GTL e GTP. Ambos os grupos tiveram melhora significativa a partir do momento após 7 e 10 semanas de TF comparado ao pré-treinamento, e esse aumento persistiu entre os momentos após 7 e 10 semanas. No exercício de *leg-press*, a melhora foi contínua somente no grupo GTP, indicado por uma diferença significativa a partir do momento após 7 e 10 semanas de TF comparado ao pré-treinamento, e entre os momentos após 7 e 10 semanas. Para o grupo GTL no exercício de *leg-press*, houve uma melhora até o momento após 7 semanas ao

comparar com o pré-treinamento, mas sem diferença entre os momentos após 7 e 10 semanas, indicando certa estabilização da força dinâmica em 1RM (ver Figura 6).

**Figura 6** – Resultado (média e desvio-padrão) dos testes de 1RM nos exercícios cadeira extensora e *leg-press* nos momentos pré-treinamento, após 4, 7 e 10 semanas de TF.



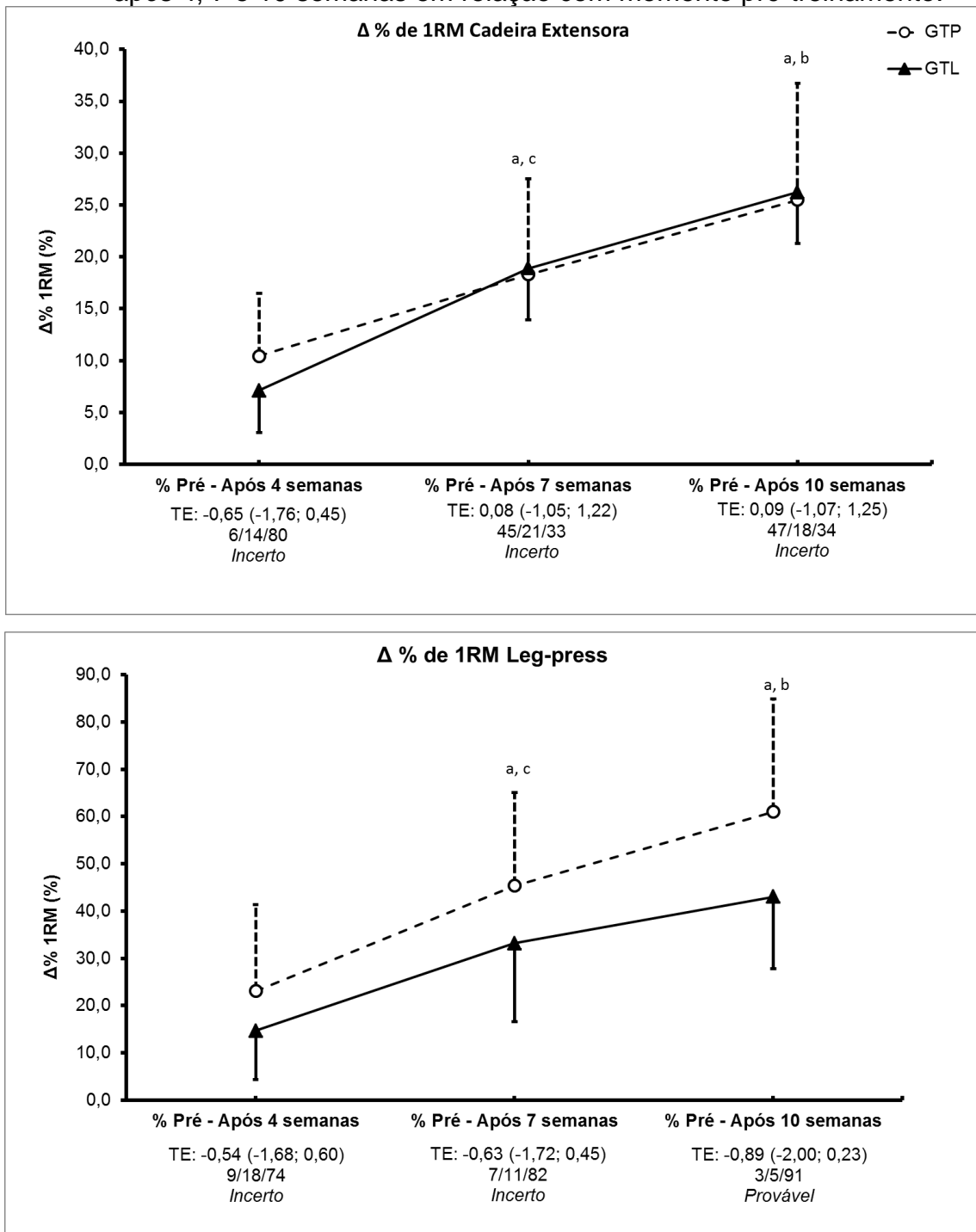
*Nota:* <sup>a</sup> Diferença significativa dentro do grupo ao comparar o momento pré-treinamento; <sup>b</sup> Diferença significativa dentro do grupo ao comparar com o momento após 4 semanas de TF; <sup>c</sup> Diferença significativa dentro do grupo ao comparar com o momento após 7 semanas de TF.

Os valores referentes ao TE e a inferência baseada em magnitudes dos efeitos (positivo/sem diferença/negativo) nos testes de 1RM para cadeira extensora ( $TE < 0,40$ ) e *leg-press* ( $TE < 0,15$ ) nos momentos pré-treinamento, após 4, 7 e 10 semanas não foram relevantes ao comparar os grupos GTL e GTP.

Na Figura 7 são demonstrados em média e desvio padrão do delta em percentual para os testes de 1RM em cadeira extensora e *leg-press* dos momentos após 4, 7 e 10 semanas em relação com momento pré-treinamento. Foi observado um efeito significativo no fator tempo ao analisar o delta percentual em relação ao pré-treinamento nos momentos após 4, 7 e 10 semanas dos testes de 1RM em cadeira extensora ( $F = 64,6$ ;  $P < 0,01$ ) e *leg-press* ( $F = 81,11$ ;  $P < 0,01$ ). De forma similar aos resultados dos valores absolutos, nenhum efeito significativo foi indicado no fator grupo para delta percentual na cadeira extensora ( $F = 0,60$ ;  $P = 0,45$ ) e interação grupo-tempo ( $F = 1,37$ ;  $P = 0,27$ ), e para 1RM em *leg-press* no fator grupo ( $F = 2,15$ ;  $P = 0,16$ ) e interação grupo-tempo ( $F = 1,63$ ;  $P = 0,22$ ).

As mudanças em delta percentual de 1RM analisadas dentro dos grupos GTL e GTP foram similares. Todos os momentos foram diferentes entre si ( $P < 0,05$ ), indicando aumento progressivo na força muscular dinâmica para delta percentual de 1RM na cadeira extensora e *leg-press* dentro de cada grupo (GTL e GTP), mas sem diferenças entre os grupos (ver Figura 7).

**Figura 7** – Resultado (média e desvio-padrão) do delta percentual ( $\Delta\%$ ) dos testes de 1RM nos exercícios cadeira extensora e leg-press nos momentos após 4, 7 e 10 semanas em relação com momento pré-treinamento. Estimativas do tamanho do efeito (TE) de Cohen (intervalo de confiança em 95%) e inferência baseada em magnitudes sobre o efeito positivo (+) / sem mudança (SM) / negativo (-), sobre delta percentual ( $\Delta\%$ ) dos testes de 1RM nos exercícios cadeira extensora e leg-press nos momentos após 4, 7 e 10 semanas em relação com momento pré-treinamento.



Nota: <sup>a</sup> Diferença significativa dentro do grupo ao comparar com % Pré – após 4 semanas para os grupos GTL e GTP; <sup>b</sup> Diferença significativa dentro do grupo ao comparar com Pré – após 7 semanas para os grupos GTL e GTP; <sup>c</sup> Diferença significativa dentro do grupo ao comparar com Pré – após 10 semanas para os grupos GTL e GTP.

Embora não tenham sido observadas diferenças significativas entre os grupos para os valores absolutos de 1RM e no delta percentual, as estimativas de TE e inferência baseada em magnitude indicaram um efeito grande [TE:-0,89 (IC95%: -2,00; 0,23)], seguido de uma provável diferença a favor do grupo GTP no delta percentual no momento após 10 semanas em relação ao pré-treinamento de 1RM no exercício de *leg-press*. Nos demais momentos, o exercício *leg-press* resultou um TE moderado, seguido de incerto, ao analisar o delta percentual de 1RM. No exercício cadeira extensora, os valores de delta percentual indicaram um efeito moderado no TE, porém incerto, no delta percentual no momento após 4 semanas, e sem efeito no TE, seguido de incerto, nos demais momentos em relação ao pré-treinamento (ver Figura 7).

#### 4.3.2. Efeito da LEDterapia sobre os ganhos de força muscular em pico de torque isométrico e área de secção transversa

Um efeito significativo no fator tempo para o pico de torque isométrico ( $F = 31,12$ ;  $P < 0,01$ ) e interação grupo-tempo ( $F = 9,86$ ;  $P < 0,01$ ), mas sem diferença significativa no fator grupo ( $F = 0,36$ ;  $P = 0,70$ ). Ao analisar o delta percentual para pico de torque isométrico, o fator grupo resultou em um efeito significativo ( $F = 7,76$ ;  $P = 0,03$ ), indicando que os grupos GTL e GTP foram significativamente diferentes do GC. Para  $ASTM_{RF}$ , um efeito significativo no fator tempo ( $F = 6,23$ ;  $P < 0,02$ ) e não significativo nos fatores grupo ( $F = 2,29$ ;  $P = 0,12$ ) e interação grupo-tempo ( $F = 0,87$ ;  $P = 0,43$ ) foram observados. Ao considerar o delta percentual para  $ASTM_{RF}$ , o fator grupo não foi estatisticamente significativo ( $F = 1,65$ ;  $P = 0,21$ ). A  $ASTM_{VL}$  apontou para um efeito estatisticamente significativo nos

fatores tempo ( $F = 9,26$ ;  $P < 0,01$ ), mas sem efeito de interação grupo-tempo ( $F = 2,89$ ;  $P = 0,07$ ) e no fator grupo ( $F = 0,15$ ;  $P = 0,86$ ). O efeito estatisticamente significativo no fator grupo ( $F = 4,82$ ;  $P < 0,05$ ), no delta percentual, foi observado para  $ASTM_{VL}$ , demonstrando que o GC se diferiu do GTP ( $P < 0,05$ ), mas sem diferenças para o GTL ( $P > 0,05$ ). As comparações pelo teste *post-hoc* de Bonferroni são demonstradas na Tabela 3.

Os resultados referentes ao TE de Cohen e pela análise de inferência baseada em magnitudes, demonstrados na Tabela 3, não resultaram nenhum efeito importante ( $TE < 0,20$ ) ao confrontar os grupos GTL e GTP para pico de torque isométrico,  $ASTM_{RF}$  e  $ASTM_{VL}$ .

**Tabela 3** – Comparações pré e pós treinamento sobre a força muscular no pico de torque isométrico, área de secção transversa dos músculos reto femoral (ASTM<sub>RF</sub>) e vasto lateral (ASTM<sub>VL</sub>) em valores absolutos e sobre delta percentual de variação pré- e pós treinamento ( $\Delta\%$ ) expressos em média e desvio padrão.

	Pré	Pós	$\Delta\%$	TE (IC 95%) <sup>(*)</sup>	+ / SM / - <sup>(*)</sup>	Inferência <sup>(*)</sup>
<b>Pico de torque isométrico (N.m)</b>						
GTL	301,0 ± 78,0	323,7 ± 79,5 <sup>#</sup>	8,0 ± 6,1 <sup>&amp;</sup>	-0,08 (-1,15; 0,99)	2/88/10	<i>Sem efeito provável</i>
GTP	303,3 ± 61,3	329,5 ± 70,3 <sup>#</sup>	8,5 ± 4,9 <sup>&amp;</sup>	<i>Sem efeito</i>		
GC	298,1 ± 47,4	295,9 ± 49,1	-0,8 ± 4,0	-	-	-
<b>ASTM<sub>RF</sub> (cm<sup>2</sup>)</b>						
GTL	3,3 ± 0,8	3,8 ± 1,1 <sup>#</sup>	16,7 ± 21,0	0,17 (-0,95; 1,30)	30/45/25	<i>Efeito incerto</i>
GTP	4,4 ± 1,2	4,9 ± 1,2 <sup>#</sup>	13,4 ± 16,2	<i>Sem efeito</i>		
GC	3,5 ± 0,8	3,5 ± 0,9	2,2 ± 5,8	-	-	-
<b>ASTM<sub>VL</sub> (cm<sup>2</sup>)</b>						
GTL	19,7 ± 4,6	22,1 ± 3,9 <sup>#</sup>	13,8 ± 13,2	-0,17 (1,23; 0,90)	8/46/45	<i>Efeito incerto</i>
GTP	20,9 ± 4,1	24,0 ± 4,2 <sup>#</sup>	15,7 ± 9,4 <sup>&amp;</sup>	<i>Sem efeito</i>		
GC	18,3 ± 3,9	18,1 ± 4,4	-1,0 ± 10,6	-	-	-

Nota: <sup>#</sup> Diferença significativa dentro do grupo entre pré e pós treinamento ( $P < 0,05$ ), <sup>&</sup> Diferença significativa comparado ao grupo GC ( $P < 0,05$ ); <sup>(\*)</sup> Análises de tamanho do efeito de Cohen (TE) e inferência baseada em magnitudes realizadas ao comparar os grupos TF + LEDterapia (GTL) e TF + placebo (GTP).

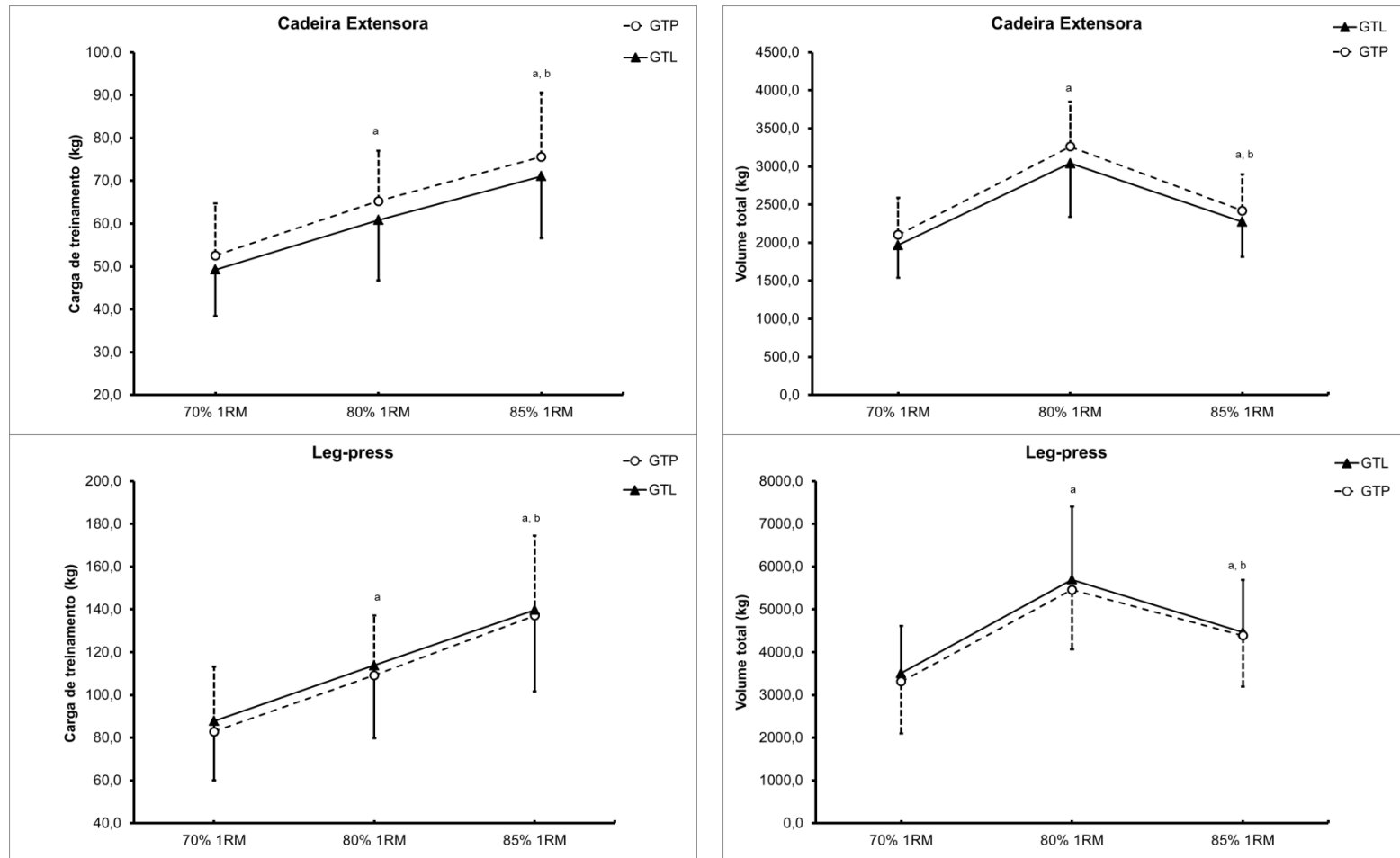
#### 4.3.3. Cargas de treinamento e volume total.

No decorrer do estudo, as cargas de treinamento absolutas (kg) a 70, 80 e 85 % de 1RM nos exercícios cadeira extensora e *leg-press*, sofreram aumento progressivo com efeito significativo somente ao considerar o fator tempo ( $F = 231,91$ ;  $P < 0,01$ ;  $F = 149,50$ ;  $P < 0,01$ ), mas sem efeito significativo entre os fatores grupo (GTL vs. GTP) ( $F = 0,40$ ;  $P = 0,54$ ;  $F = 0,07$ ;  $P = 0,80$ ) e interação grupo-tempo ( $F = 0,21$ ;  $P = 0,82$ ;  $F = 0,08$ ;  $P = 0,92$ ), respectivamente. Ao considerar o volume total (produto da carga absoluta e total de repetições por exercício) nos exercícios cadeira extensora e *leg-press*, houve um efeito significativo no fator tempo ( $F = 254,50$ ;  $P < 0,01$ ;  $F = 144,13$ ;  $P < 0,01$ ), e sem efeito significativo entre os fatores grupo (GTL vs. GTP) ( $F = 0,41$ ;  $P = 0,54$ ;  $F = 0,07$ ;  $P = 0,80$ ) e interação grupo-tempo ( $F = 0,44$ ;  $P = 0,65$ ;  $F = 0,07$ ;  $P = 0,79$ ), respectivamente. As variações no volume total indicaram um aumento significativo ( $P < 0,05$ ) entre os blocos de treinamento de 70 e 80 % de 1RM, seguido de uma redução entre 80 a 85% de 1RM. Embora tenha sido observada uma redução significativa no volume total após a carga a 80% de RM, os valores em ambos os grupos foram maiores a 85% de 1RM comparado com o volume total a 70% de RM ( $P < 0,05$ ). O comportamento das diferentes cargas de treinamento absolutas (kg) e volume total foram corroboradas pela MMD extraída pelo princípio de Cohen (ver Figura 8).

Um efeito pequeno pelo TE de Cohen foi observado ao comparar os grupos GTL e GTP, nas cargas absolutas no exercício cadeira extensora a 70% de 1RM (TE = -0,29; IC95%: -1,37; 0,79), a 80% de 1RM (TE = -0,34; IC95%: -1,41; 0,73) e 85% de 1RM (TE = -0,31; IC95%: -1,39; 0,77). Para o exercício *leg-press*, o TE resultou não ser diferente (TE < 0,20) a 70% de 1RM (TE = 0,17; IC95%: -0,91; 1,25), a 80% de 1RM (TE = 0,15; IC95%: -0,92; 1,22) e 85% de 1RM (TE = 0,07;

IC95%: -1,01; 1,15). As inferências baseadas em magnitudes (efeito + / sem mudança / efeito -) resultaram serem incertas para a carga absoluta nos exercícios cadeira extensora e *leg-press* a 70% de 1RM (17/27/56 – 47/30/23), 80% de 1RM (14/26/60 – 45/31/24), 85% de 1RM (16/27/57 – 39/32/29), respectivamente. Foi observado para volume total, onde os valores de TE no exercício para cadeira extensora foram moderados (70% de 1RM: TE = -0,29; IC95%: -1,37; 0,79 – 80% de 1RM: TE = -0,34; IC95%: -1,41; 0,73 – 85% de 1RM: TE = -0,31; IC95%: -1,39; 0,77) e no exercício *leg-press* o TE resultou não ter efeito ao comparar ambos os grupos (70% de 1RM: TE = 0,17; IC95%: -0,91; 1,25 – 80% de 1RM: TE 0,15; IC95%: -0,92; 1,22 – 85% de 1RM: TE = 0,07; IC95%: -1,01; 1,15). De forma similar ao TE, as inferências baseadas em magnitudes não indicaram resultados expressivos (magnitude inserta) nas comparações entre os grupos no volume total realizado nos exercícios cadeira extensora e *leg-press* a 70% de 1RM (17/27/56 – 47/30/23), 80% de 1RM (14/26/60 – 45/31/24) e 85% de 1RM (16/27/57 – 39/32/29), respectivamente.

**Figura 8** – Resultado (média e desvio-padrão) das cargas absolutas de treinamento (painéis superior e inferior a esquerda) e volume total de treinamento (painéis superior e inferior a direita) nos exercícios cadeira extensora e leg-press nos blocos de treinamento equivalentes a 70, 80 e 85 % de 1RM.



Nota: <sup>a</sup> Diferença significativa dentro do grupo ao comparar com 70% de 1RM; <sup>b</sup> Diferença significativa dentro do grupo ao comparar com 80% de 1RM.

## 5 DISCUSSÃO

Os principais resultados encontrados foram que o TF associado à LEDterapia não resultou em ganhos adicionais de força (1RM em cadeira extensora, *leg-press*, pico de torque isométrico e hipertrofia por ATSM) ao comparar com o TF com placebo. Este resultado foi diferente do encontrado por Ferraresi e seus colaboradores (Ferraresi *et al.*, 2011; Ferraresi *et al.*, 2016b). Adicionalmente, um ponto curioso no presente estudo, foram os ganhos de força dinâmica (1RM) no exercício de *leg-press*, que continuaram progressivamente ocorrendo no grupo GTP, ao passo que uma estabilização foi observada no grupo GTL após 7 semanas de TF.

Quanto ao efeito agudo no TF a 70% de 1RM, uma magnitude provável foi encontrada para o grupo GTL indicando uma recuperação 48h após o TF para CK. Para DMIT, o grupo GTL obteve menor resultado encontrado em 24h após sessão de treino comparado com o grupo GTP. Isso vem corroborar que a LEDterapia contribui para atenuar os sinais de DMIE após sessão de TF em indivíduos destreinados (Leal Junior, Lopes-Martins, Rossi, *et al.*, 2009; Baroni, Leal Junior, De Marchi, *et al.*, 2010; Felismino *et al.*, 2014; Ferraresi *et al.*, 2016b). Sobre os indicadores inflamatórios, nenhuma diferença importante foi encontrada entre os grupos em IL-6, mas o delta percentual de variação para TNF- $\alpha$  indicou aumento até 48h para o GTL e uma redução observada para o GTP. Esse resultado vai contra grande parte do encontrado pela literatura para TNF- $\alpha$  (Mesquita-Ferrari *et al.*, 2011; Alves *et al.*, 2013; Amadio *et al.*, 2015), demonstrados com estudos em animais.

## 5.1. EFEITO DA LEDTERAPIA SOBRE INDICADORES DE DANO MUSCULAR APÓS SESSÃO DE TREINAMENTO DE FORÇA

O uso da CK e da DMIT tem sido utilizado para avaliar o grau de DMIE após exercícios de alta intensidade (Ascensao *et al.*, 2008; Baroni, Leal Junior, De Marchi, *et al.*, 2010; Meneghel *et al.*, 2014; Damas, Nosaka, *et al.*, 2016), embora a queda sobre o pico de torque muscular seja mais aceita ao se relacionar com o DMIE (Clarkson e Hubal, 2002; Damas, Nosaka, *et al.*, 2016). Como esperado, após a primeira sessão de treinamento, os resultados indicaram que a sessão de TF a 70% de 1RM (cadeira extensora e *leg-press*) induziu uma resposta ao DMIE ao considerar a variação de CK e DMIT, sobretudo aos observar os momentos 24h e 48h após sessão.

No presente estudo, a LEDterapia (630nm a 180J) resultou uma maior taxa de recuperação, entre 24h e 48h após TF, sobre os marcadores indiretos de DMIE (CK e DMIT) após sessão de TF nos exercício cadeira extensora e *leg-press* a 70% de 1RM. Esses achados são corroborados por Ferraresi e seus colaboradores (Ferraresi *et al.*, 2016b), que encontraram 26% de mudança em CK para LEDterapia contra 45% na condição placebo após 24h da primeira sessão de TF (80% e 50% de 1RM nos exercícios de *leg-press* e cadeira extensora, respectivamente). A CK, no presente estudo, aumentou 16% para GTL e 18% para GTP em delta percentual 24h após sessão de TF. Contudo, uma leve queda da LEDterapia sobre recuperação em CK foi observada a 48h após sessão de TF (6% para GTL), mas uma manutenção foi observada, na ordem de 16% para GTP. Esses valores foram ligeiramente menores ao comparar com os estudos citados anteriormente. Uma hipótese para isso seria a existência de certo efeito de carga

repetida (Barroso, 2013; Meneghel *et al.*, 2014) induzida pelos testes de familiarização (4 sessões de testes) de força muscular previamente a sessão de TF a 70% de 1RM. Uma menor magnitude foi observado para DMIT no presente estudo ao confrontar os resultados de Ferraresi *et al.* (2016b). As variações encontradas foram de 5 cm para LEDterapia contra 8 cm na condição placebo (Ferraresi *et al.*, 2016b), sendo maiores do que o presente estudo, na qual a comparação entre os grupos GTL e GTP, observada após 24h da sessão de TF, foi de 3 cm contra 5 cm em média, respectivamente. A comparação entre o presente estudo com o de Ferraresi *et al.*, (2016b) é feita pela proximidade dos objetivos (efeito da LEDterapia no TF), e dos exercícios empregados (*leg-press* e cadeira extensora), embora a ordem e percentual de intensidade de 1RM tenham sido ligeiramente diferentes.

Uma maior variação individual na CK ou DMIT já foi mencionada anteriormente, sugerindo indivíduos com níveis de responsividade ao DMIE entre baixo, médio e alto (Damas, Nosaka, *et al.*, 2016). Assim, embora próximo, o estudo de Ferraresi *et al.* (2016b) foi conduzido somente com gêmeos homozigotos, o que dificulta extrapolar os resultados para outras populações. Em outro estudo a LEDterapia (vermelho e infravermelho a 60J, 180J e 300J) também diminuiu as respostas (CK, DMIT por EVA e torque isométrico) relacionadas ao DMIE em exercício excêntrico (Antoniali *et al.*, 2014). Porém, o uso da energia irradiada de 180J por grupo muscular (quadríceps) parece indicar melhores resultados sobre a recuperação do DMIE (Antoniali *et al.*, 2014). Da mesma forma, a fototerapia com LASER de baixa intensidade (810nm a 180J) antes do exercício excêntrico resultou e uma recuperação mais acelerada após 48h sobre CK, LDH e pico de torque (Baroni, Leal Junior, De Marchi, *et al.*, 2010). A aplicação da fototerapia (LASER) entre séries de exercício resistido de rosca de bíceps (10 séries de 10 repetições a

50% de 1RM) para indução do DMIE, promoveu maior recuperação dos níveis de CK em 72h após, mas sem diferenças sobre força muscular dinâmica (Felismino *et al.*, 2014). De forma geral, o uso da fototerapia tem promovido redução nos indicadores indiretos ao DMIE, com maior magnitude sobre CK e DMIT.

Os possíveis efeitos positivos da fototerapia (LEDterapia ou LASER) sobre os marcadores de DMIE são relacionados ao aumento da capacidade bioenergética celular pela ação direta na CcO, e conseqüentemente maior síntese de ATP (Karu e Kolyakov, 2005). Esse efeito está associado a uma diminuição da resposta inflamatória e de prostaglandina (Bjordal *et al.*, 2006), melhor recuperação pós exercício (Harris, 1991), podendo então impactar na permeabilidade da membrana celular indicada pela CK sanguínea (Brancaccio, Maffulli e Limongelli, 2007) e sobre os níveis de DMIT (Chow *et al.*, 2009). Porém mais estudos, com maior rigor metodológico são necessários, para que as evidências a respeito do efeito da LEDterapia sobre a recuperação em exercício de alta intensidade sobre o DMIE possam ser determinadas com maior segurança (Borsa, Larkin e True, 2013; Nampo *et al.*, 2015).

A resposta inflamatória apresentou variações após TF a 70% de 1RM de forma mais discreta das observadas por CK e DMIT. A IL-6 não indicou variação temporal entre os grupos. Porém, a LEDterapia parece atenuar a mudança em percentual para IL-6 no grupo GTL imediatamente após sessão de TF (10 min do TF e LEDterapia), demonstrado por um TE de grande efeito (>0,80). Uma queda para o grupo GTP e um aumento para o grupo GTL, para TNF- $\alpha$ , foi observado e indicado por um TE grande, seguida de uma magnitude de diferença muito provável após 48h da sessão de TF. Embora o aumento TNF- $\alpha$  no grupo LEDterapia não era esperado inicialmente (Mesquita-Ferrari *et al.*, 2011; Alves *et al.*, 2013), a fototerapia

por LASER (810nm e 48J nas duas pernas nos músculos adutores), após 5 sessões de treinamento com natação e polo aquático, também indicou um aumento progressivo para TNF- $\alpha$  até 48h após última sessão de treinamento, ao passo que o grupo placebo não resultou mudanças temporais significativas (Zagatto *et al.*, 2016). Entretanto, sem DMIE induzido aparentemente em ambos os grupos experimentais estudados (Zagatto *et al.*, 2016). Contudo, as respostas inflamatórias, em particular pela IL-6 e TNF- $\alpha$  podem não apresentar uma grande variação, mesmo quando o exercício induz DMIE (Hirose *et al.*, 2004). Assim, possivelmente o aumento da resposta inflamatória após DMIE pode impactar nas etapas de reparo celular (Serrano *et al.*, 2008; Tidball e Villalta, 2010), por vias miogênicas. Neste sentido, esse efeito, se fosse observado cronicamente, poderia limitar os ganhos de força e hipertrofia.

Os resultados do presente estudo, sobre a elevação em TNF- $\alpha$  48 h pela LEDterapia após TF a 70% 1RM, embora conflitantes, se mostram interessantes. A literatura tem apontado uma relação entre a resposta inflamatória na fase inicial, com os eventos de resolução da inflamação, fase regenerativa e de reparo tecidual (indicada pela IL-6 e TNF- $\alpha$ ) (Serrano *et al.*, 2008; Tidball e Villalta, 2010; Chazaud, 2016). A IL-6 liberada pelo músculo e por mobilização de macrófagos, parece ativar os fatores miogênicos (ex: MyoD e Myf5), proliferação de mioblastos e de células satélites (Chazaud, 2016) que estão relacionados aos aspectos hipertróficos no músculo (Serrano *et al.*, 2008). Por sua vez, uma maior expressão de TNF- $\alpha$  pelo macrófago, pode ativar NF $\kappa$ -B no músculo que contribui para diminuição dos fatores miogênicos, mas que também parece estar relacionado com a regeneração celular quando TNF- $\alpha$  sinaliza NF $\kappa$ -B no macrófago induzindo a expressão de várias citocinas, dentre elas a IL-6 (Tidball e Villalta, 2010; Chazaud,

2016). Logo, uma maior sinalização de TNF-  $\alpha$  poderia indicar um retardo da resolução da inflamação e regeneração do tecido muscular.

No presente estudo, não foi observado um segundo aumento significativo em IL-6 (ex.: 48h após) no grupo GTL, tão pouco no grupo GTP. É importante notar que o uso da fototerapia pode auxiliar em fatores miogênicos devido a redução do quadro inflamatório presente em lesões de tecido (Alves *et al.*, 2014). Contudo, o DMIE, se não for excessivo, pode estar relacionado aos mecanismos hipertróficos (Schoenfeld, 2012). Contudo, parece razoável a hipótese de que, a modulação da diminuição da resposta inflamatória aguda ao exercício, possa impactar nos eventos subsequentes de resolução e reparo do tecido (Tidball e Villalta, 2010), e conseqüentemente aumento da área lesionada por necrose e indicadores de DMIE até 48h após exercício (Huang *et al.*, 2016). Em parte, essa hipótese foi testada anteriormente em duas sessões de TF (separadas por 21 dias), na qual a LEDterapia (940nm a 180J no quadríceps) precedeu a primeira sessão de TF nos exercícios *leg-press* e cadeira extensora (2 séries concêntrica/excêntrica a 85% de 1RM + 2 séries somente excêntrica a 120% de 1RM) (Barroso, 2013). Neste caso, a LEDterapia não pareceu modular a resposta ao DMIE e da inflamação (por infiltração de neutrófilos), e essas respostas foram diminuídas na segunda sessão de TF a despeito da exposição a irradiação por LED (Barroso, 2013). Assim, ainda não há clara evidência que assegure sobre o efeito da fototerapia no DMIE e suas respostas inflamatórias sobre a melhora ou atenuação nas adaptações do tecido muscular em seres humanos.

## 5.2. EFEITO DA LEDTERAPIA ASSOCIADA AO TREINAMENTO DE FORÇA SOBRE AS RESPOSTAS ADAPTATIVAS MUSCULARES

O uso conjugado da LEDterapia com o TF durante 10 semanas não resultou em melhora significativa sobre o ganho de força em 1RM em cadeira extensora, pico de torque isométrico e ASTM. Esse resultado contrasta parcialmente do encontrado pela literatura (Ferraresi *et al.*, 2011; Ferraresi *et al.*, 2016b). Somado a isso, a evolução na força dinâmica em 1RM para o exercício *leg-press*, pela mudança em percentual após 10 semanas, foi favorável ao grupo GTP ao observar uma provável diferença (3/5/91 favorável para GTP) e magnitude grande pelo TE (-0,89).

Após 10 semanas de TF o ganho em percentual da ASTM muscular do grupo GTP (ASTM<sub>RT</sub>: 13,4%; ASTM<sub>VL</sub>: 15,7%) foi ligeiramente maior ao grupo placebo reportado por Baroni *et al.* (2015) (ASTM<sub>RT</sub>: 11,9%; ASTM<sub>VL</sub>: 6%). Para o GTL (ASTM<sub>RT</sub>: 16,7%; ASTM<sub>VL</sub>: 13,8%) os resultados de ASTM foram similares para o músculo reto femoral (17,7%), mas inferiores no músculo vasto lateral (10,1%) (Baroni *et al.*, 2015). Essas diferenças entre o presente estudo e os encontrados por Baroni *et al.* (2015) podem ser devidas as diferentes características no treinamento. Baroni *et al.* (2015) utilizaram treinamento excêntrico por 8 semanas, enquanto que o TF utilizado foi dinâmico por 10 semanas. No estudo conduzido por Ferraresi *et al.* (2016b), a ASTM foi mediante a ressonância magnética de imagem, que é considerada um método padrão ouro para determinar a ASTM. Os resultados foram que o TF com a LEDterapia aumentou 20% contra 5% no TF com placebo. Esses resultados, porém não podem ser comparados, pois são oriundos de dois únicos sujeitos estudados (Ferraresi *et al.*, 2016b).

No presente estudo, a LEDterapia após o TF aumentou de forma similar ao grupo placebo sobre a força dinâmica no exercício cadeira extensora (26% e 25%, respectivamente). Porém, no GTP, a mudança em 1RM no exercício de *leg-press* resultou ganhos de 61% contra 43% no grupo GTL. Esse resultado vai contra ao encontrado por Ferraresi *et al.* (2011), sobre 1RM no exercício de *leg-press*, que obteve uma maior magnitude de aumento (56%) para o grupo TF (80% 1RM por 12 semanas) com LEDterapia (808nm a 50J em ambas as pernas) e 27% no grupo que realizou o TF sem a LEDterapia. Em outro estudo (Ferraresi *et al.*, 2016b), em gêmeos homozigotos, o ganho de força dinâmica (1RM em *leg-press* e cadeira extensora) foi maior no sujeito que treinou de forma conjugada com a LEDterapia (850nm a 75J), 53% e 37%, do que o sujeito que treinou sem a LEDterapia (28% e 20%), respectivamente. A magnitude de aumento para força dinâmica, em ambos os grupos do presente estudo, esteve mais próxima ao encontrado no segundo experimento realizado por Ferraresi (Ferraresi *et al.*, 2016b) do que o primeiro (Ferraresi *et al.*, 2011). O número de exercícios realizados (*leg-press* e cadeira extensora) no presente estudo, bem como no segundo experimento de Ferraresi (Ferraresi *et al.*, 2016b), pode ter contribuído em resultados mais próximos, ao passo que o TF no primeiro estudo foi somente no exercício de *leg-press* (Ferraresi *et al.*, 2011).

Outro fato a ser considerado é a intensidade empregada, que foi progressivamente no presente estudo em 70%, 80% e 85% de 1RM, com o intuito de causar um estímulo mecânico progressivo (Oken *et al.*, 2004). Isso pode ter contribuído em maiores valores de magnitude de aumento no exercício *leg-press* ao comparar com os estudos supracitados. Em projeto piloto, o presente estudo tentou aplicar o percentual de treinamento a 80% de 1RM como demonstrado por Ferraresi

*et al.*, (2011), nos exercícios de *leg-press* e cadeira extensora. Porém, não foi possível equalizar o volume preconizado de 4 séries de 10 repetições devido alto grau de fadiga encontrado nos sujeitos, sobretudo no segundo exercício (cadeira extensora). Talvez, por esse motivo, Ferraresi *et al.* (2016b) em seu segundo experimento tenha diminuído o percentual do exercício cadeira extensora para 50% de 1RM. Essas diferenças possivelmente estão relacionadas às sessões de familiarização nos testes de força muscular, aplicadas antes de iniciar o TF. Nos estudos conduzidos por Ferraresi e colaboradores (Ferraresi *et al.*, 2011; Ferraresi *et al.*, 2016b) isso não foi controlado.

Em outro estudo, com aplicação da LEDTerapia previamente a cada sessão (810nm a 240J) de treinamento excêntrico por 8 semanas (2x por semana) encontrou uma magnitude favorável para força isométrica e de hipertrofia ao comparar com o grupo placebo (Baroni *et al.*, 2015). Neste caso, a LEDterapia pode ter contribuído na melhora de desempenho nas sessões de TF excêntrico, causando assim maiores estímulos mecânicos (Hornberger e Chien, 2006), que por sua vez é muito importante para induzir em ganhos hipertróficos (Nosaka *et al.*, 2003).

Com o objetivo de comparar a melhor forma de aplicação da fototerapia (antes e depois), de forma conjugada ao TF sobre os ganhos de força e de hipertrofia, Vanin *et al.* (2016) observaram que a aplicação da fototerapia (LASER super pulsado: 905nm; LEDs: 640 e 875nm a 180J de energia total no quadríceps) previa à sessão de TF e placebo após, por 12 semanas (80% 1RM em 5 séries de 10 repetições nos exercícios de *leg-press* e extensão de joelho, 2x por semana) parece resultar em ganhos mais expressivos sobre força dinâmica (1RM) e pico de torque isométrico (Vanin *et al.*, 2016). De outra forma, os grupos que realizaram a fototerapia antes e depois, placebo antes e fototerapia depois (similar ao realizar no

presente estudo) e placebo antes e depois, não resultou em nenhuma diferença significativa para força dinâmica (1RM em *leg-press* e cadeira extensora) e isométrica após 4, 8 e 12 semanas de TF (Vanin *et al.*, 2016).

Embora os ganhos de força muscular com o TF possam ser atribuídos às adaptações neurais na fase inicial, a ativação da via da mTOR tem sido sugerido com os ganhos hipertrofia e na força muscular com uso combinado do TF com a fototerapia (Baroni, Leal Junior, Geremia, *et al.*, 2010; Ferraresi *et al.*, 2011; Ferraresi, Hamblin e Parizotto, 2012; Ferraresi *et al.*, 2016b). Os mecanismos sugeridos relacionados à adaptação muscular pela fototerapia com o TF, seriam aumento na biogênese mitocondrial por promover biomodulação na CcO, redução da inflamação e estresse oxidativo (indicada pela ativação de SOD2 e inibição da IL1), inibição dos fatores atroficos, ativação da via de sinalização da mTOR e de síntese de proteínas (Ferraresi, Hamblin e Parizotto, 2012; Ferraresi *et al.*, 2016b). Baroni *et al.* (2015) tem indicado que o DMIE causado pelo exercício excêntrico seria uma possível via que explicaria os ganhos de força e de hipertrofia, tendo em vista que Ferraresi *et al.* (2012) sugeriu que o processo de reparo tecidual e de redução da inflamação poderia ser otimizado com a exposição da fototerapia associado ao TF. Esse fato, porém não se confirmou no presente estudo sobre os ganhos de força (dinâmica e isométrica) e hipertrofia (por ASTM nos músculos vasto lateral e reto femoral).

A principal diferença entre os estudos de Ferraresi *et al.* (2011) e (2016) com o atual, poderia ser devida à quantidade de energia emitida nas sessões de fototerapia após TF. A quantidade de energia total emitida nos estudos de Ferraresi *et al.* (2011) e (2016a) foi de 50,4J e 75J, respectivamente. O presente estudo utilizou uma quantidade maior de energia (180J). Essa quantidade de

energia irradiada respondeu positivamente na atenuação do DMIE agudo em outros estudos (Baroni, Leal Junior, De Marchi, *et al.*, 2010; Antonialli *et al.*, 2014), e em ganhos de força e hipertrofia com treinamento excêntrico (Baroni *et al.*, 2015) ou com o TF de membros inferiores (Vanin *et al.*, 2016). Assim, a hipótese de uma superexposição pela irradiação e um efeito bifásico (Huang *et al.*, 2009) no presente estudo, parece não ser o fator principal.

Outra hipótese seria diferenças nas cargas de treinamento (externa e interna) e no volume total realizado entre os grupos. No presente estudo, tanto as cargas absolutas quanto o volume total realizado não se diferiram entre os grupos em nenhum momento. Assim, que esse fator não contribuiu para uma atenuação no exercício de *leg-press* no grupo GTL após 10 semanas de TF. Sobre as respostas na PSE, a LEDterapia com o TF parece indicar em maiores valores de PSE em média ao considerar todo o período de treinamento. Esse fato é curioso, pois indica que LEDterapia com TF resultou maior PSE ao longo das 10 semanas. Isso sugere que o ganho de força maior (1RM *leg-press* após 10 semanas) no TF realizado sem o uso da LEDterapia pode estar relacionado com menores valores de PSE. Por sua vez, a PSE se mostra sensível quando o TF é realizado sem falha muscular comparado com o TF realizado até falha muscular, mas com o mesmo volume total realizado (Sweet *et al.*, 2004; Fisher, Blossom e Steele, 2016). Entretanto, não há estudos que comprovem a influência da LEDterapia sobre a PSE no TF. Assim é difícil criar relações entre maiores adaptações no ganho de força seguida de uma redução na PSE ao longo de um programa de TF com e sem fototerapia.

Uma hipótese alternativa é que a modulação sobre redução da inflamação com a fototerapia por LED ou LASER sobre a liberação de agentes pró-inflamatórios (Mesquita-Ferrari *et al.*, 2011) e anti-inflamatórios induzida pelo TF

possa atenuar a resposta adaptativa no músculo esquelético de forma crônica (Calle e Fernandez, 2010; Tidball e Villalta, 2010; Chazaud, 2016; Huang *et al.*, 2016). Entretanto, essa hipótese ainda não foi testada em humanos.

Em um estudo interessante com humanos, essa hipótese foi testada. A crioterapia por imersão realizada após sessões de TF atenuou a resposta adaptativa muscular de forma aguda e crônica (após 12 semanas de TF) sobre mobilização de células satélites e de P70S6K e de massa muscular de quadríceps por imagem de ressonância magnética (Roberts *et al.*, 2015). Embora os mecanismos entre crioterapia e fototerapia sejam diferentes, uma diminuição sobre o grau de inflamação parece existir após período curto de treinamento em jogadores de tênis (Ziemann *et al.*, 2012). Além de uma diminuição em marcadores inflamatórios, a crioterapia após exercício de alta intensidade parece atenuar sinais anabólicos (Nemet *et al.*, 2009). Assim, parece que de alguma forma, o uso combinado de métodos de recuperação com o TF possa também atenuar as respostas adaptativas musculares.

Ao considerar a importância da resposta inflamatória nas adaptações positivas (Calle e Fernandez, 2010), somado a existência de um grau de DMIE não excessivo, durante o TF (Schoenfeld, 2012), os mecanismos relacionados a via PI3K/Akt/mTOR/P70S6K poderiam explicar de algum modo os ganhos hipertróficos e de força. E ainda, o processo de hipertrofia miofibrilar parece ocorrer com maior magnitude quando DMIE é atenuado após 3 semanas de TF (Damas, Phillips, *et al.*, 2016). No presente estudo, observamos que a LEDterapia atenuou a resposta do DMIE após primeira sessão de TF a 70% 1RM, mas uma magnitude de grande efeito no TF sem LEDterapia foi observada somente após 10 semanas na força dinâmica para o exercício *leg-press*, mas sem diferença sobre torque

isométrico e 1RM no exercício de cadeira extensora. Ao final das 10 semanas de TF, acreditamos que DMIE no TF tenha sido reduzido, tendo como base outros estudos citados anteriormente. Mas como não temos informações sobre o grau do DMIE no período final do estudo, é difícil assegurar quais as causas explicariam com certeza na atenuação da força dinâmica no *leg-press* no TF com a LEDterapia.

## 6 CONCLUSÃO

O presente estudo não encontrou efeito positivo da LEDterapia realizada após sessões de TF sobre força muscular (dinâmica e isométrica) e em hipertrofia. Adicionalmente, uma atenuação sobre os ganhos de força dinâmica no exercício *leg-press* foi observado quando o TF foi realizado com a LEDterapia. Com relação ao efeito agudo, a LEDterapia resultou em uma atenuação sobre os sinais de DMIE (DMIT e CK) após a primeira sessão de TF nos momentos 24h e 48h após, respectivamente. Porém, a LEDterapia não promoveu diminuição nas citocinas IL-6 e TNF- $\alpha$ . Além disso, a LEDterapia parece aumentar sinais inflamatórios pela elevação de TNF- $\alpha$  em 48h após a sessão de TF em indivíduos destreinados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.
- AIMBIRE, F.; ALBERTINI, R.; PACHECO, M. T.; CASTRO-FARIA-NETO, H. C.; LEONARDO, P. S.; IVERSEN, V. V.; LOPES-MARTINS, R. A.; BJORDAL, J. M. Low-level laser therapy induces dose-dependent reduction of TNFalpha levels in acute inflammation. **Photomed Laser Surg**, v. 24, n. 1, p. 33-7, 2006.
- ALVES, A. C.; VIEIRA, R.; LEAL-JUNIOR, E.; DOS SANTOS, S.; LIGEIRO, A. P.; ALBERTINI, R.; JUNIOR, J.; DE CARVALHO, P. Effect of low-level laser therapy on the expression of inflammatory mediators and on neutrophils and macrophages in acute joint inflammation. **Arthritis Res Ther**, v. 15, n. 5, p. R116, 2013.
- ALVES, A. N.; FERNANDES, K. P.; DEANA, A. M.; BUSSADORI, S. K.; MESQUITA-FERRARI, R. A. Effects of low-level laser therapy on skeletal muscle repair: a systematic review. **Am J Phys Med Rehabil**, v. 93, n. 12, p. 1073-85, 2014.
- AMADIO, E. M.; SERRA, A. J.; GUARALDO, S. A.; SILVA, J. A., JR.; ANTONIO, E. L.; SILVA, F.; PORTES, L. A.; TUCCI, P. J.; LEAL-JUNIOR, E. C.; DE CARVALHO PDE, T. The action of pre-exercise low-level laser therapy (LLL) on the expression of IL-6 and TNF-alpha proteins and on the functional fitness of elderly rats subjected to aerobic training. **Lasers Med Sci**, v. 30, n. 3, p. 1127-34, 2015.
- ANTONIALLI, F. C.; DE MARCHI, T.; TOMAZONI, S. S.; VANIN, A. A.; DOS SANTOS GRANDINETTI, V.; DE PAIVA, P. R.; PINTO, H. D.; MIRANDA, E. F.; DE TARSO CAMILLO DE CARVALHO, P.; LEAL-JUNIOR, E. C. Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. **Lasers Med Sci**, v. 29, n. 6, p. 1967-76, 2014.
- ARMSTRONG, R. B.; WARREN, G. L.; WARREN, J. A. Mechanisms of exercise-induced muscle fibre injury. **Sports Med**, v. 12, n. 3, p. 184-207, 1991.
- ASCENSAO, A.; REBELO, A.; OLIVEIRA, E.; MARQUES, F.; PEREIRA, L.; MAGALHAES, J. Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. **Clin Biochem**, v. 41, n. 10-11, p. 841-51, 2008.
- ASSUMPCAO CDE, O.; LIMA, L. C.; OLIVEIRA, F. B.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Exercise-induced muscle damage and running economy in humans. **ScientificWorldJournal**, v. 2013, p. 189149, 2013.
- BAROLET, D. Light-emitting diodes (LEDs) in dermatology. **Semin Cutan Med Surg**, v. 27, n. 4, p. 227-38, 2008.

- BARONI, B. M.; LEAL JUNIOR, E. C.; DE MARCHI, T.; LOPES, A. L.; SALVADOR, M.; VAZ, M. A. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. **Eur J Appl Physiol**, v. 110, n. 4, p. 789-96, 2010.
- BARONI, B. M.; LEAL JUNIOR, E. C.; GEREMIA, J. M.; DIEFENTHAELER, F.; VAZ, M. A. Effect of light-emitting diodes therapy (LEDT) on knee extensor muscle fatigue. **Photomed Laser Surg**, v. 28, n. 5, p. 653-8, 2010.
- BARONI, B. M.; RODRIGUES, R.; FREIRE, B. B.; FRANKE RDE, A.; GEREMIA, J. M.; VAZ, M. A. Effect of low-level laser therapy on muscle adaptation to knee extensor eccentric training. **Eur J Appl Physiol**, v. 115, n. 3, p. 639-47, 2015.
- BARROSO, R. **Influência da modulação do dano muscular e da inflamação sobre efeito da carga repetida e as vias de sinalização de hipertrofia do músculo esquelético**. 2013. Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BJORDAL, J. M.; JOHNSON, M. I.; IVERSEN, V.; AIMBIRE, F.; LOPES-MARTINS, R. A. Low-level laser therapy in acute pain: a systematic review of possible mechanisms of action and clinical effects in randomized placebo-controlled trials. **Photomed Laser Surg**, v. 24, n. 2, p. 158-68, 2006.
- BODINE, S. C. mTOR signaling and the molecular adaptation to resistance exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 38, n. 11, p. 1950-7, 2006.
- BORSA, P. A.; LARKIN, K. A.; TRUE, J. M. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and postexercise recovery? A systematic review. **J Athl Train**, v. 48, n. 1, p. 57-67, 2013.
- BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F. M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **Br Med Bull**, v. 81-82, p. 209-30, 2007.
- BROSSEAU, L.; ROBINSON, V.; WELLS, G.; DEBIE, R.; GAM, A.; HARMAN, K.; MORIN, M.; SHEA, B.; TUGWELL, P. Low level laser therapy (Classes I, II and III) for treating rheumatoid arthritis. **Cochrane Database Syst Rev**, n. 4, p. Cd002049, 2005.
- BRUUNSGAARD, H.; GALBO, H.; HALKJAER-KRISTENSEN, J.; JOHANSEN, T. L.; MACLEAN, D. A.; PEDERSEN, B. K. Exercise-induced increase in serum interleukin-6 in humans is related to muscle damage. **J Physiol**, v. 499 ( Pt 3), p. 833-41, 1997.
- CALLE, M. C.; FERNANDEZ, M. L. Effects of resistance training on the inflammatory response. **Nutr Res Pract**, v. 4, n. 4, p. 259-69, 2010.
- CARROLL, J. D. Irradiation parameters, dose response, and device. In: HAMBLIN, M. R. e HUANG, Y. Y. (Ed.). **Handbook of photomedicine**: CRC Press, 2013. cap. 48, p.563-567.
- CASTANO, A. P.; DAI, T.; YAROSLAVSKY, I.; COHEN, R.; APRUZZESE, W. A.; SMOTRICH, M. H.; HAMBLIN, M. R. Low-level laser therapy for zymosan-induced

arthritis in rats: Importance of illumination time. **Lasers Surg Med**, v. 39, n. 6, p. 543-50, Jul 2007.

CHAN, R.; NEWTON, M.; NOSAKA, K. Effects of set-repetition configuration in eccentric exercise on muscle damage and the repeated bout effect. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 7, p. 2653-61, 2012.

CHAZAUD, B. Inflammation during skeletal muscle regeneration and tissue remodeling: application to exercise-induced muscle damage management. **Immunol Cell Biol**, v. 94, n. 2, p. 140-5, Feb 2016. ISSN 1440-1711 (Electronic) 0818-9641 (Linking).

CHEN, T. C.; CHEN, H. L.; LIN, M. J.; WU, C. J.; NOSAKA, K. Muscle damage responses of the elbow flexors to four maximal eccentric exercise bouts performed every 4 weeks. **Eur J Appl Physiol**, v. 106, n. 2, p. 267-75, May 2009. ISSN 1439-6327 (Electronic) 1439-6319 (Linking).

CHOW, R. T.; JOHNSON, M. I.; LOPES-MARTINS, R. A.; BJORDAL, J. M. Efficacy of low-level laser therapy in the management of neck pain: a systematic review and meta-analysis of randomised placebo or active-treatment controlled trials. **Lancet**, v. 374, n. 9705, p. 1897-908, 2009.

CHUNG, H.; DAI, T.; SHARMA, S. K.; HUANG, Y. Y.; CARROLL, J. D.; HAMBLIN, M. R. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. **Ann Biomed Eng**, v. 40, n. 2, p. 516-33, 2012.

CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **Am J Phys Med Rehabil**, v. 81, n. 11 Suppl, p. S52-69, 2002.

CLARKSON, P. M.; TREMBLAY, I. Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans. **J Appl Physiol (1985)**, v. 65, n. 1, p. 1-6, 1988.

COFFEY, V. G.; HAWLEY, J. A. The molecular bases of training adaptation. **Sports Med**, v. 37, n. 9, p. 737-63, 2007.

COFFEY, V. G.; REEDER, D. W.; LANCASTER, G. I.; YEO, W. K.; FEBBRAIO, M. A.; YASPELKIS, B. B., 3RD; HAWLEY, J. A. Effect of high-frequency resistance exercise on adaptive responses in skeletal muscle. **Med Sci Sports Exerc**, v. 39, n. 12, p. 2135-44, 2007.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2nd. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates, 1988. xxi, 567 p. Disponível em: < Publisher description >.

CORAZZA, A. V.; PAOLILLO, F. R.; GROPPA, F. C.; BAGNATO, V. S.; CARIA, P. H. F. Phototherapy and resistance training prevent sarcopenia in ovariectomized rats. **Lasers in Medical Science**, v. 28, n. 6, p. 1467-1474, 2013.

CRAMERI, R. M.; AAGAARD, P.; QVORTRUP, K.; LANGBERG, H.; OLESEN, J.; KJAER, M. Myofibre damage in human skeletal muscle: effects of electrical stimulation versus voluntary contraction. **J Physiol**, v. 583, n. Pt 1, p. 365-80, Aug 15 2007.

DAMAS, F.; NOSAKA, K.; LIBARDI, C. A.; CHEN, T. C.; UGRINOWITSCH, C. Susceptibility to Exercise-Induced Muscle Damage: a Cluster Analysis with a Large Sample. **Int J Sports Med**, v. 37, n. 8, p. 633-40, Jul 2016.

DAMAS, F.; PHILLIPS, S. M.; LIBARDI, C. A.; VECHIN, F. C.; LIXANDRAO, M. E.; JANNIG, P. R.; COSTA, L. A.; BACURAU, A. V.; SNIJDERS, T.; PARISE, G.; TRICOLI, V.; ROSCHEL, H.; UGRINOWITSCH, C. Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. **J Physiol**, 2016.

DE ALMEIDA, P.; LOPES-MARTINS, R. A.; TOMAZONI, S. S.; SILVA, J. A., JR.; DE CARVALHO PDE, T.; BJORDAL, J. M.; LEAL JUNIOR, E. C. 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**, v. 87, n. 5, p. 1159-63, 2011.

DE ALMEIDA, P.; TOMAZONI, S. S.; FRIGO, L.; DE CARVALHO PDE, T.; VANIN, A. A.; SANTOS, L. A.; ALBUQUERQUE-PONTES, G. M.; DE MARCHI, T.; TAIROVA, O.; MARCOS, R. L.; LOPES-MARTINS, R. A.; LEAL-JUNIOR, E. C. What is the best treatment to decrease pro-inflammatory cytokine release in acute skeletal muscle injury induced by trauma in rats: low-level laser therapy, diclofenac, or cryotherapy? **Lasers Med Sci**, v. 29, n. 2, p. 653-8, 2014.

DE SOUZA, E. O.; TRICOLI, V.; ROSCHEL, H.; BRUM, P. C.; BACURAU, A. V.; FERREIRA, J. C.; AOKI, M. S.; NEVES-JR, M.; AIHARA, A. Y.; DA ROCHA CORREA FERNANDES, A.; UGRINOWITSCH, C. Molecular adaptations to concurrent training. **Int J Sports Med**, v. 34, n. 3, p. 207-13, 2013.

DREYER, H. C.; FUJITA, S.; CADENAS, J. G.; CHINKES, D. L.; VOLPI, E.; RASMUSSEN, B. B. Resistance exercise increases AMPK activity and reduces 4E-BP1 phosphorylation and protein synthesis in human skeletal muscle. **J Physiol**, v. 576, n. Pt 2, p. 613-24, 2006.

ENWEMEKA, C. S. Standard parameters in laser phototherapy. **Photomed Laser Surg**, v. 26, n. 5, p. 411, 2008.

ESTON, R. G.; MICKLEBOROUGH, J.; BALZOPoulos, V. Eccentric activation and muscle damage: biomechanical and physiological considerations during downhill running. **Br J Sports Med**, v. 29, n. 2, p. 89-94, 1995.

FELISMINO, A. S.; COSTA, E. C.; AOKI, M. S.; FERRARESI, C.; DE ARAUJO MOURA LEMOS, T. M.; DE BRITO VIEIRA, W. H. Effect of low-level laser therapy (808 nm) on markers of muscle damage: a randomized double-blind placebo-controlled trial. **Lasers Med Sci**, v. 29, n. 3, p. 933-8, 2014.

FENG, J.; ZHANG, Y.; XING, D. Low-power laser irradiation (LPLI) promotes VEGF expression and vascular endothelial cell proliferation through the activation of ERK/Sp1 pathway. **Cell Signal**, v. 24, n. 6, p. 1116-25, 2012.

FERRARESI, C.; BELTRAME, T.; FABRIZZI, F.; DO NASCIMENTO, E. S.; KARSTEN, M.; FRANCISCO CDE, O.; BORGHI-SILVA, A.; CATAI, A. M.; CARDOSO, D. R.; FERREIRA, A. G.; HAMBLIN, M. R.; BAGNATO, V. S.; PARIZOTTO, N. A. Muscular pre-conditioning using light-emitting diode therapy (LEDT) for high-intensity exercise: a randomized double-blind placebo-controlled trial with a single elite runner. **Physiother Theory Pract**, v. 31, n. 5, p. 354-61, 2015a.

FERRARESI, C.; BERTUCCI, D.; SCHIAVINATO, J.; REIFF, R.; ARAUJO, A.; PANEPUCCI, R.; MATHEUCCI, E., JR.; CUNHA, A. F.; ARAKELIAN, V. M.; HAMBLIN, M. R.; PARIZOTTO, N.; BAGNATO, V. Effects of Light-Emitting Diode Therapy on Muscle Hypertrophy, Gene Expression, Performance, Damage, and Delayed-Onset Muscle Soreness: Case-control Study with a Pair of Identical Twins. **Am J Phys Med Rehabil**, v. 95, n. 10, p. 746-57, 2016a.

\_\_\_\_\_. Effects of Light-Emitting Diode Therapy on Muscle Hypertrophy, Gene Expression, Performance, Damage, and Delayed-Onset Muscle Soreness: Case-control Study with a Pair of Identical Twins. **Am J Phys Med Rehabil**, 2016b. ISSN).

FERRARESI, C.; DE BRITO OLIVEIRA, T.; DE OLIVEIRA ZAFALON, L.; DE MENEZES REIFF, R. B.; BALDISSERA, V.; DE ANDRADE PEREZ, S. E.; MATHEUCCI JUNIOR, E.; PARIZOTTO, N. A. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. **Lasers Med Sci**, v. 26, n. 3, p. 349-58, 2011.

FERRARESI, C.; DE SOUSA, M. V.; HUANG, Y. Y.; BAGNATO, V. S.; PARIZOTTO, N. A.; HAMBLIN, M. R. Time response of increases in ATP and muscle resistance to fatigue after low-level laser (light) therapy (LLLT) in mice. **Lasers Med Sci**, v. 30, n. 4, p. 1259-67, 2015b.

FERRARESI, C.; DOS SANTOS, R. V.; MARQUES, G.; ZANGRANDE, M.; LEONALDO, R.; HAMBLIN, M. R.; BAGNATO, V. S.; PARIZOTTO, N. A. Light-emitting diode therapy (LEDT) before matches prevents increase in creatine kinase with a light dose response in volleyball players. **Lasers Med Sci**, v. 30, n. 4, p. 1281-7, 2015c.

FERRARESI, C.; HAMBLIN, M. R.; PARIZOTTO, N. A. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. **Photonics Lasers Med**, v. 1, n. 4, p. 267-286, 2012.

FERRARESI, C.; KAIPPERT, B.; AVCI, P.; HUANG, Y. Y.; DE SOUSA, M. V.; BAGNATO, V. S.; PARIZOTTO, N. A.; HAMBLIN, M. R. Low-level laser (light) therapy increases mitochondrial membrane potential and ATP synthesis in C2C12 myotubes with a peak response at 3-6 h. **Photochem Photobiol**, v. 91, n. 2, p. 411-6, 2015d.

FISHER, J. P.; BLOSSOM, D.; STEELE, J. A comparison of volume-equated knee extensions to failure, or not to failure, upon rating of perceived exertion and strength adaptations. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 41, n. 2, p. 168-74, 2016.

FLANN, K. L.; LASTAYO, P. C.; MCCLAIN, D. A.; HAZEL, M.; LINDSTEDT, S. L. Muscle damage and muscle remodeling: no pain, no gain? **J Exp Biol**, v. 214, n. Pt 4, p. 674-9, Feb 15 2011. ISSN 1477-9145 (Electronic) 0022-0949 (Linking).

GAO, X.; XING, D. Molecular mechanisms of cell proliferation induced by low power laser irradiation. **J Biomed Sci**, v. 16, p. 4, 2009.

GIBALA, M. J.; MACDOUGALL, J. D.; TARNOPOLSKY, M. A.; STAUBER, W. T.; ELORRIAGA, A. Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. **J Appl Physiol (1985)**, v. 78, n. 2, p. 702-8, 1995. ISSN 8750-7587 (Print) 0161-7567 (Linking).

GOKHALE, R.; CHANDRASHEKARA, S.; VASANTHAKUMAR, K. C. Cytokine response to strenuous exercise in athletes and non-athletes--an adaptive response. **Cytokine**, v. 40, n. 2, p. 123-7, 2007.

GONZALEZ, A. M.; HOFFMAN, J. R.; JAJTNER, A. R.; TOWNSEND, J. R.; BOONE, C. H.; BEYER, K. S.; BAKER, K. M.; WELLS, A. J.; CHURCH, D. D.; MANGINE, G. T.; OLIVEIRA, L. P.; MOON, J. R.; FUKUDA, D. H.; STOUT, J. R. Protein supplementation does not alter intramuscular anabolic signaling or endocrine response after resistance exercise in trained men. **Nutr Res**, v. 35, n. 11, p. 990-1000, 2015.

GONZALEZ, A. M.; HOFFMAN, J. R.; STOUT, J. R.; FUKUDA, D. H.; WILLOUGHBY, D. S. Intramuscular Anabolic Signaling and Endocrine Response Following Resistance Exercise: Implications for Muscle Hypertrophy. **Sports Med**, v. 46, n. 5, p. 671-85, 2016.

GONZALEZ, A. M.; HOFFMAN, J. R.; TOWNSEND, J. R.; JAJTNER, A. R.; BOONE, C. H.; BEYER, K. S.; BAKER, K. M.; WELLS, A. J.; MANGINE, G. T.; ROBINSON, E. H. T.; CHURCH, D. D.; OLIVEIRA, L. P.; WILLOUGHBY, D. S.; FUKUDA, D. H.; STOUT, J. R. Intramuscular anabolic signaling and endocrine response following high volume and high intensity resistance exercise protocols in trained men. **Physiol Rep**, v. 3, n. 7, 2015.

HAMBLIN, M. R.; HUANG, Y. Y. **Handbook of Photomedicine**. CRC Press, 2013.

HARRIS, D. M. Editorial Comment Biomolecular Mechanisms of Laser Biostimulation. **Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery**, v. 9, n. 4, p. 277-280, 1991.

HAYWORTH, C. R.; ROJAS, J. C.; PADILLA, E.; HOLMES, G. M.; SHERIDAN, E. C.; GONZALEZ-LIMA, F. In vivo low-level light therapy increases cytochrome oxidase in skeletal muscle. **Photochem Photobiol**, v. 86, n. 3, p. 673-80, 2010.

- HEGEDUS, B.; VIHAROS, L.; GERVAIN, M.; GALFI, M. The effect of low-level laser in knee osteoarthritis: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. **Photomed Laser Surg**, v. 27, n. 4, p. 577-84, 2009.
- HEITKAMP, H. C. Training with blood flow restriction. Mechanisms, gain in strength and safety. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 55, n. 5, p. 446-56, 2015.
- HIROSE, L.; NOSAKA, K.; NEWTON, M.; LAVEDER, A.; KANO, M.; PEAKE, J.; SUZUKI, K. Changes in inflammatory mediators following eccentric exercise of the elbow flexors. **Exerc Immunol Rev**, v. 10, p. 75-90, 2004.
- HOPKINS, W. G.; MARSHALL, S. W.; BATTERHAM, A. M.; HANIN, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 1, p. 3-13, 2009.
- HORNBERGER, T. A.; CHIEN, S. Mechanical stimuli and nutrients regulate rapamycin-sensitive signaling through distinct mechanisms in skeletal muscle. **J Cell Biochem**, v. 97, n. 6, p. 1207-16, 2006.
- HOWATSON, G.; VAN SOMEREN, K. A. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. **Sports Med**, v. 38, n. 6, p. 483-503, 2008.
- HUANG, K. C.; CHIU, Y. H.; LIAO, K. W.; KE, C. Y.; LEE, C. J.; CHAO, Y. C.; LEE, R. P. Prophylactic acetylsalicylic acid attenuates the inflammatory response but fails to protect exercise-induced liver damage in exercised rats. **Eur J Pharmacol**, v. 786, p. 204-211, 2016.
- HUANG, Y. Y.; CHEN, A. C.; CARROLL, J. D.; HAMBLIN, M. R. Biphasic dose response in low level light therapy. **Dose Response**, v. 7, n. 4, p. 358-83, 2009.
- IHSAN, F. R. Low-level laser therapy accelerates collateral circulation and enhances microcirculation. **Photomed Laser Surg**, v. 23, n. 3, p. 289-94, 2005.
- KARU, T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. **J Photochem Photobiol B**, v. 49, n. 1, p. 1-17, 1999.
- KARU, T. I.; KIRSO, U. E.; ANDRIANOV, L. A. [Dynamics of the resorption of 3,4-benzpyrene with phenols from mouse skin]. **Vopr Onkol**, v. 19, n. 5, p. 80-4, 1973.
- KARU, T. I.; KOLYAKOV, S. F. Exact action spectra for cellular responses relevant to phototherapy. **Photomed Laser Surg**, v. 23, n. 4, p. 355-61, 2005.
- KRAEMER, W. J.; FLECK, S. J. **Otimizando o treinamento de força: programas de periodização não-linear**. Barueri, SP: 2009.
- KRAEMER, W. J.; FLECK, S. J.; EVANS, W. J. Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. **Exerc Sport Sci Rev**, v. 24, p. 363-97, 1996.

KRAEMER, W. J.; NINDL, B. C.; RATAMESS, N. A.; GOTSHALK, L. A.; VOLEK, J. S.; FLECK, S. J.; NEWTON, R. U.; HAKKINEN, K. Changes in muscle hypertrophy in women with periodized resistance training. **Med Sci Sports Exerc**, v. 36, n. 4, p. 697-708, 2004.

KUBICA, N.; BOLSTER, D. R.; FARRELL, P. A.; KIMBALL, S. R.; JEFFERSON, L. S. Resistance exercise increases muscle protein synthesis and translation of eukaryotic initiation factor 2Bepsilon mRNA in a mammalian target of rapamycin-dependent manner. **J Biol Chem**, v. 280, n. 9, p. 7570-80, 2005.

KUMAR, V.; SELBY, A.; RANKIN, D.; PATEL, R.; ATHERTON, P.; HILDEBRANDT, W.; WILLIAMS, J.; SMITH, K.; SEYNNES, O.; HISCOCK, N.; RENNIE, M. J. Age-related differences in the dose-response relationship of muscle protein synthesis to resistance exercise in young and old men. **J Physiol**, v. 587, n. Pt 1, p. 211-7, 2009.

KUSHIBIKI, T.; HIRASAWA, T.; OKAWA, S.; ISHIHARA, M. Low Reactive Level Laser Therapy for Mesenchymal Stromal Cells Therapies. **Stem Cells Int**, v. 2015, 2015.

LEAL-JUNIOR, E. C. Photobiomodulation therapy in skeletal muscle: from exercise performance to muscular dystrophies. **Photomed Laser Surg**, v. 33, n. 2, p. 53-4, 2015.

LEAL JUNIOR, E. C.; DE GODOI, V.; MANCALOSSO, J. L.; ROSSI, R. P.; DE MARCHI, T.; PARENTE, M.; GROSSELLI, D.; GENEROSI, R. A.; BASSO, M.; FRIGO, L.; TOMAZONI, S. S.; BJORDAL, J. M.; LOPES-MARTINS, R. A. Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscle recovery after high-intensity exercise in athletes--preliminary results. **Lasers Med Sci**, v. 26, n. 4, p. 493-501, 2011.

LEAL JUNIOR, E. C.; LOPES-MARTINS, R. A.; BARONI, B. M.; DE MARCHI, T.; TAUFER, D.; MANFRO, D. S.; RECH, M.; DANNA, V.; GROSSELLI, D.; GENEROSI, R. A.; MARCOS, R. L.; RAMOS, L.; BJORDAL, J. M. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. **Lasers Med Sci**, v. 24, n. 6, p. 857-63, 2009.

LEAL JUNIOR, E. C.; LOPES-MARTINS, R. A.; DALAN, F.; FERRARI, M.; SBABO, F. M.; GENEROSI, R. A.; BARONI, B. M.; PENNA, S. C.; IVERSEN, V. V.; BJORDAL, J. M. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Photomed Laser Surg**, v. 26, n. 5, p. 419-24, 2008.

LEAL JUNIOR, E. C.; LOPES-MARTINS, R. A.; DE ALMEIDA, P.; RAMOS, L.; IVERSEN, V. V.; BJORDAL, J. M. Effect of low-level laser therapy (GaAs 904 nm) in skeletal muscle fatigue and biochemical markers of muscle damage in rats. **Eur J Appl Physiol**, v. 108, n. 6, p. 1083-8, 2010.

LEAL JUNIOR, E. C.; LOPES-MARTINS, R. A.; ROSSI, R. P.; DE MARCHI, T.; BARONI, B. M.; DE GODOI, V.; MARCOS, R. L.; RAMOS, L.; BJORDAL, J. M. 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**, v. 41, n. 8, p. 572-7, 2009.

LEAL JUNIOR, E. C.; LOPES-MARTINS, R. A.; VANIN, A. A.; BARONI, B. M.; GROSSELLI, D.; DE MARCHI, T.; IVERSEN, V. V.; BJORDAL, J. M. Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Lasers Med Sci**, v. 24, n. 3, p. 425-31, 2009.

LEEDER, J.; GISSANE, C.; VAN SOMEREN, K.; GREGSON, W.; HOWATSON, G. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. **Br J Sports Med**, v. 46, n. 4, p. 233-40, 2012.

LIANG, H. L.; WHELAN, H. T.; EELLS, J. T.; WONG-RILEY, M. T. Near-infrared light via light-emitting diode treatment is therapeutic against rotenone- and 1-methyl-4-phenylpyridinium ion-induced neurotoxicity. **Neuroscience**, v. 153, n. 4, p. 963-74, 2008.

LIXANDRAO, M. E.; UGRINOWITSCH, C.; BOTTARO, M.; CHACON-MIKAHIL, M. P.; CAVAGLIERI, C. R.; MIN, L. L.; DE SOUZA, E. O.; LAURENTINO, G. C.; LIBARDI, C. A. Vastus Lateralis muscle cross-sectional area ultrasonography validity for image fitting in humans. **J Strength Cond Res**, v. 28, n. 11, p. 3293-7, 2014.

LUO, L.; SUN, Z.; ZHANG, L.; LI, X.; DONG, Y.; LIU, T. C.-Y. Effects of low-level laser therapy on ROS homeostasis and expression of IGF-1 and TGF- $\beta$ 1 in skeletal muscle during the repair process. **Lasers in Medical Science**, v. 28, n. 3, p. 725-734, 2013.

MACEDO, A. B.; MORAES, L. H. R.; MIZOBUTI, D. S.; FOGAÇA, A. R.; MORAES, F. D. S. R.; HERMES, T. D. A.; PERTILLE, A.; MINATEL, E. Low-Level Laser Therapy (LLLT) in Dystrophin-Deficient Muscle Cells: Effects on Regeneration Capacity, Inflammation Response and Oxidative Stress. **PLoS ONE**, v. 10, n. 6, p. e0128567, 2015.

MARGARITELIS, N. V.; THEODOROU, A. A.; BALTZOPOULOS, V.; MAGANARIS, C. N.; PASCHALIS, V.; KYPAROS, A.; NIKOLAIDIS, M. G. Muscle damage and inflammation after eccentric exercise: can the repeated bout effect be removed? **Physiol Rep**, v. 3, n. 12, Dec 2015.

MCHUGH, M. P.; CONNOLLY, D. A.; ESTON, R. G.; GLEIM, G. W. Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. **Sports Med**, v. 27, n. 3, p. 157-70, Mar 1999.

MCLENNAN, I. S. Degenerating and regenerating skeletal muscles contain several subpopulations of macrophages with distinct spatial and temporal distributions. **J Anat**, v. 188, n. Pt 1, p. 17-28, Feb 1996.

MENEGHEL, A. J.; VERLENGIA, R.; CRISP, A. H.; AOKI, M. S.; NOSAKA, K.; DA MOTA, G. R.; LOPES, C. R. Muscle damage of resistance-trained men after two bouts of eccentric bench press exercise. **J Strength Cond Res**, v. 28, n. 10, p. 2961-6, Oct 2014.

- MESQUITA-FERRARI, R. A.; MARTINS, M. D.; SILVA, J. A., JR.; DA SILVA, T. D.; PIOVESAN, R. F.; PAVESI, V. C.; BUSSADORI, S. K.; FERNANDES, K. P. Effects of low-level laser therapy on expression of TNF-alpha and TGF-beta in skeletal muscle during the repair process. **Lasers Med Sci**, v. 26, n. 3, p. 335-40, May 2011.
- MESTER, E.; NAGYLUCSKAY, S.; DOKLEN, A.; TISZA, S. Laser stimulation of wound healing. **Acta Chir Acad Sci Hung**, v. 17, n. 1, p. 49-55, 1976.
- MITCHELL, C. J.; CHURCHWARD-VENNE, T. A.; WEST, D. W.; BURD, N. A.; BREEN, L.; BAKER, S. K.; PHILLIPS, S. M. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **J Appl Physiol (1985)**, v. 113, n. 1, p. 71-7, 2012.
- MURASE, S.; TERAZAWA, E.; QUEME, F.; OTA, H.; MATSUDA, T.; HIRATE, K.; KOZAKI, Y.; KATANOSAKA, K.; TAGUCHI, T.; URAI, H.; MIZUMURA, K. Bradykinin and nerve growth factor play pivotal roles in muscular mechanical hyperalgesia after exercise (delayed-onset muscle soreness). **J Neurosci**, v. 30, n. 10, p. 3752-61, Mar 10 2010.
- NAMPO, F. K.; CAVALHERI, V.; RAMOS, S. P.; CAMARGO, E. A. Effect of low-level phototherapy on delayed onset muscle soreness: a systematic review and meta-analysis. **Lasers Med Sci**, 2015.
- NEMET, D.; MECKEL, Y.; BAR-SELA, S.; ZALDIVAR, F.; COOPER, D. M.; ELIAKIM, A. Effect of local cold-pack application on systemic anabolic and inflammatory response to sprint-interval training: a prospective comparative trial. **Eur J Appl Physiol**, v. 107, n. 4, p. 411-7, Nov 2009.
- NEUBAUER, O.; REICHHOLD, S.; NERSESYAN, A.; KONIG, D.; WAGNER, K. H. Exercise-induced DNA damage: is there a relationship with inflammatory responses? **Exerc Immunol Rev**, v. 14, p. 51-72, 2008.
- NIELSEN, A. R.; PEDERSEN, B. K. The biological roles of exercise-induced cytokines: IL-6, IL-8, and IL-15. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 32, n. 5, p. 833-9, Oct 2007.
- NOSAKA, K.; LAVENDER, A.; NEWTON, M.; SACCO, P. Muscle Damage in Resistance Training: Is Muscle Damage Necessary for Strength Gain and Muscle Hypertrophy? **International Journal of Sport and Health Science**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2003.
- OKEN, B. S.; KISHIYAMA, S.; ZAJDEL, D.; BOURDETTE, D.; CARLSEN, J.; HAAS, M.; HUGOS, C.; KRAEMER, D. F.; LAWRENCE, J.; MASS, M. Randomized controlled trial of yoga and exercise in multiple sclerosis. **Neurology**, v. 62, n. 11, p. 2058-64, 2004.
- PASSARELLA, S.; KARU, T. Absorption of monochromatic and narrow band radiation in the visible and near IR by both mitochondrial and non-mitochondrial

photoacceptors results in photobiomodulation. **J Photochem Photobiol B**, v. 140, p. 344-58, 2014.

PATROCINIO, T.; SARDIM, A. C.; ASSIS, L.; FERNANDES, K. R.; RODRIGUES, N.; RENNO, A. C. Effect of low-level laser therapy (808 nm) in skeletal muscle after resistance exercise training in rats. **Photomed Laser Surg**, v. 31, n. 10, p. 492-8, Oct 2013.

PAULSEN, G.; CRAMERI, R.; BENESTAD, H. B.; FJELD, J. G.; MORKRID, L.; HALLEN, J.; RAASTAD, T. Time course of leukocyte accumulation in human muscle after eccentric exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 1, p. 75-85, 2010.

PEAKE, J.; NOSAKA, K.; SUZUKI, K. Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans. **Exerc Immunol Rev**, v. 11, p. 64-85, 2005.

PELLICCIOLI, A. C.; MARTINS, M. D.; DILLENBURG, C. S.; MARQUES, M. M.; SQUARIZE, C. H.; CASTILHO, R. M. Laser phototherapy accelerates oral keratinocyte migration through the modulation of the mammalian target of rapamycin signaling pathway. **J Biomed Opt**, v. 19, n. 2, p. 028002, Feb 2014. ISSN 1560-2281 (Electronic) 1083-3668 (Linking).

PHILLIPS, S. M.; TIPTON, K. D.; AARSLAND, A.; WOLF, S. E.; WOLFE, R. R. Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. **Am J Physiol**, v. 273, n. 1 Pt 1, p. E99-107, Jul 1997.

PYNE, D. B. Exercise-induced muscle damage and inflammation: a review. **Aust J Sci Med Sport**, v. 26, n. 3-4, p. 49-58, Sep-Dec 1994. ISSN 0813-6289 (Print) 0813-6289 (Linking).

REEVES, N. D.; MAGANARIS, C. N.; NARICI, M. V. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. **Eur J Appl Physiol**, v. 91, n. 1, p. 116-8, 2004.

RHEA, M. R.; BALL, S. D.; PHILLIPS, W. T.; BURKETT, L. N. A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength. **J Strength Cond Res**, v. 16, n. 2, p. 250-5, 2002.

ROBERTS, L. A.; RAASTAD, T.; MARKWORTH, J. F.; FIGUEIREDO, V. C.; EGNER, I. M.; SHIELD, A.; CAMERON-SMITH, D.; COOMBES, J. S.; PEAKE, J. M. Post-exercise cold water immersion attenuates acute anabolic signalling and long-term adaptations in muscle to strength training. **J Physiol**, v. 593, n. 18, p. 4285-301, 2015.

ROSCHER, H.; UGRINOWISTCH, C.; BARROSO, R.; BATISTA, M. A.; SOUZA, E. O.; AOKI, M. S.; SIQUEIRA-FILHO, M. A.; ZANUTO, R.; CARVALHO, C. R.; NEVES, M.; MELLO, M. T.; TRICOLI, V. Effect of eccentric exercise velocity on akt/mtor/p70(s6k) signaling in human skeletal muscle. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 36, n. 2, p. 283-90, 2011.

ROSENTHAL, J. A. Qualitative Descriptors of Strength of Association and Effect Size. **Journal of Social Service Research**, v. 21, n. 4, p. 37-59, 1996.

SALE, D. G. Neural adaptation to resistance training. **Med Sci Sports Exerc**, v. 20, n. 5 Suppl, p. S135-45, 1988.

SAYGUN, I.; KARACAY, S.; SERDAR, M.; URAL, A. U.; SENCIMEN, M.; KURTIS, B. Effects of laser irradiation on the release of basic fibroblast growth factor (bFGF), insulin like growth factor-1 (IGF-1), and receptor of IGF-1 (IGFBP3) from gingival fibroblasts. **Lasers Med Sci**, v. 23, n. 2, p. 211-5, 2008.

SCHOENFELD, B. J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 10, p. 2857-72, Oct 2010.

\_\_\_\_\_. Does exercise-induced muscle damage play a role in skeletal muscle hypertrophy? **J Strength Cond Res**, v. 26, n. 5, p. 1441-53, 2012.

SERRANO, A. L.; BAEZA-RAJA, B.; PERDIGUERO, E.; JARDI, M.; MUNOZ-CANOVES, P. Interleukin-6 is an essential regulator of satellite cell-mediated skeletal muscle hypertrophy. **Cell Metab**, v. 7, n. 1, p. 33-44, Jan 2008.

SHEFER, G.; PARTRIDGE, T. A.; HESLOP, L.; GROSS, J. G.; ORON, U.; HALEVY, O. Low-energy laser irradiation promotes the survival and cell cycle entry of skeletal muscle satellite cells. **J Cell Sci**, v. 115, n. Pt 7, p. 1461-9, 2002.

SILVA-BATISTA, C.; TRICOLI, V.; LAURENTINO, G. C.; BATISTA, M. A. B.; OKUNO, N. M.; UGRINOWITSCH, C. Efeito da familiarização na estabilização dos valores de 1RM para homens e mulheres. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 17, p. 610-617, 2011.

SIMPSON, C. R.; KOHL, M.; ESSENPREIS, M.; COPE, M. Near-infrared optical properties of ex vivo human skin and subcutaneous tissues measured using the Monte Carlo inversion technique. **Phys Med Biol**, v. 43, n. 9, p. 2465-78, 1998.

SOARES-CALDEIRA, L. F.; RITTI-DIAS, R. M.; OKUNO, N. M.; CYRINO, E. S.; GURJAO, A. L.; PLOUTZ-SNYDER, L. L. Familiarization indexes in sessions of 1-RM tests in adult women. **J Strength Cond Res**, v. 23, n. 7, p. 2039-45, 2009.

SPERANDIO, F. F.; GIUDICE, F. S.; CORREA, L.; PINTO, D. S., JR.; HAMBLIN, M. R.; DE SOUSA, S. C. Low-level laser therapy can produce increased aggressiveness of dysplastic and oral cancer cell lines by modulation of Akt/mTOR signaling pathway. **J Biophotonics**, v. 6, n. 10, p. 839-47, Oct 2013.

STARON, R. S.; KARAPONDO, D. L.; KRAEMER, W. J.; FRY, A. C.; GORDON, S. E.; FALKEL, J. E.; HAGERMAN, F. C.; HIKIDA, R. S. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. **J Appl Physiol (1985)**, v. 76, n. 3, p. 1247-55, 1994.

STARON, R. S.; LEONARDI, M. J.; KARAPONDO, D. L.; MALICKY, E. S.; FALKEL, J. E.; HAGERMAN, F. C.; HIKIDA, R. S. Strength and skeletal muscle adaptations in

heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. **J Appl Physiol (1985)**, v. 70, n. 2, p. 631-40, 1991.

STARON, R. S.; MALICKY, E. S.; LEONARDI, M. J.; FALKEL, J. E.; HAGERMAN, F. C.; DUDLEY, G. A. Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance-trained women. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 60, n. 1, p. 71-9, 1990.

STONE, M. H.; POTTEIGER, J. A.; PIERCE, K. C.; PROULX, C. M.; O'BRYANT, H. S.; JOHNSON, R. L.; STONE, M. E. Comparison of the Effects of Three Different Weight-Training Programs on the One Repetition Maximum Squat. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 14, n. 3, p. 332-337, 2000.

SWEET, T. W.; FOSTER, C.; MCGUIGAN, M. R.; BRICE, G. Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. **J Strength Cond Res**, v. 18, n. 4, p. 796-802, Nov 2004. ISSN 1064-8011 (Print) 1064-8011.

TAGESSON, S. K.; KVIST, J. Intra- and interrater reliability of the establishment of one repetition maximum on squat and seated knee extension. **J Strength Cond Res**, v. 21, n. 3, p. 801-7, 2007.

TERZIS, G.; GEORGIADIS, G.; STRATAKOS, G.; VOGIATZIS, I.; KAVOURAS, S.; MANTA, P.; MASCHER, H.; BLOMSTRAND, E. Resistance exercise-induced increase in muscle mass correlates with p70S6 kinase phosphorylation in human subjects. **Eur J Appl Physiol**, v. 102, n. 2, p. 145-52, 2008.

TIDBALL, J. G. Mechanical signal transduction in skeletal muscle growth and adaptation. **J Appl Physiol (1985)**, v. 98, n. 5, p. 1900-8, May 2005.

TIDBALL, J. G.; VILLALTA, S. A. Regulatory interactions between muscle and the immune system during muscle regeneration. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, v. 298, n. 5, p. R1173-87, May 2010.

TSIKA, R. The muscular system: the control of muscle mass: the control of muscle mass. In: TIPTON, C. M. (Ed.). **ACSM's Advanced exercise physiology**, 2006. p.161-177.

UCHIYAMA, S.; TSUKAMOTO, H.; YOSHIMURA, S.; TAMAKI, T. Relationship between oxidative stress in muscle tissue and weight-lifting-induced muscle damage. **Pflugers Arch**, v. 452, n. 1, p. 109-16, 2006.

VANIN, A. A.; MIRANDA, E. F.; MACHADO, C. S.; DE PAIVA, P. R.; ALBUQUERQUE-PONTES, G. M.; CASALECHI, H. L.; DE TARSO CAMILLO DE CARVALHO, P.; LEAL-JUNIOR, E. C. 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**, Jul 1 2016.

VIEIRA, W. H.; FERRARESI, C.; PEREZ, S. E.; BALDISSERA, V.; PARIZOTTO, N. A. 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**, v. 27, n. 2, p. 497-504, 2012.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEE, R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. **Sports Med**, v. 37, n. 3, p. 225-64, 2007.

WHELAN, H. T.; SMITS, R. L., JR.; BUCHMAN, E. V.; WHELAN, N. T.; TURNER, S. G.; MARGOLIS, D. A.; CEVENINI, V.; STINSON, H.; IGNATIUS, R.; MARTIN, T.; CWIKLINSKI, J.; PHILIPPI, A. F.; GRAF, W. R.; HODGSON, B.; GOULD, L.; KANE, M.; CHEN, G.; CAVINESS, J. Effect of NASA light-emitting diode irradiation on wound healing. **J Clin Laser Med Surg**, v. 19, n. 6, p. 305-14, 2001.

WILKINSON, S. B.; PHILLIPS, S. M.; ATHERTON, P. J.; PATEL, R.; YARASHESKI, K. E.; TARNOPOLSKY, M. A.; RENNIE, M. J. Differential effects of resistance and endurance exercise in the fed state on signalling molecule phosphorylation and protein synthesis in human muscle. **J Physiol**, v. 586, n. 15, p. 3701-17, Aug 1 2008. ISSN 1469-7793 (Electronic) 0022-3751 (Linking).

WILSON, G. J.; MURPHY, A. J. The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. **Sports Med**, v. 22, n. 1, p. 19-37, 1996.

ZAGATTO, A. M.; DE PAULA RAMOS, S.; NAKAMURA, F. Y.; DE LIRA, F. S.; LOPES-MARTINS, R. A.; DE PAIVA CARVALHO, R. L. Effects of low-level laser therapy on performance, inflammatory markers, and muscle damage in young water polo athletes: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. **Lasers Med Sci**, v. 31, n. 3, p. 511-21, Apr 2016.

ZANCHI, N. E.; LIRA, F. S.; SEELAENDER, M.; LANCHAJR, A. H. Experimental chronic low-frequency resistance training produces skeletal muscle hypertrophy in the absence of muscle damage and metabolic stress markers. **Cell Biochem Funct**, v. 28, n. 3, p. 232-8, 2010.

ZHANG, L.; XING, D.; GAO, X.; WU, S. Low-power laser irradiation promotes cell proliferation by activating PI3K/Akt pathway. **J Cell Physiol**, v. 219, n. 3, p. 553-62, 2009.

ZIEMANN, E.; OLEK, R. A.; KUJACH, S.; GRZYWACZ, T.; ANTOSIEWICZ, J.; GARSZTKA, T.; LASKOWSKI, R. Five-day whole-body cryostimulation, blood inflammatory markers, and performance in high-ranking professional tennis players. **J Athl Train**, v. 47, n. 6, p. 664-72, Nov-Dec 2012.

**ANEXOS**

## ANEXO A

Termo de Consentimento Livre Esclarecido

**CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE  
DA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL**

1. NOME DO INDIVÍDUO : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : ..... SEXO : .M                      F

DATA NASCIMENTO: ...../...../.....

ENDEREÇO ..... Nº..... APTO.....

BAIRRO: ..... CIDADE .....

CEP:..... TELEFONE: DDD (.....) .....

Email:.....

**II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA**

## 1. TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA

“RESPOSTAS ADAPTATIVAS MUSCULARES AO TREINAMENTO DE FORÇA ASSOCIADO À FOTOTERAPIA EMPREGANDO DIODOS EMISSORES DE LUZ”

## PESQUISADORES RESPONSÁVEIS

Prof Me. Lúcio Flávio Soares Caldeira e Profa. Dra. Solange de Paula Ramos

## 2. CARGO/FUNÇÃO

Aluno Doutorado e Docente, respectivamente.

## 3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO

RISCO MÉDIO X

RISCO BAIXO

RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

## 4. DURAÇÃO DA PESQUISA

O estudo terá duração total de 12 meses, mas a sua participação será em torno de 10 semanas.

**III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:**1. *Justificativa e os objetivos da pesquisa;*

O objetivo do estudo é avaliar o efeito da LED terapia, administrado após o treinamento de força, verificando sua potencial participação na redução das respostas inflamatórias e na melhora da adaptação a este tipo de treinamento.

Os resultados obtidos no estudo poderão ser úteis na organização, prescrição e monitoramento do treinamento de força.

2. *Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais;*

Antes do início do estudo, você responderá um questionário (anamnese) para identificar seu estado de saúde geral. Após isso, você será submetido a testes de força dinâmica máxima (1RM) no exercício “leg-press” e mesa extensora e será submetido a um programa de treinamento de força a ser realizado nestes mesmos equipamentos que consistirá de duas sessões semanais em dias não consecutivos durante 10 semanas totalizando 20 sessões. A intensidade de treinamento será

estabelecida em 70, 80 e 85% referente à 1RM (previamente determinada em teste específico e individualizado) e o volume será de 40, 50 e 32 repetições divididas em quatro e cinco séries de 10 repetições cada e 4 séries de 8 repetições nas semanas 1-4, 5-7 e 8-10 semanas, respectivamente. Caso você não consiga completar as repetições solicitaremos que você realize uma série adicional para se exercitar até completar o volume pré-estabelecido. Haverá intervalo de dois minutos entre cada série e a velocidade de realização do exercício será controlada em dois segundos o tempo para a ação excêntrica e um segundo para a ação concêntrica. A carga será ajustada pelo reteste de 1RM nas semanas 4 e 7 de treinamento a pós a décima semana. Você será submetido ao procedimento de biópsia muscular com agulha através do qual um pequeno pedaço do músculo vasto lateral da coxa será retirado. Este procedimento será realizado por um médico previamente treinado. Para este procedimento você receberá uma pequena anestesia na região. Este procedimento ocorrerá em dois momentos (antes do início dos procedimentos experimentais e após 10 semanas de treinamento). Amostras de sangue serão coletadas no seu braço nos momentos antes do início dos procedimentos experimentais, na 4<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup> e 10<sup>a</sup> semanas do treinamento, bem como avaliação de imagem dos músculos reto e vasto lateral da coxa por ultrassonografia. Estes indicadores serão medidos antes, imediatamente após e 24 e 48 horas após a realização da primeira sessão entre as sessões de treinamento de força nos momentos especificados acima.

### **3. Desconfortos e riscos esperados;**

Você poderá sentir uma pequena sensação de dor no local da incisão da biópsia. Esta sensação de dor será semelhante àquela que ocorre após um treinamento físico intenso. Esta sensação não impedirá você de maneira alguma a realizar as suas tarefas diárias de rotina. Além disso, será feita a limpeza no local da biópsia (pré e pós-procedimento) para evitar o risco de infecção. Assim, apesar de extremamente reduzido, pode ocorrer inflamação local. Neste caso, você receberá atenção de um médico. Nos primeiros dias de treinamento, você poderá sentir dor muscular (24-72 hs após) decorrente do esforço nos exercícios, porém com o passar das primeiras sessões de treinamento as dores desaparecerão. Com relação a coleta de sangue, poderá ocorrer uma pequena sensação de dor ou possíveis hematomas leves decorrentes as coletas de sangue. Mas serão tomadas medidas de profilaxias durante e após as coletas para que sejam minimizados possíveis desconfortos. Caso venham ocorrer algum desses problemas, decorrentes dos testes e exames físicos ou clínicos, você deverá entrar em contato com o pesquisador para que seja dado encaminhamento médico devido, sem qualquer ônus financeiro.

### **4. Benefícios que poderão ser obtidos;**

Não haverá compensação financeira pela sua participação neste estudo. Você receberá um relatório completo sobre seu desempenho e participação assim como do resultado final do estudo.

### **5. Procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo.**

Não existem procedimentos alternativos aos propostos no estudo.

## **IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:**

Os pesquisadores responsáveis pelo estudo se colocam a disposição para esclarecer, a qualquer momento, as possíveis dúvidas sobre os procedimentos, riscos e benefícios proporcionados pelo estudo. Em caso de qualquer emergência médica, os responsáveis pelo estudo lhe acompanharão ao Hospital Universitário (HU) da UEL que se localiza na Avenida Robert Koch, 60 - VI Operária, Londrina - PR, 86038-350 - Fone: 3371-2218. Além disso, você tem o direito de se retirar a qualquer momento do estudo sem que isso lhe proporcione qualquer prejuízo ou transtorno. As informações obtidas durante o estudo ficarão guardadas sob sigilo e privacidade absolutos.

## **V - ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA:**

Em caso de necessidade você poderá entrar em contato com o prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura pelo fone Drndo. Lúcio Flávio Soares Caldeira pelo telefone (43) 9156-6991 e/ou a Profa. Dra. Solange de Paula Ramos pelo telefone (44) 9901-4992. Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa UEL – LABESC, Rodovia Celso Garcia Cid, PR445, km 380 - CEP 86057-970. Telefone 3371-5455.

## **VI. OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES**

Nenhuma

## **VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO**

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

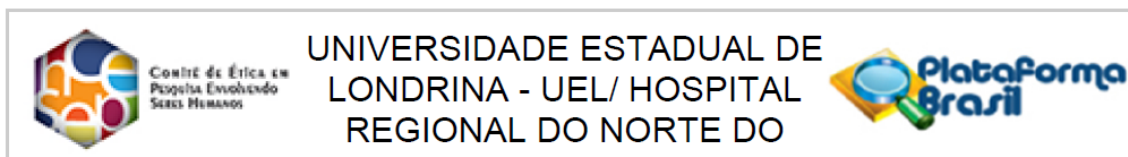
Londrina,                    de                    de 201\_.

\_\_\_\_\_  
assinatura do sujeito da pesquisa  
ou responsável legal

\_\_\_\_\_  
assinatura do pesquisador  
(carimbo ou nome legível)

## ANEXO B

## Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** ADAPTAÇÕES MUSCULARES AO TREINAMENTO DE FORÇA ASSOCIADO À TERAPIA EMPREGANDO DIODOS EMISSORES DE LUZ (LED)

**Pesquisador:** LÚCIO FLÁVIO SOARES CALDEIRA

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 30712914.4.0000.5231

**Instituição Proponente:** CEFE - PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UEM/UEL

**Patrocinador Principal:** CNPQ

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 752.671

**Data da Relatoria:** 15/08/2014

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de um estudo que pretende avaliar se a aplicação de LED terapia (diodos emissores de luz) pós-exercício

em sessões de treinamento de força pode influenciar a ativação de vias de sinalização

intracelulares redox-sensíveis e interferir no processo de hipertrofia muscular e adaptação ao exercício.

**Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:** Determinar os efeitos da LED terapia sobre o processo de hipertrofia e força muscular.

**Objetivo Secundário:** a) Avaliar os efeitos da LED terapia sobre as proteínas mTOR, p70S6K e Akt e a expressão de IGF-1 no músculo esquelético de indivíduos submetidos a um programa de treinamento de força. b) Avaliar o efeito da LED terapia sobre marcadores inflamatórios e de lesão celular associados ao treinamento de força.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:** Poderá existir uma pequena sensação de dor no local da incisão da biópsia. Esta sensação de dor será semelhante àquela que ocorre após um treinamento físico intenso. Isso não impedirá de maneira alguma realizar tarefas diárias de rotina. Além disso, será feita a limpeza no local da

**Endereço:** Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380 (PR 445)

**Bairro:** Campus Universitário

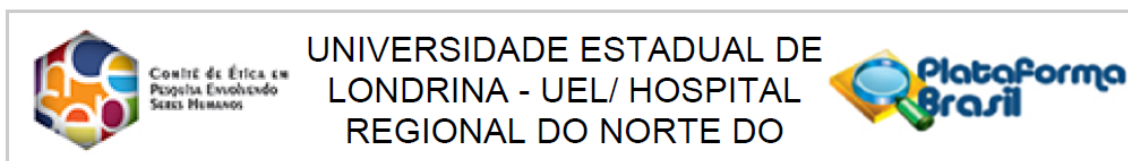
**CEP:** 86.057-970

**UF:** PR

**Município:** LONDRINA

**Telefone:** (43)3371-5455

**E-mail:** cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 752.671

biópsia (pré e pósprocedimento) para evitar o risco de infecção. Assim, apesar de extremamente reduzido, pode ocorrer inflamação local. Neste caso, cada participante receberá atenção de um médico sem qualquer ônus financeiro. Nos primeiros dias de treinamento, poderá haver dor muscular (24-72 hs após) decorrente do esforço nos exercícios, porém com o passar das primeiras sessões de treinamento as dores desaparecerão.

**Benefícios:** Não haverá compensação financeira pela participação neste estudo. Haverá um relatório completo sobre o desempenho e participação assim como do resultado final do estudo.

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O estudo está bem fundamentado com racional claro e poderá trazer informações importantes sobre os efeitos agudos e crônicos da LED terapia associada ao treinamento de força e os mecanismos de sinalização celular envolvidos na hipertrofia muscular, no dano muscular, nas respostas inflamatórias e adaptações ao treinamento.

A hipótese dos pesquisadores é que a LED terapia associada ao treinamento de força promova redução das respostas inflamatórias e melhore a adaptação ao treino.

Serão convidados a participar do estudo 24 homens, hígidos, fisicamente ativos ou inativos, com idade entre 18 e 30 anos, praticantes de modalidades esportivas com predominância de tarefas de força e potência há pelo menos um ano.

O projeto prevê a inclusão de 24 indivíduos na faixa etária de 18 a 30 anos, com experiência em treinamento de força há pelo menos um ano. Estes voluntários serão aleatoriamente distribuídos em três grupos: grupo que não realizará treinamento de força e não receberá tratamento de LED (n=8); grupo que realizará apenas treinamento de força (n=8) e; grupo que realizará treinamento de força associado à aplicação da LED terapia (n=8). O protocolo experimental terá duração de 12 semanas. A metodologia está adequada aos objetivos propostos, envolvendo técnicas de biópsia muscular, biologia molecular e avaliação da expressão gênica e de vias de sinalização intracelular envolvidas no processo de hipertrofia e dano muscular.

O Projeto faz parte de edital aprovado do CNPQ pelo PORCAD-Casadinho, coordenado pelos professores Dr Fábio Yuzo Nakamura da Universidade Estadual de Londrina (UEL) e Dr. Valmor Tricoli da Universidade de São Paulo (USP). O Projeto já teve sua aprovação e realizado como um projeto piloto nas instalações da Escola de Educação Física da USP no segundo semestre de 2013. Com as adequações e treinamento realizado na USP, pretende-se realizar o mesmo estudo na UEL.

**Endereço:** Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380 (PR 445)

**Bairro:** Campus Universitário

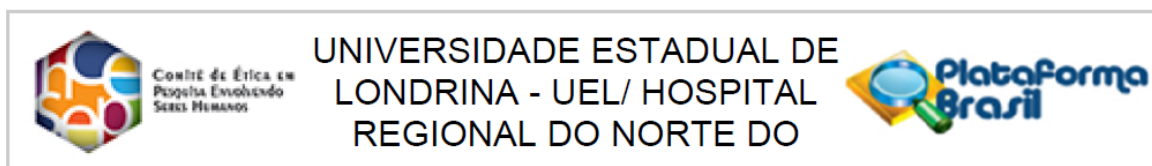
**CEP:** 86.057-970

**UF:** PR

**Município:** LONDRINA

**Telefone:** (43)3371-5455

**E-mail:** cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 752.671

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

Os termos de apresentação obrigatória estão ok.

**Recomendações:**

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

O pesquisador respondeu devidamente as pendências, o projeto está aprovado

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

LONDRINA, 15 de Agosto de 2014

---

**Assinado por:**  
**Paula Mariza Zedu Alliprandini**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380 (PR 445)

**Bairro:** Campus Universitário

**CEP:** 86.057-970

**UF:** PR

**Município:** LONDRINA

**Telefone:** (43)3371-5455

**E-mail:** cep268@uel.br