



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

EDIRLEY GUIMARÃES DE SOUZA

**EFEITOS DA FOTOBIMODULAÇÃO NO DESEMPENHO DE  
ATLETAS DE FUTEBOL EM JOGOS DE CAMPO REDUZIDO**

---

Londrina  
2022

EDIRLEY GUIMARÃES DE SOUZA

**EFEITOS DA FOTOBIMODULAÇÃO NO DESEMPENHO DE  
ATLETAS DE FUTEBOL EM JOGOS DE CAMPO REDUZIDO**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Educação Física Associado UEM-UEL da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Londrina  
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

D278e De Souza, Edirley Guimarães.  
EFEITOS DA FOTOBIMODULAÇÃO NO DESEMPENHO DE ATLETAS DE FUTEBOL EM JOGOS DE CAMPO REDUZIDO / Edirley Guimarães De Souza. - Londrina, 2022.  
96 f. : il.

Orientador: Solange de Paula Ramos.  
Coorientador: Vinícius Flávio Milanez.  
Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2022.  
Inclui bibliografia.

1. Adolescentes - Tese. 2. Treinamento esportivo - Tese. 3. Fototerapia - Tese. 4. Ergogênico - Tese. I. de Paula Ramos, Solange. II. Milanez, Vinícius Flávio. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. IV. Título.

CDU 796

EDIRLEY GUIMARÃES DE SOUZA

## **EFEITOS DA FOTOBIMODULAÇÃO NO DESEMPENHO DE ATLETAS DE FUTEBOL EM JOGOS DE CAMPO REDUZIDO**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Educação Física Associado UEM-UEL da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Educação Física.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

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

---

Prof. Dr. Antônio Carlos Dourado  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Helcio Rossi Gonçalves  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Cosme Franklin Buzzachera  
Università di Pavia - Itália

---

Prof. Dr. Paulo Sergio Chagas Gomes  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

Londrina, 19 de outubro de 2022.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus, pois sem Ele nada seria possível. Por sua vontade eu iniciei e cheguei até o momento da entrega desta tese.

À Profª Drª Solange de Paula Ramos, por todos os ensinamentos durante esse período de minha vida.

Ao Prof. Dr. Vinícius Flavio Milanez, pelo auxílio durante a elaboração deste trabalho.

Aos professores doutores Antonio Carlos Dourado, Cosme Franklin Buzzachera, Helcio Rossi Gonçalves e Paulo Sergio Chagas Gomes, que com suas contribuições possibilitaram o aprimoramento desta tese.

Aos amigos e amigas do grupo GERART, que foram muito parceiros em todas as etapas de construção desse trabalho e sem os quais não teria conseguido chegar a este momento.

Um agradecimento mais do que especial às pessoas mais importantes da minha vida, a minha esposa, meu filho, meu pai e meus irmãos. Vocês são a minha vida.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro ao Programa de Pós-graduação, por meio dos editais PROAP.

## RESUMO

DE SOUZA, Edirley Guimarães. **Efeitos da fotobiomodulação no desempenho de atletas de futebol em jogos de campo reduzido**. 2022. 93 f. Tese (Doutorado em Educação Física UEM/UEL) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

O treinamento de atletas de futebol com jogos de campo reduzido (JCR) promove adaptações aeróbias e anaeróbias, na capacidade de realizar *sprints*, bem como a habilidade em realizar mudanças de direção. Além disso, também permite o aprimoramento das habilidades técnicas, táticas e de tomada de decisão. Dependendo do número de jogadores, regras e dimensões do campo, as sessões de JCR podem impor grande carga externa e interna aos jogadores. O uso de métodos ergogênicos associados ao JCR podem promover aumento do desempenho na sessão, reduzindo a fadiga. A fotobiomodulação é uma modalidade de tratamento com aplicação de luz de baixa potência, com comprimento de onda do vermelho ao infravermelho longo, para indução de fenômenos biológicos nos tecidos vivos. Estudos demonstram que a FBM tem efeito ergogênico em algumas modalidades de exercício aeróbios e anaeróbios. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da FBM sobre a carga externa e interna de trabalho, e no desempenho em acelerações e desacelerações e redução da fadiga em uma sessão de treino com JCR. Esta tese foi dividida em dois estudos. O estudo 1 analisou o efeito da FBM sobre o impulso de treinamento baseado em zonas de FC ( $TRIMP_{Edwards}$ ) e na distância total e percorrida em cinco zonas de velocidade. O estudo 2 determinou o efeito da FBM em séries consecutivas de JCR nas variáveis de número, tempo e distância total percorrida em acelerações e desacelerações. Ambos os estudos contaram com a participação de dezesseis jogadores de futebol juvenil sub-17, do sexo masculino, que foram submetidos a duas sessões de treinamento utilizando protocolo de JCR (4 x 4; 8 x 4 min; 20 x 30 m; *Stop Ball*), com a aplicação de FBM (630 nm, 4,5 J/cm<sup>2</sup>, 6 J em 17 pontos de cada membro inferior) ou placebo (CON). No estudo 1, não foram encontrados efeitos significativos da FBM na  $TRIMP_{Edwards}$  ( $F(1,30) = 0,01532$ ;  $p = 0,90$ ;  $\eta^2 = 0,03$ ), distância total por JCR ( $F(1,15) = 0,35$ ;  $p = 0,56$ ;  $\eta^2 = 0,24$ ) e distância por zonas de velocidade: zona 1 ( $F(1,30) = 0,018$ ;  $p = 0,89$ ;  $\eta^2 = 0,02$ ), zona 2 ( $F(1,30) = 0,3708$ ;  $p = 0,54$ ;  $\eta^2 = 0,47$ ), zona 3 ( $F(1,30) = 0,4537$ ;  $p = 0,50$ ;  $\eta^2 = 0,51$ ) e zona 4 ( $F(1,29) = 3,874$ ;  $p = 0,99$ ;  $\eta^2 = 3,40$ ). Apenas houve efeito do tempo na distância por jogo ( $F(7,105) = 0,3522$ ;  $p = 0,56$ ;  $\eta^2 = 10,28$ ), na carga interna ( $F(3.861,115.8) = 3,781$ ;  $p = 0,006$ ;  $\eta^2 = 3,54$ ), e na distância nas zonas 2 ( $F(4.681,140.4) = 5,468$ ;  $p = 0,002$ ;  $\eta^2 = 9,32$ ) e zona 3 ( $F(4.368,131,0) = 3,234$ ;  $p = 0,01$ ;  $\eta^2 = 6,23$ ). Desta forma, concluímos que a aplicação da FBM na dosimetria utilizada, não foi capaz de promover efeito ergogênico sobre a carga interna e externa em séries de JCR. No estudo 2, as variáveis acelerações e desacelerações não apresentaram interação entre as séries de JCR e o tratamento. As variáveis de JCR apresentaram apenas diferença intragrupo para número total de acelerações ( $F(7,105) = 6,808$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2 = 11,68$ ), aceleração de alta intensidade ( $F(7,105) = 2,58$ ;  $p = 0,01$ ;  $\eta^2 = 5,03$ ), desacelerações totais ( $F(7,105) = 0,97$ ;  $p = 0,006$ ;  $\eta^2 = 5,69$ ) e de muito alta intensidade ( $F(7,105) = 2,14$ ;  $p = 0,04$ ;  $\eta^2 = 4,07$ ). Na sessão FBM, houve redução do número de acelerações entre o JCR 1 e o 2 ( $p = 0,01$ ), 4 ( $p = 0,02$ ), 5 ( $p = 0,0003$ ), 6 ( $p = 0,002$ ), 7 ( $p = 0,01$ ) e 8 ( $p = 0,002$ ). A sessão CON apresentou redução no JCR 5 ( $p = 0,04$ ), 6 ( $p = 0,008$ ) e 8 ( $p = 0,003$ ). Para acelerações de alta intensidade foram

encontradas diferenças apenas no grupo CON no JCR 6 ( $p=0,01$ ) e 8 ( $p=0,01$ ) em relação a primeira série. A sessão CON também apresentou redução do número de desacelerações de alta intensidade no JCR 5 ( $p=0,006$ ). Nas demais variáveis, incluindo tempo e distância total percorrida em diferentes zonas de aceleração, não foi observada efeitos das séries, FBM e interação entre ambas as variáveis. Concluímos que a FBM não apresentou efeitos sobre o desempenho em ações de alta intensidade e redução de fadiga nas sessões de treinamento JCR. Os resultados dos estudos da tese sugerem que o comprimento de onda e dosimetria empregadas neste estudo não conferem vantagens sobre o desempenho físico e carga interna e externa em sessões de treinamento com JCR em atletas juvenis de futebol.

**Palavras-chave:** adolescentes; terapia com luz de baixa intensidade; fototerapia; treinamento esportivo; ergogênico.

## ABSTRACT

DE SOUZA, Edirley Guimarães. **Photobiomodulation effects and soccer players performance in small-sided games.** 2022. 93 p. Thesis (Physical Education Doctoral Degree UEM/UEL) – Londrina State University, Londrina, 2022.

The training of soccer athletes using Small-sided Games strategies (SSG) improves aerobic and anaerobic adaptations, the ability to perform sprints, as well as the ability to perform changes in direction. In addition, it also allows for the improvement of technical, tactical and decision-making skills. Depending on the number of players, rules and dimensions of the field area, SSG sessions can impose a high external and internal load on the players. The use of ergogenic methods associated with SSG may increase performance in the SSG training session, reducing fatigue. Photobiomodulation (PBM) is a treatment to induce biological effects in living tissues. Studies show that PBM has an ergogenic effect in some aerobic and anaerobic exercise modalities. This study aimed to evaluate the effects of PBM on external and internal training load, acceleration and deceleration performance, and fatigue reduction in a training session with SSG. This thesis was divided into two studies. Study 1 analyzed the effect of PBM on the training impulse based on HR zones ( $TRIMP_{Edwards}$ ) and the total distance covered in five-speed zones. Study 2 determined the effect of PBM in consecutive series of SSG on the variables of number, time, and total distance covered in accelerations and decelerations. Both studies involved sixteen male under-17 youth soccer players, who underwent two training sessions using the SSG protocol (4 x 4; 8 x 4 min; 20 x 30 m; Stop Ball), with the application of PBM (630 nm, 4.5 J/cm<sup>2</sup>, 6 J in 17 points of each lower limb) or placebo (CON). In study 1, no significant effects of PBM were found on  $TRIMP_{Edwards}$  ( $F(1,30) = 0.01532$ ;  $p = 0.90$ ;  $\eta^2 = 0.03$ ), total distance per SSG ( $F(1,15) = 0.3522$ ;  $p = 0.56$ ;  $\eta^2 = 0.24$ ) and distance by speed zones: zone 1 ( $F(1, 30) = 0.018$ ;  $p = 0.89$ ;  $\eta^2 = 0.02$ ), zone 2 ( $F(1, 30) = 0.3708$ ;  $p = 0.54$ ;  $\eta^2 = 0.47$ ), zone 3 ( $F(1, 30) = 0.4537$ ;  $p = 0.50$ ;  $\eta^2 = 0.51$ ) and zone 4 ( $F(1, 29) = 3.874$ ;  $p = 0.99$ ;  $\eta^2 = 3.40$ ). There was only an effect of time on the distance covered per game ( $F(7, 105) = 0.3522$ ;  $p = 0.56$ ;  $\eta^2 = 10.28$ ), on the internal load ( $F(3,861, 115.8) = 3.781$ ;  $p = 0.006$ ;  $\eta^2 = 3.54$ ), and in the distance in zones 2 ( $F(4,681, 140.4) = 5.468$ ;  $p = 0.002$ ;  $\eta^2 = 9.32$ ) and zone 3 ( $F(4,368, 131.0) = 3.234$ ;  $p = 0.01$ ,  $\eta^2 = 6.23$ ). Thus, we conclude that the application of PBM in the dosimetry used was not able to promote an ergogenic effect on the internal and external load in series of SSG. In the study 2, the variables accelerations and decelerations showed no interaction between the SSG series and the treatment. SSG variables showed only intragroup difference for total number of accelerations ( $F(7, 105) = 6.808$ ;  $p < 0.0001$ ;  $\eta^2 = 11.68$ ), high intensity acceleration ( $F(7, 105) = 2.58$ ;  $p = 0.01$ ;  $\eta^2 = 5.03$ ), total decelerations ( $F(7, 105) = 0.97$ ;  $p = 0.006$ ;  $\eta^2 = 5.69$ ) and very high intensity ( $F(7,105) = 2.14$ ;  $p = 0.04$ ;  $\eta^2 = 4.07$ ). In the PBM session, there was a reduction in the number of accelerations between SSG 1 and 2 ( $p = 0.01$ ), 4 ( $p = 0.02$ ), 5 ( $p = 0.0003$ ), 6 ( $p = 0.002$ ), 7 ( $p = 0.01$ ) and 8 ( $p = 0.002$ ). The CON session showed a reduction in SSG 5 ( $p = 0.04$ ), 6 ( $p = 0.008$ ) and 8 ( $p = 0.003$ ). For high-intensity accelerations, differences were found only in the CON group in SSG 6 ( $p = 0.01$ ) and 8 ( $p = 0.01$ ) in relation to the first series. The CON session also showed a reduction in the number of high-intensity decelerations in SSG 5 ( $p = 0.006$ ). In the other variables, including time and total distance covered in different acceleration zones, there were no effects of the series,

PBM and interaction between both variables. We conclude that PBM had no effects on performance in high-intensity actions and reduced fatigue in SSG training sessions. The results of the thesis studies suggest that the wavelength and dosimetry used in this study do not present advantages on physical performance and internal and external load in training sessions with SSG in youth soccer athletes.

**Key words:** adolescents; low-intensity light therapy; phototherapy; sports training; ergogenic.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Desenho experimental do estudo. Semana 1: dia 1 Avaliação antropométrica, composição corporal e teste Yoyo IR1; Nas semana 2, os atletas dos times 1 e 2 foram submetidos a FBM ou placebo, em duas sessões de JCR com 48 horas de intervalo (dia 2 e 3). Na semana 3, os times 3 e 4 foram submetidos a intervenção.....22
- Figura 2** - Pontos de aplicação da fotobiomodulação nos membros inferiores. a) vista anterior; b) vista posterior .....25
- Figura 3** - Desenho experimental do estudo. Semana 1: teste de YoyoIR1, análise antropométrica e de composição corporal (dia 1). Semana 2: times 1 e 2 foram submetidos a duas sessões (dias 2 e 3) de treino com JCR com 48 horas de intervalo, com e sem a FBM. Na semana 3, os times 3 e 4 foram submetidos aos mesmos procedimentos. ....33
- Figura 4** - Pontos de aplicação da fotobiomodulação nos membros inferiores. a) vista anterior; b) vista posterior. ....37
- Figura 5** - Média (SD) dos valores da intensidade da carga interna baseada no método da TRIMP de Edwards para cada JCR. Valores em unidades arbitrárias (UA). ....39
- Figura 6** - Média e desvio padrão da distância total percorrida em cada JCR. \*  $p < 0,05$  em relação a JCR 1 no grupo FBM; §  $p < 0,005$  em relação a JCR 1 no grupo CON. ....40
- Figura 7** - Média e desvio padrão da velocidade máxima (a) e média (b) alcançada em cada JCR em km/h.\*  $p < 0,05$  em relação a JCR 1 no grupo FBM; §  $p < 0,005$  em relação a JCR 1 no grupo CON. ....41
- Figura 8** - Média (DP) das distâncias percorridas em diferentes zonas de velocidade. a) Zona 1 (0 - 6,9 km/h); b) Zona 2 (7 - 12,9 km/h); c) Zona 3 (13 - 17,9 km/h); d) Zona 4 (>18 km/h). \*  $p < 0,05$  em relação a JCR1 no grupo FBM; §  $p < 0,05$  em relação a JCR1 em grupo CON. ....41
- Figure 9** - Study design. Week 1(teams 1, 2, 3 and 4) – day 1:

Antropometry, body composition measurement and Yo-yo IR1 test; Week 2 (teams 1 and 2)– day 2: PBM or Placebo, warm-up and SSG series; day 3: crossover, warm-up and SSG series; Week 3 (Teams 3 and 4) – day 4: PBM or Placebo, warm-up and SSG series (group 2); day 3: crossover, warm-up and SSG series.....51

**Figure 10** - Irradiation points. a) Anterior view; b) posterior view.....53

**Figure 11** - Mean (SD) of the number of accelerations (A) and high-intensity accelerations (B), throughout eight successive SSG series (SSG1 to SSG8). \$ p<0.05, compared to SSG 1 in Control group; \* p<0.05, compared to SSG 1 in PBM group.....57

**Figure 12** - Mean (SD) of number of decelerations and very high-intensity decelerations throughout eight successive SSG series. \$ p<0.05, compared to SSG 1 in Control group; .....58

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Dosimetria da fotobiomodulação .....	26
<b>Tabela 2</b> - Dosimetria da fotobiomodulação .....	37
<b>Tabela 3</b> - Energy dosimetry of PBM.....	54
<b>Tabela 4</b> - Effects of photobiomodulation on accelerometry variables in youth soccer players during eight successive series of SSG submitted to photobiomodulation or placebo treatments. ....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP	Adenosina trifosfato
CCI	Coeficiente de correlação intraclasse
CMJ	<i>Countermovement jump</i>
Cox	Citocromo c-oxidase
cm <sup>2</sup>	Centímetros quadrados
FC	Frequência cardíaca
FCmáx	Frequência cardíaca máxima
FCmédia	Frequência cardíaca média
J	Joule
JCR	Jogo de campo reduzido
J/cm <sup>2</sup>	Joule por centímetro quadrado
Kg	Kilogramas
LASER	amplificação de luz por emissão estimulada de radiação
LED	Diodos emissores de luz
m	Metros
MVC	<i>Maximum voluntary contraction</i>
mW	Miliwatts por centímetro quadrado
m/s	Metros por segundo
m/s <sup>2</sup>	Metros por segundo ao quadrado
nm	Nanômetro
NO	Óxido Nítrico
FBM	Fotobiomodulação
PBM	<i>Photobiomodulation</i>
SB	<i>Stop Ball</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	20
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	21
3.1	DELINEAMENTO DE ESTUDO .....	21
3.2	PARTICIPANTES.....	22
3.3	ANTROPOMETRIA... ..	23
3.4	COMPOSIÇÃO CORPORAL .....	23
3.5	YOYO INTERMITTENT RECOVERY TEST 1 (YOYO IR1).....	23
3.6	JOGOS DE CAMPO REDUZIDO (JCR).....	24
3.7	FOTOBIMODULAÇÃO .....	25
3.8	CARGA INTERNA.....	26
3.9	ANÁLISE DE MOVIMENTO.....	27
3.10	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	28
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	29
4.1	A FOTOBIMODULAÇÃO NÃO APRESENTA EFEITO ERGOGÊNICO EM CARGA INTERNA E EXTERNA EM SÉRIES DE JOGO DE CAMPO REDUZIDO.....	29
4.1.1	Resumo .....	29
4.1.2	Introdução.....	30
4.1.3	Materiais e Métodos .....	32
4.1.4	Resultados.....	39
4.1.5	Discussão.....	42
4.2	ACUTE PHOTOBIMODULATION DOES NOT HAVE ERGOGENIC EFFECTS ON ACCELERATION AND DECELERATION IN SOCCER TRAINING .....	47
4.2.1	Abstract .....	47
4.2.2	Introduction.....	48
4.2.3	Material and Methods .....	50
4.2.4	Results.....	55

4.2.5	Discussion .....	58
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>63</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>64</b>
	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>82</b>
	APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	83
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>87</b>
	ANEXO A – Parecer consubstanciado CEP .....	88

## 1 INTRODUÇÃO

O futebol é um esporte que exige do atleta elevado nível de habilidade técnica, tática e aptidão física (MODRIC *et al.*, 2019). Durante as partidas oficiais acontecem corridas de muito alta intensidade (*sprints*), corridas em alta velocidade, acelerações, desacelerações (DE HOYO *et al.*, 2016; NOBARI *et al.*, 2021a; REYNOLDS *et al.*, 2021), mudanças de direção (DE HOYO *et al.*, 2016; OLIVA-LOZANO; FORTES,M. MUYOR, 2021), saltos e contatos diretos contra adversários (DE HOYO *et al.*, 2016), com os atletas chegando a percorrer distâncias totais em jogo entre 9 a 11 km, dependendo da posição do jogador (CASTAGNA *et al.*, 2017; DALEN *et al.*, 2016b; DI SALVO *et al.*, 2013; NOBARI *et al.*, 2021b). Durante os jogos ações de alta intensidade, como *sprints*, acelerações e desacelerações de alta (2 m/s<sup>2</sup>) e muito alta intensidade (3 m/s<sup>2</sup>) e mudanças de direção, impõem grande carga externa aos atletas, com diferentes esforços em jogadores de diferentes posições (DALEN *et al.*, 2016b; INGEBRIGTSEN *et al.*, 2015; VARLEY,AUGHEY, 2012). Estas ações de alta intensidade ocorrem durante momentos decisivos ofensivos e defensivos da partida (HAUGEN *et al.*, 2014; OLIVA-LOZANO; FORTES,M. MUYOR, 2021). Neste sentido, há uma associação entre período de jogo (primeiro e segundo tempo) e redução da quantidade de *sprints* com as ações ofensivas com e sem bola, e as defensivas, mas não com as acelerações (HAUGEN *et al.*, 2014). Estudos constataram que ocorre uma diminuição no número de acelerações e desacelerações do primeiro para o segundo tempo (DALEN *et al.*, 2016b; NOBARI *et al.*, 2021a; RUSSELL *et al.*, 2016b) e que para que sejam atingidas maiores velocidades nos períodos finais dos jogos é necessário que ocorra um aumento da distância em aceleração (RUSSELL *et al.*, 2016b).

Os treinos de Jogos de Campo Reduzido (JCR) podem simular as demandas de uma partida, permitindo o treinamento e aprimoramento das habilidades técnicas, táticas, físicas (HAUER *et al.*, 2021; KÖKLÜ *et al.*, 2020; NUNES *et al.*, 2020; OWEN *et al.*, 2020) e de tomada de decisão (KÖKLÜ *et al.*, 2020; TRECROCI *et al.*, 2020). Estudos apontam que o modelo de treinamento baseado em JCR promove adaptações na capacidade aeróbia (OWEN *et al.*, 2020) e anaeróbia (KARAHAN, 2020), que podem promover maior VO<sub>2</sub>máx, capacidade de realizar *sprints*, bem como a habilidade em realizar mudanças de direção (DELLO IACONO; BEATO,UNNITHAN,

2021). O aumento na capacidade cardiorrespiratória promovido pelo JCR foi semelhante ao obtido em treinamentos intervalados de alta intensidade (HIIT) (DELLO IACONO; BEATO, UNNITHAN, 2021; KUNZ *et al.*, 2019). No entanto, ao realizar os treinos de JCR, os jogadores apresentam maior motivação, criando uma preferência em relação aos métodos de treinamento baseado em corridas (KÖKLÜ *et al.*, 2020; SELMI *et al.*, 2020).

Outra característica importante dos JCR é a possibilidade de manipulação de variáveis, que permitem que se altere a intensidade e sejam desenvolvidas condições específicas. São passíveis de manipulação o número de jogadores, dimensão do campo, encorajamento do treinador, regras e tempo do jogo e intervalos (HAUER *et al.*, 2021; KÖKLÜ *et al.*, 2020).

A quantidade de jogadores pode alterar a intensidade do JCR, sendo que a redução do número de jogadores proporciona maiores valores de carga interna, por métodos baseados em frequência cardíaca (FC), concentração de lactato e percepção subjetiva de esforço (PSE) (HILL-HAAS *et al.*, 2011b), além de possibilitar um aumento na quantidade de ações técnicas, como passes e dribles (FERNÁNDEZ-ESPÍNOLA; ABAD ROBLES, GIMÉNEZ FUENTES-GUERRA, 2020). Em modelos de JCR, 3 vs. 3 e 4 vs. 4 jogadores, as cargas obtidas são semelhantes às encontradas em métodos de treinamento aeróbio intervalado (KÖKLÜ *et al.*, 2020), sugerindo que sejam estratégias de JCR que podem ser utilizadas para estimular demandas aeróbias. A redução do número de jogadores por área (número de jogadores/área total de campo) promove um aumento na intensidade do JCR (HALOUANI *et al.*, 2014; LACOME *et al.*, 2018b), ou seja o menor espaço de jogo faz com que aumente também o número de ações técnicas (FERNÁNDEZ-ESPÍNOLA; ABAD ROBLES, GIMÉNEZ FUENTES-GUERRA, 2020). Também é possível aumentar a demanda fisiológica dos JCR, com o aumento do campo de jogo (HODGSON; AKENHEAD, THOMAS, 2014). Desta forma, a manipulação de diferentes protocolos de JCR pode permitir o treinamento de diferentes demandas físicas e habilidades técnico-táticas.

As regras do jogo também exercem grande influência sobre a intensidade dos JCR. Elas podem promover aumento ou diminuição da carga interna, ou dos fundamentos técnicos e táticos do futebol (HILL-HAAS *et al.*, 2011b). Dentre

as possibilidades existe a opção de utilizar goleiros ou gol pequeno (JCR-G) e o modelo chamado *stopball* (JCR-SB). O *stop ball* consiste na marcação de pontos quando o jogador ultrapassa uma linha (localizada a um metro a partir da linha de fundo) e mantém a bola sob seu domínio (HALOUANI *et al.*, 2019a). Apenas a passagem da bola por essa zona de ponto ou o toque do jogador que está dentro dela sem que a tenha dominado, não configura ponto. Este método promove um aumento na intensidade em relação aos métodos com goleiro (HALOUANI *et al.*, 2017; HALOUANI *et al.*, 2019a; HILL-HAAS *et al.*, 2011b). É possível afirmar que existe uma redução de tempo de jogo e respostas fisiológicas e de cargas externas no modelo JCR-G devido a necessidade de uma organização defensiva (HILL-HAAS *et al.*, 2011b). A distância percorrida em alta intensidade é aumentada quando utiliza-se o JCR-SB, em função de uma maior área a ser coberta e de uma menor necessidade de ações táticas do que o modelo JCR-G (HALOUANI *et al.*, 2019a).

Outra mudança nas regras trata-se da inclusão de um flutuador, que é um jogador que pertence a equipe que está em posse da bola (LOZANO *et al.*, 2020), o que aumenta o componente tático do JCR. Como consequência, há uma diminuição da carga imposta pelo jogo (LACOME *et al.*, 2018b; LOZANO *et al.*, 2020; RÁBANO-MUÑOZ *et al.*, 2019).

O tempo de jogo e de recuperação entre séries, também pode ser alterado a fim de aumentar ou diminuir a intensidade de carga interna e externa dos JCR. Um estudo em atletas profissionais demonstrou que, ao longo de sete JCR, de seis minutos, com formato 4 vs. 4, ocorre redução da distância total percorrida, distâncias percorridas em alta velocidade ( $> 5$  m/s) e *body load* (SPARKS; COETZEE, GABBETT, 2017).

A realização de várias séries de campo reduzido foi analisada em um estudo com atletas juvenis, e demonstrou que dois duelos de jogos de campo reduzido consecutivos de oito minutos, com três minutos de intervalo, no formato 5 vs. 5, promove reduções de desempenho físico (distância total percorrida, carga mecânica, *sprints*) ao longo do exercício (MOREIRA *et al.*, 2016). O intervalo de recuperação parece não exercer grande influência sobre as respostas fisiológicas, perceptivas e variáveis de movimento (MCLEAN *et al.*, 2016a), bem como não alterou parâmetros de desempenho técnico (MCLEAN *et al.*, 2016b). Os resultados dos estudos em JCR

sugerem que a estratégia impõe grande carga interna e externa e que séries sucessivas de JCR em sessões de treino podem promover fadiga ao longo da sessão.

Para aumentar o desempenho aeróbio, anaeróbio ou reduzir a fadiga em sessões de treino, pode-se recorrer ao uso de recursos ergogênicos. A fotobiomodulação (FBM) é uma modalidade de tratamento ergogênico que utiliza Lasers (*Light amplification by stimulated emission of radiation*) de baixa potência ou LED (diodos emissores de luz – *Light-emitting diode*) para indução de fenômenos biológicos nos tecidos vivos (DOMPE *et al.*, 2020; HAMBLIN, 2018b). Em esportes, a FBM tem sido estudada como método ergogênico e como método de recuperação (DELLAGRANA *et al.*, 2020; FERRARESI; HUANG, HAMBLIN, 2016; LANFERDINI *et al.*, 2018; NAMPO *et al.*, 2016a; NAMPO *et al.*, 2016b). O tratamento é aplicado em comprimentos de onda variando do vermelho (600 nm) ao infravermelho próximo (1100 nm), com fontes de luz de baixa potência (5 a 1000 mW), aplicadas de modo contínuo ou pulsado, sobre o tecido vivo (DE FREITAS, HAMBLIN, 2016; HAMBLIN, 2018a)

A aplicação da FMB aumenta a resistência a fadiga em estudos experimentais com exercício físico e contrações eletroestimuladas (BORGES; CERQUEIRA, ALBERTO, 2013; DA COSTA SANTOS *et al.*, 2014; LEAL JUNIOR *et al.*, 2010a; SANTOS *et al.*, 2014). A luz em comprimentos de onda vermelho a infravermelho próximo é capaz de estimular a atividade da enzima citocromo c oxidase (Cox) da cadeia respiratória mitocondrial (HAMBLIN, 2018b; POYTON, BALL, 2011b; WANG *et al.*, 2018). Isso tem como efeito um aumento dos níveis de respiração celular e síntese de adenosina trifosfato (ATP) e Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo (NADH) (HUANG *et al.*, 2009). Outro mecanismo da FBM está relacionado a capacidade de dissociação do óxido nítrico (NO) da Cox permitindo que não ocorra a inibição da síntese de ATP em função da quantidade excessiva de NO (DE FREITAS, HAMBLIN, 2016; HUANG *et al.*, 2009). A aplicação da FBM pode proporcionar aumento no desempenho por três mecanismos: 1) pela maior disponibilidade de ATP, 2) aumento da ressíntese de fosfocreatina, e 3) aumento da oxidação do lactato (FERRARESI; HAMBLIN, PARIZOTTO, 2012)

Ensaio clínico demonstram que a FMB, em diferentes doses (270 a 810 J) e comprimentos de onda (810 a 880 nm), pode aumentar o tempo até a fadiga

em alguns tipos de exercícios de alta intensidade (AILIOAIE, LITSCHER, 2021; DORNELLES *et al.*, 2019a; LANFERDINI *et al.*, 2018; NAMPO *et al.*, 2016a).

A FMB parece atuar sobre o consumo de oxigênio, afetando o metabolismo anaeróbio e aeróbio, produzindo possíveis efeitos ergogênicos (LANFERDINI *et al.*, 2018; TOMAZONI *et al.*, 2019a). Um estudo verificou que o uso de irradiação infravermelha (904nm) superpulsada, em três pontos com grande área de superfície (~6 cm<sup>2</sup>) com dose de 43,2 J, aumentou, de forma significativa, vários parâmetros de desempenho, incluindo trabalho total realizado, o pico de torque, o tempo para alcançar o pico de torque e potência média no músculo quadríceps (TOMA *et al.*, 2018b). Outro estudo demonstrou que a aplicação da FBM (660 e 850 nm; 4,5 J/cm<sup>2</sup>) na coxa de sujeitos fisicamente ativos aumentou o número de repetições e reduziu o índice de fadiga, no exercício de *leg press*, apenas nos músculos irradiados, sem efeito na perna contralateral (FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2018). Um estudo em sujeitos fisicamente ativos demonstrou aumento do desempenho anaeróbio láctico e alático no teste de Wingate (MOLINA CORREA *et al.*, 2020a).

Dessa maneira, o efeito sobre a resistência a fadiga neuromuscular e aumento da potência pode ser importante em atividades de alta intensidade, como *sprints*, desacelerações e passes, realizados no futebol. Essa melhora promovida pela FBM resulta no aumento da ativação das unidades motoras de alta frequência (DELLAGRANA *et al.*, 2018; FLORIANOVICZ *et al.*, 2020; MOLINA CORREA *et al.*, 2020a), observado através do aumento do *root mean square* (RMS) em eletromiografia. Porém ainda não está esclarecido o mecanismo que promove esse efeito sobre o recrutamento de unidades motoras (FLORIANOVICZ *et al.*, 2020). Também foi verificado melhora na potência média e pico, em um teste de campo com atletas de *rugby* (PINTO *et al.*, 2016b). No estudo a aplicação da FBM com irradiação vermelha e infravermelha (640, 875 e 904nm, 510J) nos membros inferiores promoveu redução do tempo médio de realização de *sprints* em um teste intermitente de corrida. Estes resultados sugerem que o uso da FBM pode melhorar o desempenho em esforços de alta intensidade, de forma aguda.

Tendo em vista a necessidade de melhorar o processo de treinamento, em função do curto tempo de preparação para a temporada competitiva, é importante utilizar ferramentas que possibilitem maior desempenho em treinos,

como os JCR. Porém, a associação do método JCR com estratégias ergogênicas podem trazer benefícios adicionais produzindo aumento de desempenho individual e redução da fadiga em treino.

Nesta perspectiva e com base na hipótese que a FBM pode ter efeito ergogênico sobre o desempenho em ações de alta intensidade, permitindo aos jogadores aumentar a quantidade de acelerações e desacelerações durante séries de JCR, o objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos da FBM sobre uma sessão de treino com JCRs consecutivos. O aumento do desempenho ou mitigação da fadiga neuromuscular entre séries de JCR pode ter importante relevância prática, proporcionando sessões de treino com maiores estímulos e capacidade de aprimoramento técnico, tático e físico.

## **2 OBJETIVOS**

Verificar o efeito da fotobiomodulação sobre o desempenho físico em uma sessão de treino de JCR de jogadores de futebol da categoria sub-17.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Investigar os possíveis efeitos da FBM na carga interna e cargas externas (distância percorrida) em séries consecutivas de JCR.

Determinar o efeito da FBM em acelerações e desacelerações em séries consecutivas de JCR em uma sessão treinamento.

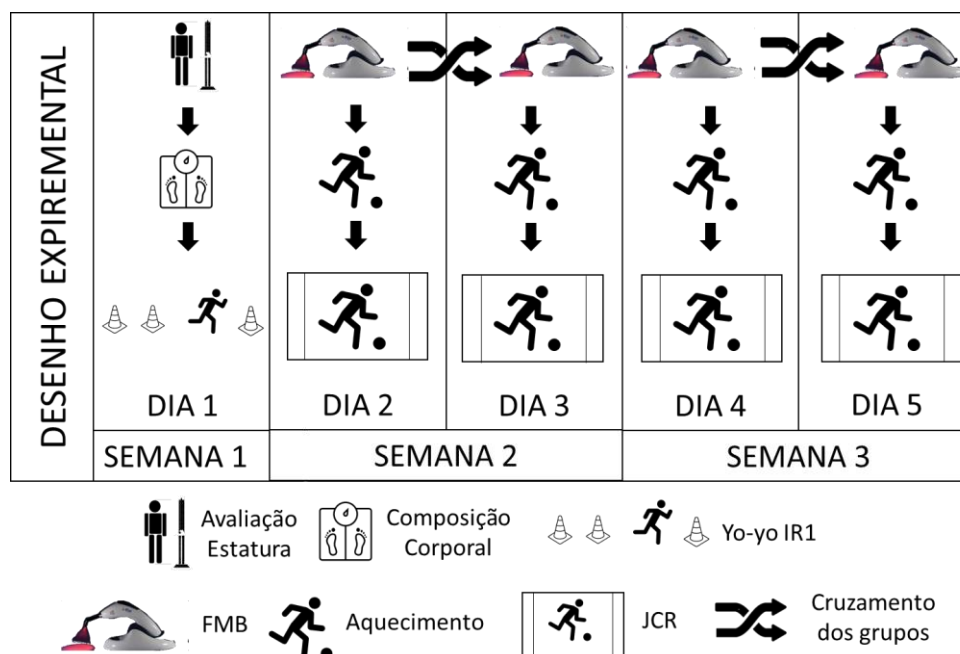
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico serão descritos os procedimentos de realização dos estudos 1 e 2.

#### 3.1 DELINEAMENTO DE ESTUDO

Este estudo é um ensaio clínico duplo-cego, controlado por placebo, randomizado e cruzado, para avaliação do efeito ergogênico da FBM sobre a carga interna, distância total percorrida e distância em diferentes zonas de velocidade, em treinos de JCR. Os atletas foram distribuídos em quatro equipes com quatro jogadores que disputaram duas sessões de treinamento com JCR, com dois dias de intervalo, submetidos à FBM e placebo. O horário de início dos trabalhos foi 14:30 h, de forma a manter a rotina habitual dos atletas ao se apresentarem para os treinos. O experimento teve duração de três semanas. Na primeira semana foi realizado o teste de Yoyo IR1e avaliações antropométricas, e nas duas semanas seguintes foram realizadas as sessões de JCR. As semanas tiveram dois dias de realização de treinos com JCR com intervalo de 48 horas, sendo investigados oito atletas por semana, com cruzamento da intervenção (fig.1). O desempenho físico em distância total percorrida e distância percorrida em diferentes zonas de velocidade e acelerações/desacelerações foi determinado por meio de um equipamento GPS. A frequência cardíaca para determinação da carga interna foi registrada por meio de cardiofrequencímetros. Os procedimentos de estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, Paraná (n. 3.752.243).

**Figura 1** - Desenho experimental do estudo. Semana 1: dia 1 Avaliação antropométrica, composição corporal e teste Yo-yo IR1; Na semana 2, os atletas dos times 1 e 2 foram submetidos a FBM ou placebo, em duas sessões de JCR com 48 horas de intervalo (dia 2 e 3). Na semana 3, os times 3 e 4 foram submetidos a intervenção.



### 3.2 PARTICIPANTES

Dezesseis jogadores de futebol ( $15,5 \pm 0,2$  anos,  $173,3 \pm 4,7$  cm de estatura,  $61,4 \pm 9,2$  kg,  $12,5 \pm 5,2$  % gordura corporal e  $VO_{2m\acute{a}x}$  de  $42,5 \pm 2,0$  ml/min/kg) pertencentes a uma equipe de futebol da cidade de Londrina, Estado do Paraná, que disputavam o torneio da Liga de Futebol de Londrina, do qual participam as equipes sub17 da região participaram do estudo. Os atletas foram selecionados de acordo com os seguintes critérios de inclusão: 1) integrar a equipe há pelo menos seis meses; 2) ser um jogador de linha; e 3) não ter utilizado qualquer substância anti-inflamatória ou analgésica nos últimos sete dias. Para a exclusão do sujeito no estudo foram adotados os seguintes critérios: 1) apresentar sinais ou sintomas de lesões articulares; 2) existência de lesões musculares; 3) ser goleiro; e 4) ausentar-se de qualquer uma das etapas do estudo. Os atletas foram orientados a não utilizar nenhum recurso ou suplemento ergogênico durante o período de estudo. Os sujeitos treinavam regularmente três vezes por semana (realizavam com frequência treinos em JCR em suas rotinas) e tinham mais um dia de jogo completando seu microciclo habitual.

O cálculo do tamanho da amostra para o JCR foi baseado na distância total percorrida em quatro séries de JCR, com 4 vs. 4 jogadores, em campo de 20 x 30 m, com um máximo de 8,7 % de ICC (LACOME *et al.*, 2018b). Um mínimo de dez jogadores foi necessário, utilizando um modelo de estudo com cruzamento, para atingir 80 % do poder estatístico com um máximo de 5 % de erro tipo I. Para completar duas equipes (4 vs. 4), 16 jogadores foram incluídos.

### 3.3 ANTROPOMETRIA

A estatura foi mensurada utilizando um estadiômetro acoplado à parede, com altura máxima de 2,20 m e precisão de 0,1 cm. O avaliado deveria permanecer em posição ortostática, sendo sua cabeça guiada pelo plano de Frankfurt, e a medida foi realizada em apneia respiratória (LOHMAN; ROCHE, MARTORELL, 1988).

### 3.4 COMPOSIÇÃO CORPORAL

Para avaliação da massa corporal, foi utilizada uma balança Filizola (São Paulo, Brasil) calibrada, com precisão de 0,001 g, estando o avaliado apenas com calção em posição ortostática de costas para a escala de medida. O percentual de gordura foi avaliado com a utilização de equipamento de bioimpedância elétrica (BIA 450 V.5.1. Biodynamics Corp. Shoreline, EUA), que é capaz de determinar a condutividade elétrica entre dois pares de eletrodos que são colocados no punho e tornozelo, ambos do lado direito, estando o sujeito deitado em decúbito dorsal, após repouso de 10 minutos (EARTHMAN, 2015). Os avaliados foram orientados a comparecer em jejum de quatro horas no dia da avaliação, incluindo água, a fim de evitar interferência nas análises, para estimar o percentual de gordura.

### 3.5 YOYO INTERMITTENT RECOVERY TEST 1 (YOYO IR1)

O Yoyo IR1 (BANGSBO; IAIA, KRUSTRUP, 2008b) foi utilizado para estimativa do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) dos atletas. De acordo com o protocolo um sinal sonoro determina a mudança de velocidade, bem como os momentos em que o atleta deve iniciar o percurso e passar pelas linhas de 20 m e

inicial. Após cruzar a linha inicial, o atleta deverá percorrer um espaço de 10 m (5 m ida e volta) e posicionar-se para aguardar o momento em que o sinal sonoro indica uma nova saída. Caso o atleta não chegasse ao ponto final antes do *bip* duas vezes, era eliminado da prova, ou quando chegasse à exaustão. Para análise dos dados foi utilizado a distância total percorrida, em metros, por cada atleta. A estimativa do  $VO_{2\text{máx}}$  foi utilizada na seguinte equação:  $VO_{2\text{máx}} \text{ (mL/min/kg)} = IR1 \text{ distância (m)} \times 0.0084 + 36.4$  proposta pelos mesmos autores citados acima.

A utilização do teste Yoyo IR1 demonstrou confiabilidade e validade para discriminar o desempenho de atletas juvenis de futebol (DEPREZ *et al.*, 2014) e por este motivo o teste foi escolhido para distribuir os jogadores em quatro equipes de forma balanceada em relação ao desempenho do teste. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada durante o teste utilizando um cardiofrequencímetro portátil Polar V800 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia).

### 3.6 JOGOS DE CAMPO REDUZIDO (JCR)

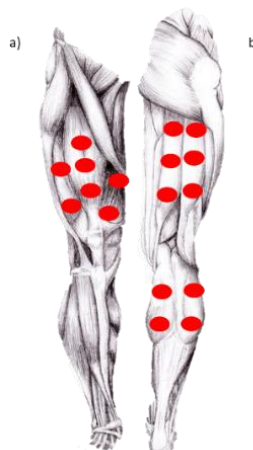
Foi utilizado o modelo 4 vs. 4 jogadores, *stop ball*, que não possui gols ou goleiro, de modo que o jogador deveria pisar sobre a bola dentro do espaço de um m antes da linha final de campo. Os JCR tiveram duração de quatro minutos, com três minutos de intervalo passivo (DELLAL *et al.*, 2012). Os atletas realizaram duas séries com quatro repetições, e um tempo de cinco minutos entre elas, em um campo de 30 x 20 m (DELLAL *et al.*, 2012; HILL-HAAS *et al.*, 2011a; RAMPININI *et al.*, 2007). As dimensões do campo e número de jogadores foram escolhidos de modo a atingir intensidades de 85 a 90 % da Frequência cardíaca máxima (FC<sub>máx</sub>), e com uma densidade jogador/área que induzisse grande quantidade de acelerações e desacelerações, e maiores tempos de corridas em alta intensidade (ASCI, 2016; DARBELLAY; MEYLAN, MALATESTA, 2020; KÖKLÜ, ALEMDAROĞLU, 2016; SANGNIER *et al.*, 2018). A estratégia teve como objetivo promover o aumento da carga mecânica devido à maiores distâncias percorridas em aceleração, desaceleração e mudança de direção (HULKA; WEISSER; BELKA, 2016; LACOME *et al.*, 2018). Uma grande quantidade de bolas foi disposta para que não houvesse interrupções das séries de JCR.

### 3.7 FOTOBIMODULAÇÃO

Os atletas foram balanceados por posição e  $VO_{2m\acute{a}x}$ , para serem sorteados e distribuídos nas equipes de JCR. Em seguida, foram aleatoriamente sorteados para receber FBM ou placebo na primeira sessão de JCR. O sorteio ocorreu por meio de seleção de envelopes lacrados com o número do time a ser alocado, e com envelopes lacrados contendo a intervenção de tratamento a ser recebida na primeira sessão de JCR.

A FBM foi aplicada imediatamente antes do aquecimento inicial, com os diodos emissores de luz (LED) posicionados perpendicularmente à musculatura selecionada, com os participantes deitados sobre uma maca. O tempo de aplicação foi de aproximadamente cinco minutos e 40 segundos por atleta. De acordo com a literatura, os efeitos da FBM iniciam-se após cinco minutos da aplicação podendo durar até 24 horas após (ALBUQUERQUE-PONTES *et al.*, 2015). Os pontos de irradiação estão demonstrados na figura 2.

**Figura 2** - Pontos de aplicação da fotobiomodulação nos membros inferiores. a) vista anterior; b) vista posterior



Foram utilizados dois equipamentos de FBM (Bios Therapy II, Bios Equipamentos Médicos, São José dos Campos, São Paulo, Brasil). As especificações do aparelho e da aplicação estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Dosimetria da fotobiomodulação

<b>Parâmetro</b>	<b>Especificação</b>
Comprimento de onda	630 nm
Frequência de saída	Contínua
Potência de saída	300 mW
Tamanho do feixe	1,32 cm <sup>2</sup>
Densidade de potência	230 mW/cm <sup>2</sup>
Total de energia por ponto	6 J
Densidade de energia por ponto	~4,5 J/cm <sup>2</sup>
Tempo	20 segundos
Total de pontos de aplicação por membro	17 pontos separados 7 cm
Área total de irradiação da sonda	24,4 cm <sup>2</sup>
Estimativa de área irradiada*	334 cm <sup>2</sup>
Total de energia por membro	102 J
Modo de aplicação	Estacionário, 0,5 cm acima da pele

**Fonte:** conforme descrição do fabricante.

A intervenção placebo (PLA) foi realizada nas mesmas condições de tempo e posições da sessão de FBM. Para o cegamento dos voluntários, foram utilizados óculos opacos, além de fones de ouvido emitindo músicas em altura suficiente para que os sujeitos não percebessem os sons emitidos pelo aparelho ligado. O equipamento utilizado na aplicação placebo estava desligado, e foi mantido em posição estacionária, o mais próximo possível da superfície da pele, para o participante não perceber os pontos de irradiação ou qualquer vibração do aparelho em funcionamento. Os pesquisadores responsáveis pela randomização e aplicação da FBM e placebo não participaram de nenhuma etapa de aplicação e coleta de dados dos testes físicos e do treinamento com JCR. A alocação dos sujeitos nos grupos experimentais foi revelada apenas após a extração de dados de carga externa e interna para análise de desempenho.

### 3.8 CARGA INTERNA

Para a avaliação da carga interna durante as séries de JCR foram utilizados os sensores de monitoramento da frequência cardíaca H10 (*Polar Electro Oy*, Kempele, Finlândia), acoplados ao peito dos jogadores por meio de tiras

específicas. Para a definição das zonas de intensidade, foi utilizado o teste Yo-Yo IR1 (BANGSBO; IAIA, KRUSTRUP, 2008a) para a definição da  $FC_{máx}$ . A quantificação da carga interna de cada JCR, pelo método de impulso de treinamento de Edwards ( $TRIMP_{Edwards}$ ) (EDWARDS, 1993), ocorreu com bases em cinco zonas de FC: zona 1 (50 – 60%  $FC_{máx}$ ), zona 2 (60 – 70%  $FC_{máx}$ ), zona 3 (70 – 80%  $FC_{máx}$ ), zona 4 (80 – 90%  $FC_{máx}$ ) e zona 5 (90 – 100%  $FC_{máx}$ ). Para o cálculo da intensidade baseado na  $TRIMP_{Edwards}$ , houve a multiplicação do tempo (segundos) em cada zona multiplicado pelo valor da mesma, sendo somados os valores encontrados.

### 3.9 ANÁLISE DE MOVIMENTO

O desempenho em deslocamentos de corrida durante as séries de JCR foi monitorado com o equipamento *GPSports PRO X™* (GPSports SYSTEM PTY LTD, Camberra, Austrália), 5 Hz de frequência, utilizando um acelerômetro triaxial DE 100 Hz. As informações foram extraídas utilizando o *software Team AMS*, fornecido pelo fabricante. A medida apresenta confiabilidade para todas as variáveis de distância e velocidade (CV = 1,62 % até 2,3 %), e apenas para acelerações em distâncias acima de 30 m são descritos maiores valores de variação (95 % dos limites de concordância [LOA] =  $0,00 \pm 0,8$  km/h; CV = 14,12 %), em comparação com fotocélulas (WALDRON *et al.*, 2011). Em outro estudo foi observado um coeficiente de variação de 2,2 - 4,5 % na distância percorrida em percursos multidirecionais simulados de futebol (PORTAS *et al.*, 2010), houve também uma análise da variação na aplicação de um teste de *sprint* repetido em pico de velocidade (CV = 1,2 %) e somatório dos picos de velocidade (CV = 1,7 %) utilizando fotocélulas (BARBERO-ALVAREZ *et al.*, 2010). Para a realização do estudo 1, foram determinadas a distância total (m) em cada JCR e distância percorrida em cada zona de velocidade. Para a análise da velocidade foram estabelecidas 4 zonas (HILL-HAAS *et al.*, 2009): zona 1 (0 – 6,9 km/h), zona 2 (7 – 13,9 km/h), zona 3 (14 – 17,9 km/h) e zona 4 (>18 km/h). O estudo 2 apresentou como variáveis, a quantidade, tempo (s) e distância percorrida (m) em acelerações de alta (>2 m/s<sup>2</sup>) e muito alta intensidade (>3 m/s<sup>2</sup>) e a quantidade de desacelerações de alta e muito alta intensidade (DE HOYO *et al.*, 2016)

### 3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizado o teste ANOVA *two-way*, para medidas repetidas e verificado as variâncias das medidas através da esfericidade de Mauchly. Em caso de violação da esfericidade, foi realizada a correção de Greenhouse-Geiser. Quando encontradas diferenças significativas, o *post hoc* de Bonferroni foi utilizado para determinar os efeitos das séries sucessivas de JCR, do tratamento e da interação entre séries e tratamento. Diferenças entre os grupos foram consideradas significantes se  $p < 0,05$ .

## 4 RESULTADOS

### 4.1 A FOTBIOMODULAÇÃO NÃO APRESENTA EFEITO ERGOGÊNICO EM CARGA INTERNA E EXTERNA EM SÉRIES DE JOGO DE CAMPO REDUZIDO.

#### 4.1.1 Resumo

A fotobiomodulação (FMB) apresenta efeitos ergogênicos em atividades de resistência e exercícios anaeróbios, além de diminuir a fadiga muscular. O estudo teve como objetivo investigar os efeitos promovidos pela FBM em atletas de futebol, sub-17, em séries consecutivas de jogos de campo reduzido (JCR). Foram avaliados 16 jogadores de uma equipe de futebol, submetidos à FBM (630 nm; 300 mW; 4,5 J/cm<sup>2</sup>) ou placebo (CON), e oito séries de JCR (4 x 4; 4 min; 20 x 30 m; Stop Ball). Foi determinada a carga interna por impulso de treinamento baseado em frequência cardíaca (TRIMP<sub>Edwards</sub>) e distâncias percorridas em diferentes zonas de velocidade. Não foram encontrados efeitos da FBM no TRIMP ( $F(1,30) = 0,01532$ ;  $p = 0,90$ ;  $\eta^2 = 0,03$ ), distância total por JCR ( $F(1,15) = 0,3522$ ;  $p = 0,56$ ;  $\eta^2 = 0,24$ ) e distância por zonas de velocidade: zona 1 ( $F(1,30) = 0,01853$ ;  $p = 0,89$ ;  $\eta^2 = 0,02$ ), zona 2 ( $F(1,30) = 0,3708$ ;  $p = 0,54$ ;  $\eta^2 = 0,47$ ), zona 3 ( $F(1,30) = 0,4537$ ;  $p = 0,50$ ;  $\eta^2 = 0,51$ ) e zona 4 ( $F(1,29) = 3,874$ ;  $p = 0,99$ ;  $\eta^2 = 3,40$ ). Apenas houve efeito do tempo, em ambos os grupos, na distância por jogo ( $F(7,105) = 0,3522$ ;  $p = 0,56$ ;  $\eta^2 = 10,28$ ), na carga interna ( $F(3.861, 115.8) = 3,781$ ;  $p = 0,006$ ;  $\eta^2 = 3,54$ ), e na distância nas zonas 2 ( $F(4.681, 140.4) = 5,46$ ;  $p = 0,002$ ;  $\eta^2 = 9,32$ ) e zona 3 ( $F(4.368, 131,0) = 3,234$ ;  $p = 0,01$ ;  $\eta^2 = 6,23$ ). Desta forma concluímos que a aplicação da FBM na dosimetria utilizada, não foi capaz de promover efeito ergogênico em séries de JCR.

Palavras-chave: Terapia de luz de baixa intensidade; soccer; running; adolescente.

#### 4.1.2 Introdução

A fotobiomodulação (FMB) tem sido estudada como um método ergogênico em atividades de *endurance* (DELLAGRANA *et al.*, 2020; PESERICO; ZAGATTO, MACHADO, 2019; VANIN *et al.*, 2018), exercícios anaeróbios (DA CUNHA *et al.*, 2020; MOLINA CORREA *et al.*, 2020a; PINTO *et al.*, 2016a), além de protocolos de indução a fadiga muscular (DE OLIVEIRA *et al.*, 2017a; DORNELLES *et al.*, 2019b; LEAL-JUNIOR *et al.*, 2020). O mecanismo de ação da FBM tem relação com a absorção de fótons emitidos por fontes luminosas de baixa potência (TSAI, HAMBLIN, 2017), em comprimento de ondas que vão do vermelho ao infravermelho próximo (600-1070nm) (CHUNG *et al.*, 2012), que induzem alterações fisiológicas nas mitocôndrias (DELLAGRANA *et al.*, 2020; HAMBLIN, 2018b). A FBM promove o aumento da produção de adenosina trifosfato (ATP) e consumo de oxigênio (ZEIN; SELTING, HAMBLIN, 2018), através da absorção de energia e deslocamento do óxido nítrico (NO) da enzima citocromo-C oxidase (Cox) da cadeia respiratória mitocondrial (DE FREITAS, HAMBLIN, 2016). O deslocamento do NO permite o aumento do fluxo de prótons e elétrons dentro da cadeia respiratória, aumentando a produção de ATP (ALBUQUERQUE-PONTES *et al.*, 2015). Além disso, a liberação de NO também tem importância devido ao potencial ergogênico no exercício (JONES, 2014). Estes efeitos biológicos têm sido apontados como possíveis mecanismos de ação ergogênica da FBM.

Estudos anteriores observaram efeitos ergogênicos da FBM em protocolos de indução de fadiga muscular (ANTONIALLI *et al.*, 2014; AVER VANIN *et al.*, 2016; DE MARCHI *et al.*, 2017; ROSSATO *et al.*, 2020), testes motores (DOS SANTOS *et al.*, 2020; MEZZAROBA *et al.*, 2018; MOLINA CORREA *et al.*, 2020a; PINTO *et al.*, 2016a; TEIXEIRA; MEZZAROBA, MACHADO, 2021; TOMAZONI *et al.*, 2019b) e jogo de futsal (DE MARCHI *et al.*, 2019). Foram encontrados efeitos positivos relacionados aumento da resistência a fadiga (DORNELLES *et al.*, 2019b; FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2018; ROSSATO *et al.*, 2020; VASSÃO *et al.*, 2020) e aumento do desempenho em testes motores (AVER VANIN *et al.*, 2016; DA CUNHA *et al.*, 2020; MIRANDA *et al.*, 2016a; MOLINA CORREA *et al.*, 2020a; PINTO *et al.*, 2016a; TOMA *et al.*, 2018a). Outros, no entanto, não foram capazes de encontrar diferenças significativas em favor da FBM (ABREU *et al.*, 2020a; DE CARVALHO *et al.*, 2020;

TEIXEIRA; MEZZARROBA, MACHADO, 2021; ZAGATTO *et al.*, 2016). Existem alguns fatores que podem contribuir para a diversidade de resultados encontrados nos estudos de FBM, incluindo o comprimento de onda, densidade da energia, densidade de potência, energia total, potência total, tamanho do ponto de emissão da luz e área de irradiação (ZEIN; SELTING, HAMBLIN, 2018), nível de condicionamento dos sujeitos (DELLAGRANA *et al.*, 2020) e tipo de exercício físico e testes motores (LEAL-JUNIOR; LOPES-MARTINS RÁ, BJORDAL, 2019).

Os protocolos de exercício adotados para a avaliação de efeitos ergogênicos e de recuperação da FBM em atletas de futebol mostram resultados controversos. Foram utilizados testes de esteira (TOMAZONI *et al.*, 2019b), testes que simulam demandas de jogo (DORNELLES *et al.*, 2019b) e testes isométricos (DORNELLES *et al.*, 2019b; DOS REIS *et al.*, 2014). Destes estudos, dois (DOS REIS *et al.*, 2014; TOMAZONI *et al.*, 2019b) utilizaram os mesmos parâmetros de energia (810 nm, 50 J,  $\sim 1,6 \text{ J/cm}^2$ ), sendo que um não encontrou efeito da FBM na fadiga de flexores do joelho (DOS REIS *et al.*, 2014), enquanto no segundo não foi observado efeito em relação ao tempo até a exaustão (TOMAZONI *et al.*, 2019b). O trabalho de Dornelles *et al.* (2019) utilizou um protocolo que simulou as demandas fisiológicas de uma partida (SAFAT<sup>90</sup>), com sujeitos não atletas, não obtendo diferenças significativas da FBM (880 nm, 300 J,  $\sim 1 \text{ J/cm}^2$ ) na distância total. Não foram encontrados na literatura, protocolos relativos a métodos de treinamentos, como por exemplo, os jogos de campo reduzido (JCR).

O JCR constitui-se em métodos de treinamento que possibilitam uma relação muito próxima com indicadores de desempenho em partidas de futebol (BERGKAMP *et al.*, 2020). Em função disso, possuem características como aceleração, desaceleração, mudança de direção, tomada de decisão e são mais agradáveis do que treinos específicos, voltados para o desenvolvimento das capacidades físicas (KÖKLÜ *et al.*, 2020). Além disso, o treinamento com JCR permite o desenvolvimento técnico e tático (LOZANO *et al.*, 2020), concomitantemente a melhoria da capacidade aeróbia (DELLO IACONO; BEATO, UNNITHAN, 2021), na habilidade de *sprint* repetido e economia de energia em jogadores de futebol (PAUL; MARQUES, NASSIS, 2019). Para que adaptações fisiológicas crônicas ocorram é importante a manutenção da intensidade alta, acima de 90% da  $FC_{\text{máx}}$ , pela maior parte do tempo de treino (CASTAGNA *et al.*, 2011). Desta forma, treinos de JCR são

intensos, e métodos ergogênicos ou que promovam aumento da resistência à fadiga, podem contribuir para um aumento do desempenho nas sessões de treino. Tendo em vista as características do JCR, a utilização de meios ergogênicos pode melhorar a qualidade do processo de treinamento e, como consequência, promover maiores níveis de adaptação às demandas físicas impostas pelo futebol. A utilização de métodos de recuperação de fácil aplicação, como a FBM, pode promover o aumento da produção de ATP, reduzindo a fadiga ou aumentando o desempenho em treinos de alta intensidade que utilizam o JCR como estratégia de impor altas cargas interna e externas, ao mesmo tempo em que são aprimorados aspectos técnico-táticos.

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar os possíveis efeitos ergogênicos da FBM em treinamentos baseados no modelo de JCR, sobre parâmetros de carga externa baseados em deslocamento e velocidade, e a carga interna baseada na frequência cardíaca. A hipótese é de que a FBM possa promover um melhor desempenho físico sem um aumento significativo da carga interna.

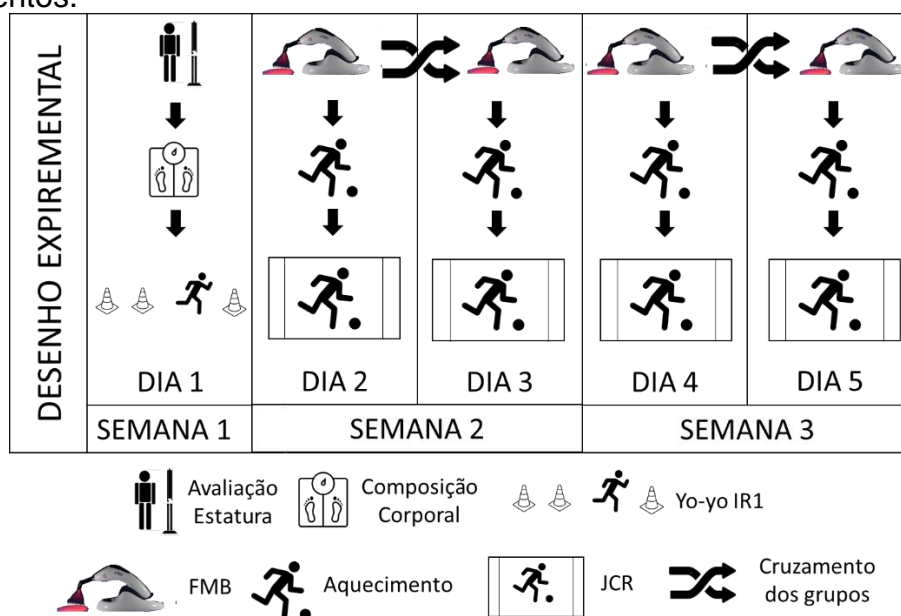
#### 4.1.3 Materiais e métodos

##### 4.1.3.1 Desenho do estudo

Este estudo é um ensaio clínico duplo-cego, controlado por placebo, randomizado e cruzado, para avaliação do efeito ergogênico da FBM sobre a carga interna ( $TRIMP_{Edwards}$ ), distância total e distância em diferentes zonas de velocidade, em treinos de JCR. Os atletas foram distribuídos em quatro equipes de JCR que disputaram duas sessões, de duas séries, de quatro JCR, com dois dias de intervalo, submetidos a FBM e placebo (Controle). O horário de início dos trabalhos foi 14:30 h, de forma a manter a rotina que os atletas estavam habituados a se apresentar para os treinos. O experimento teve duração de três semanas, com a primeira semana sendo utilizada para a realização do teste de Yoyo IR1 e avaliações antropométricas e de composição corporal, e as semanas seguintes foram utilizadas para os JCR. As semanas tiveram dois dias de realização de treinos com JCR com intervalo de 48 horas, sendo investigados oito atletas por semana, com cruzamento da intervenção (fig.1). O desempenho físico em distância total percorrida e distância percorrida em diferentes zonas de velocidade foi determinado por meio de GPS. A frequência

cardíaca para determinação da carga interna foi registrada por meio de cardiofrequencímetros. Os procedimentos de estudo foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa com seres humanos da Universidade Estadual de Londrina (n. 3.752.243).

**Figura 3** - Desenho experimental do estudo. Semana 1: teste de Yo-yoIR1, análise antropométrica e de composição corporal (dia 1). Semana 2: times 1 e 2 foram submetidos a duas sessões (dias 2 e 3) de treino com JCR com 48 horas de intervalo, com e sem a FBM. Na semana 3, os times 3 e 4 foram submetidos aos mesmos procedimentos.



**Fonte:** o próprio autor

#### 4.1.3.2 Sujeitos

Dezesseis jogadores de futebol ( $15,5 \pm 0,2$  anos,  $173,3 \pm 4,7$  cm de estatura,  $61,4 \pm 9,2$  kg,  $12,5 \pm 5,2$  % gordura corporal e  $VO_{2máx}$  de  $42,5 \pm 2,0$  ml/min/kg) pertencentes a uma equipe de futebol da cidade de Londrina, que disputava o torneio da Liga de Futebol de Londrina, do qual participam as equipes sub17 da região, foram selecionados para o estudo de acordo com os seguintes critérios de inclusão: 1) integrar a equipe a pelo menos seis meses; 2) ser um jogador de linha; 3) não ter utilizado qualquer substância anti-inflamatória ou analgésica nos últimos sete dias. Para a exclusão do sujeito do estudo foram adotados os seguintes critérios: 1) apresentar sinais ou sintomas de lesões articulares; 2) existência de lesões musculares; 3) ser goleiro; 4) ausentar-se de qualquer uma das etapas do estudo. Os

sujeitos treinavam regularmente três vezes na semana (realizavam com frequência treinos em JCR em suas rotinas) e tinham mais um dia de jogo completando seu microciclo habitual.

O cálculo do tamanho da amostra para o JCR foi baseado na distância total percorrida em quatro séries de JCR, com 4 vs. 4 jogadores, em campo de 20 x 30 m, com um máximo de 8,7 % de ICC (LACOME *et al.*, 2018b). Um mínimo de dez jogadores foi necessário, utilizando um modelo de cruzamento para atingir 80% do poder estatístico com um máximo de 5% de erro tipo I. Para completar duas equipes (4 vs. 4), 16 jogadores foram incluídos.

#### 4.1.3.3 Antropometria

A estatura foi mensurada utilizando um estadiômetro acoplado a parede, com altura máxima de 2,20 m e precisão de 0,1 cm. O avaliado deveria permanecer em posição ortostática, sendo sua cabeça guiada pelo plano de Frankfurt, a medida foi realizada em apneia respiratória (LOHMAN; ROCHE, MARTORELL, 1988).

#### 4.1.3.4 Composição corporal

Para avaliação da massa corporal, foi utilizada uma balança devidamente calibrada, com precisão de 0,001 g (Filizola, São Paulo, Brasil), estando o avaliado apenas com calção em posição ortostática de costas para a escala de medida.

O percentual de gordura foi avaliado com a utilização de equipamento de bioimpedância elétrica (BIA) Biodynamics 450 V. 5.1 (Biodynamics Corporation, Shoreline Estados Unidos), que é capaz de determinar a condutividade elétrica entre dois pares de eletrodos que são colocados no punho e tornozelo, ambos do lado direito, estando o sujeito deitado em decúbito dorsal, após repouso de 10 min (EARTHMAN, 2015). Os avaliados foram orientados a comparecer no dia da avaliação em jejum de 4 horas, incluindo água, a fim de evitar interferência nas análises para estimar o percentual de gordura.

#### 4.1.3.5 Yoyo Intermittent Recovery Test 1 (Yoyo IR1)

O Yoyo IR1 (BANGSBO; IAIA, KRUSTRUP, 2008) foi utilizado para estimativa do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ) dos atletas. De acordo com o protocolo um sinal sonoro determina a mudança de velocidade, bem como os momentos em que o atleta deve iniciar o percurso e passar pelas linhas de 20 m e inicial. Após cruzar a linha inicial, o atleta deverá percorrer um espaço de 10 m (5 m ida e volta) e posicionar-se para aguardar o momento em que o sinal sonoro indica uma nova saída. Caso o atleta não chegasse ao ponto final antes do *bip* duas vezes, era eliminado da prova, ou quando chegasse à exaustão. Para análise dos dados foi utilizado a distância total percorrida, em metros, por cada atleta. A estimativa do  $VO_{2\text{máx}}$  foi utilizada a seguinte equação proposta pelos mesmos autores citados acima:

$$VO_{2\text{max}} \text{ (mL/min/kg)} = \text{IR1 distância (m)} \times 0.0084 + 36.4$$

O Yoyo IR1 demonstrou confiabilidade e validade para discriminar o desempenho de atletas juvenis de futebol (DEPREZ *et al.*, 2014) e por este motivo o teste foi escolhido para distribuir os jogadores em quatro equipes de forma balanceada em relação ao desempenho do teste. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada durante o teste utilizando um cardiófrequencímetro portátil Polar V800 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia).

#### 4.1.3.6 Jogos de campo reduzido

Foi utilizado o modelo 4 vs. 4 jogadores, *stop ball*, que não possui gols ou goleiro, de modo que o jogador deveria pisar sobre a bola dentro do espaço de um metro antes da linha final de campo. Os JCR tiveram duração de quatro minutos, com três min de intervalo passivo (DELLAL *et al.*, 2012). Os atletas realizaram duas séries com quatro repetições, e um tempo de cinco minutos entre elas, em um campo de 30 x 20 m (DELLAL *et al.*, 2012; HILL-HAAS *et al.*, 2011a; RAMPININI *et al.*, 2007). As dimensões do campo e número de jogadores permitem atingir intensidades de 85 a 90% da  $FC_{\text{máx}}$ , e a realização de grande quantidade de acelerações e desacelerações, e maiores tempos de corridas em alta intensidade (ASCI, 2016; DARBELLAY; MEYLAN, MALATESTA, 2020; KÖKLÜ, ALEMDAROĞLU, 2016; SANGNIER *et al.*, 2018).. Uma grande quantidade de bolas foi disposta para que não

houvesse interrupções das séries de JCR.

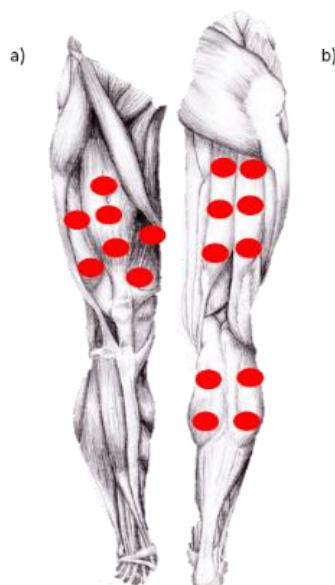
#### 4.1.3.7 Fotobiomodulação

Os atletas foram balanceados por posição e  $VO_{2máx}$ , para serem sorteados e distribuídos nas equipes de JCR. A seguir, foram aleatoriamente sorteados para receber FBM ou placebo na primeira sessão de JCR.

A FBM foi aplicada imediatamente antes do aquecimento inicial, com os diodos emissores de luz (LED) posicionados perpendicularmente à musculatura selecionada, com os participantes deitados sobre uma maca. O tempo de aplicação foi de aproximadamente cinco minutos e 40 segundos por atleta. De acordo com a literatura os efeitos da FBM iniciam-se após cinco minutos da aplicação podendo durar até 24 horas após (ALBUQUERQUE-PONTES *et al.*, 2015). Os pontos de irradiação estão demonstrados na figura 4.

Foram utilizados dois equipamentos de FBM (Bios Therapy II, Bios Equipamentos Médicos, São José dos Campos, São Paulo, Brasil). As especificações do aparelho e da aplicação estão apresentadas na tabela 2

**Figura 4** - Pontos de aplicação da fotobiomodulação nos membros inferiores. a) vista anterior; b) vista posterior.



<b>Tabela 2 - Dosimetria da fotobiomodulação</b>	
<b>Parâmetro</b>	<b>Especificação</b>
Comprimento de onda	630 nm
Frequência de saída	Contínua
Potência de saída	300 mW
Tamanho do feixe	1,32 cm <sup>2</sup>
Densidade de potência	230 mW/cm <sup>2</sup>
Total de energia por ponto	6 J
Densidade de energia por ponto	~4,5 J/cm <sup>2</sup>
Tempo	20 segundos
Total de pontos de aplicação por membro	17 pontos separados 7 cm
Área total de irradiação da sonda	24,4 cm <sup>2</sup>
Estimativa de área irradiada*	334 cm <sup>2</sup>
Total de energia por membro	102 J
Modo de aplicação	Estacionário, 0,5 cm acima da pele

**Fonte:** conforme descrição do fabricante.

A intervenção placebo (CON) foi realizada nas mesmas condições de tempo e posições da sessão de FBM. Para o cegamento dos voluntários, foram utilizados óculos opacos, além de fones de ouvido emitindo músicas em altura suficiente para que os sujeitos não percebessem os sons emitidos pelo aparelho

ligado. O equipamento utilizado na aplicação placebo estava desligado, e foi mantido em posição estacionária, o mais próximo possível da superfície da pele, para o participante não perceber os pontos de irradiação ou qualquer vibração do aparelho em funcionamento. Os pesquisadores responsáveis pela randomização e aplicação da FBM e placebo não participaram de nenhuma etapa de aplicação e coleta de dados dos testes físicos e do treinamento com JCR. A alocação dos sujeitos nos grupos experimentais foi revelada apenas após a extração de dados de carga externa e interna para análise de desempenho.

#### 4.1.3.8 Análise de movimento

O desempenho em deslocamentos de corrida durante as séries de JCR foi monitoramento com o equipamento GPSports PRO X™ (GPSPORTS SYSTEM PTY LTD, Camberra Austrália), 5 Hz de frequência, e utilizando um acelerômetro triaxial de 100 Hz. As informações foram extraídas utilizando o *software* Team AMS, fornecido pelo fabricante. A medida apresenta confiabilidade para todas as variáveis de distância e velocidade (CV = 1,62 % até 2,3 %), e apenas para acelerações em distâncias acima de 30 m são descritos maiores valores de variação (95 % dos limites de concordância [LOA] =  $0,00 \pm 0,8$  km/h; CV = 14,12 %), em comparação com fotocélulas (WALDRON *et al.*, 2011). Em um outro estudo foi observado um coeficiente de variação de 2,2 - 4,5 % na distância percorrida em percursos multidirecionais simulados de futebol (PORTAS *et al.*, 2010), houve também uma análise da variação na aplicação de um teste de *sprint* repetido em pico de velocidade (CV = 1,2 %) e somatório dos picos de velocidade (CV = 1,7 %) utilizando fotocélulas (BARBERO-ALVAREZ *et al.*, 2010). Foram determinados a distância total (m) em cada JCR, distância percorrida em cada zona de velocidade. Para a análise da velocidade foram estabelecidas quatro zonas (HILL-HAAS *et al.*, 2009): zona 1 (0 – 6,9 km/h), zona 2 (7 – 13,9 km/h), zona 3 (14 – 17,9 km/h) e zona 4 (>18 km/h).

#### 4.1.3.9 Carga Interna

Para a avaliação da carga interna durante as séries de JCR foram utilizados os sensores de monitoramento da frequência cardíaca H10 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia), acoplados ao peito dos jogos por meio de tiras específicas.

Para a definição das zonas de intensidade, foi utilizado o teste Yo-Yo IR1 (BANGSBO; IAIA, KRUSTRUP, 2008a) para a definição da  $FC_{máx}$ . A quantificação da carga interna de cada JCR, pelo método TRIMP (EDWARDS, 1993), ocorreu com bases em cinco zonas de FC: zona 1 (50 – 60%  $FC_{máx}$ ), zona 2 (60 – 70%  $FC_{máx}$ ), zona 3 (70 – 80%  $FC_{máx}$ ), zona 4 (80 – 90%  $FC_{máx}$ ) e zona 5 (90 – 100%  $FC_{máx}$ ). Para o cálculo da intensidade baseado na TRIMP, houve a multiplicação do tempo (seg.) em cada zona multiplicado pelo valor da mesma zona, sendo somados os valores encontrados.

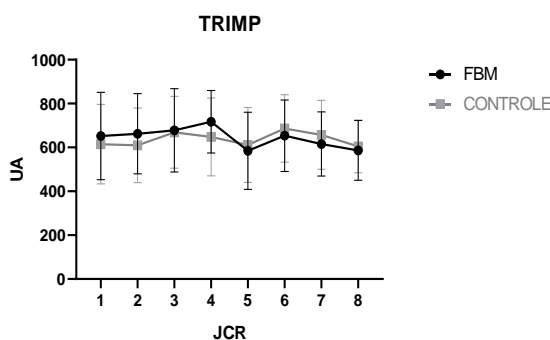
#### 4.1.3.10 Análise Estatística

Foi realizado o teste ANOVA *two-way*, para medidas repetidas, e verificado as variâncias das medidas através do teste de esfericidade de Mauchly. Em caso de violação da esfericidade, foi realizada a correção de Greenhouse-Geiser. Quando encontradas diferenças significativas, o post hoc de Bonferroni foi utilizado para determinar os efeitos das séries sucessivas de JCR, do tratamento e da interação entre séries e tratamento. Diferenças entre os grupos foram consideradas significantes se  $p < 0,05$ .

#### 4.1.4 Resultados

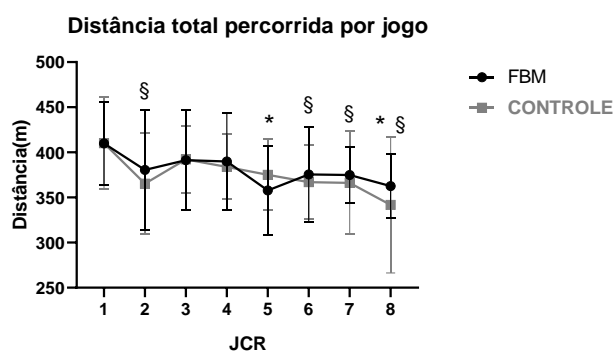
Os resultados obtidos com relação a carga interna mostraram que não houve efeito do tratamento ( $F(1,30) = 0,0153$ ;  $p = 0,90$ ;  $\eta^2 = 0,03$ ), sendo observado apenas o efeito do tempo nesta variável ( $F(3,861, 115,8) = 3,781$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2 = 0,24$ ) (fig. 5).

**Figura 5** – Média (SD) dos valores da intensidade da carga interna baseada no método da TRIMP de Edwards para cada jogo de campo reduzido (JCR). Valores em unidades arbitrárias (UA).



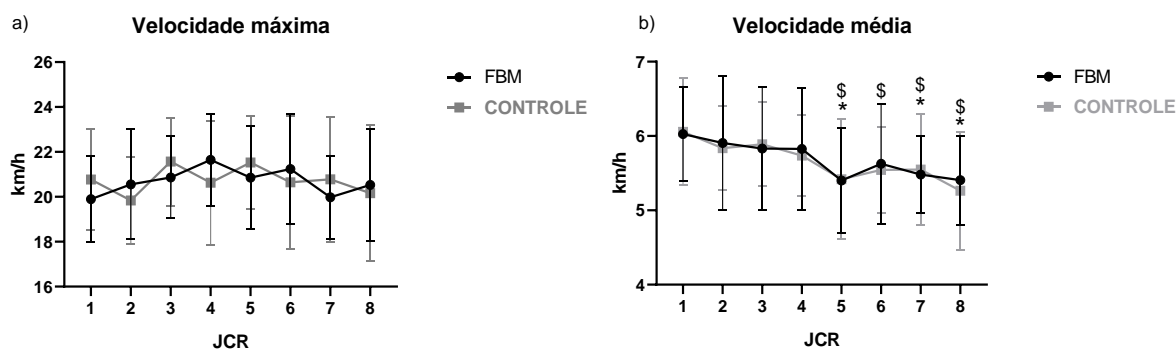
A distância total percorrida em cada jogo (fig. 6), também não apresentou efeito do tratamento ( $F(1, 15) = 0,3522$ ;  $p = 0,56$ ;  $\eta^2 = 0,24$ ), mas de forma semelhante a carga interna, houve efeito do tempo ( $F(7, 105) = 5,617$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2 = 3,54$ ). Na sessão FBM, a distância total percorrida no JCR 5 ( $p = 0,002$ ) e 8 ( $p = 0,007$ ) foi menor que na primeira série. Na sessão CON, ocorreu redução da distância total percorrida nas séries 2 ( $p = 0,01$ ), 6 ( $p = 0,01$ ), 7 ( $p = 0,01$ ) e 8 ( $p < 0,0001$ ).

**Figura 6** – Média e desvio padrão da distância total percorrida em cada JCR. \*  $p < 0,05$  em relação a JCR 1 no grupo FBM; §  $p < 0,005$  em relação a JCR 1 no grupo CON.



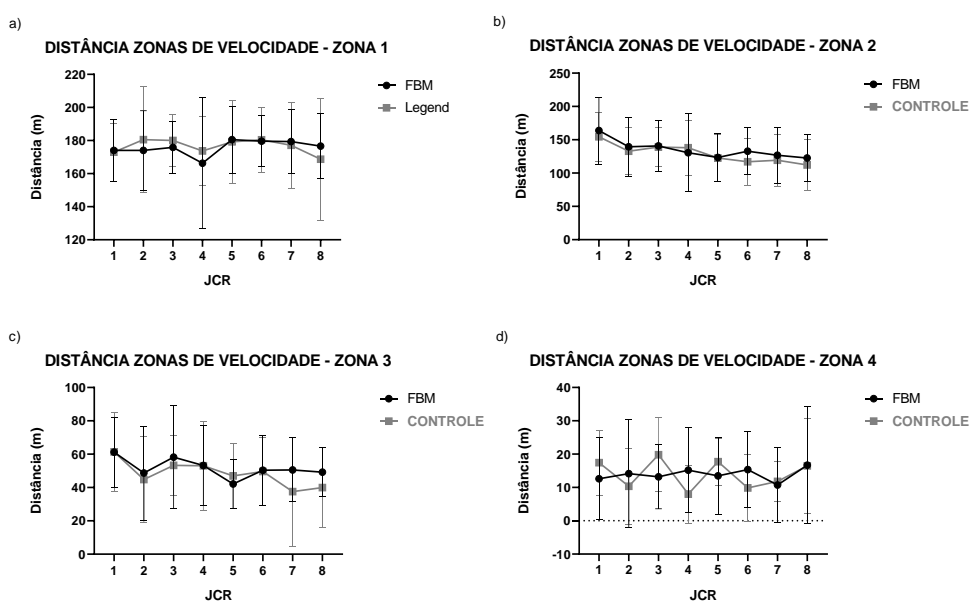
Quando analisado a velocidade máxima alcançada (fig. 7a) em cada série de JCR, não houve efeito do tratamento ( $F(1, 15) = 0,0314$ ;  $p = 0,86$ ;  $\eta^2 = 0,008$ ), da mesma forma não foi encontrado efeito do tempo ( $F(7, 105) = 1,386$ ;  $p = 0,21$ ;  $\eta^2 = 3,11$ ) durante a realização dos JCR. A análise da velocidade média (fig. 7b) não encontrou efeito do tratamento ( $F(1, 15) = 0,0459$ ;  $p = 0,83$ ;  $\eta^2 = 0,03$ ), porém houve efeito do tempo ( $F(7, 105) = 6,356$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2 = 10,45$ ). A análise post hoc detectou diferença dentro do grupo FBM entre os jogos 1 e 5 ( $p = 0,004$ ), 1 e 7 ( $p = 0,02$ ) e 1 e 8 ( $p = 0,005$ ). No grupo CON foi observado diferenças entre os jogos 1 e 5 ( $p = 0,003$ ), 1 e 6 ( $p = 0,035$ ), 1 e 7 ( $p = 0,038$ ) e 1 e 9 ( $p = 0,0002$ ).

**Figura 7** – Média e desvio padrão da velocidade máxima (a) e média (b) alcançada em cada JCR em km/h.\*  $p < 0,05$  em relação a JCR 1 no grupo FBM; §  $p < 0,005$  em relação a JCR 1 no grupo CON.



As distâncias percorridas em cada zona de velocidade (fig. 8), não apresentaram efeito do tratamento em zona 1 ( $F(1, 30) = 0,0185$ ;  $p = 0,89$ ;  $\eta^2 = 0,02$ ), zona 2 ( $F(1, 30) = 0,3708$ ;  $p = 0,54$ ;  $\eta^2 = 0,47$ ), zona 3 ( $F(1, 30) = 0,4537$ ;  $p = 0,50$ ;  $\eta^2 = 0,51$ ) e zona 4 ( $F(1, 29) = 3,874$ ;  $p = 0,99$ ;  $\eta^2 = 3,40$ ). Na zona 2, apenas a sessão CON apresentou redução no JCR 6 ( $p = 0,01$ ), 7 ( $p = 0,04$ ) e 8 ( $p = 0,022$ ) em relação ao JCR 1 (Fig.8b). Quando analisada a zona 3, apenas o grupo FBM apresentou redução no JCR 5 ( $p = 0,04$ ) em comparação ao primeiro (Fig.8c).

**Figura 8** – Média (DP) das distâncias percorridas em diferentes zonas de velocidade. a) Zona 1 (0 - 6,9 km/h); b) Zona 2 (7 - 12,9 km/h); c) Zona 3 (13 - 17,9 km/h); d) Zona 4 (>18 km/h). \*  $p < 0,05$  em relação a JCR1 no grupo FBM; §  $p < 0,05$  em relação a JCR1 em grupo CON.



#### 4.1.5 Discussão

Contrária a hipótese de estudo, não foi observado efeito da FBM em nenhuma das variáveis analisadas, apenas o efeito do tempo na carga interna ( $TRIMP_{Edwards}$ ), distância total em cada JCR, e distância nas zonas de velocidade (2 e 4) em séries de JCR. Estes resultados sugerem que houve fadiga ao longo tempo durante as séries de JCR, porém sem efeito da FBM em desempenho físico e mitigação da fadiga.

Os treinamentos baseados em JCR com alta intensidade podem ser importantes no desenvolvimento de capacidades aeróbias e anaeróbias no futebol (HAMMAMI *et al.*, 2018). Para que as adaptações crônicas decorrentes dos JCR sejam estimuladas, é necessário alta intensidade durante a maior parte da sessão de treinamento (BUCHHEIT, LAURSEN, 2013). No presente estudo, foram atingidas cargas internas altas, mas não foi possível observar um efeito da FBM sobre a carga interna ( $TRIMP_{Edwards}$ ) durante as séries de JCR. Em estudo realizado com jogadores de futebol amadores, não foi encontrado diferença na carga interna após a realização de um teste que simula as demandas fisiológicas do futebol (SAFAT<sup>90</sup>), indicando não haver benefício no tratamento com FBM sobre carga interna (DORNELLES *et al.*, 2019b). Resultado semelhante foi observado com atletas recreacionais femininas de futsal sobre a FC durante a realização de um teste de YoYo IR1 (DOS SANTOS *et al.*, 2020). De acordo com os autores, a dose aplicada, semelhante ao presente estudo, não foi suficiente para melhorar a extração do oxigênio pelo músculo. Nenhum efeito foi encontrado em homens fisicamente ativos, submetidos a três diferentes doses de energia (30 J, 120 J e 180 J) em um teste incremental em esteira (SEGABINAZI PESERICO *et al.*, 2020). No estudo acima citado, não foi observado diferença na  $FC_{máx}$  entre os grupos placebo e FBM com diferentes doses. Segundo os autores, este fato pode ter ocorrido em função de uma pequena área irradiada (10 pontos: 2 na região do quadríceps femoral; 2 nos ísquios tibiais; 2 gastrocnêmicos [em cada perna]). Outros estudos realizados com modalidades contínuas como o ciclismo (DUTRA *et al.*, 2020a), e corrida de 1500 m (DELLAGRANA *et al.*, 2020) também não encontraram efeitos da FBM em parâmetros cardiorrespiratórios. Em oposição aos achados deste presente estudo e os citados acima, alguns autores encontraram resultados positivos proporcionados pela FBM (DA SILVA ALVES *et al.*, 2014; DE

CARVALHO *et al.*, 2020; DE MARCHI *et al.*, 2019; MEZZARROBA *et al.*, 2018; TOMAZONI *et al.*, 2019b). Dos cinco estudos referidos, apenas um analisou a  $FC_{m\acute{a}x}$  (MEZZARROBA *et al.*, 2018), em um grupo de homens fisicamente ativos, encontrando diferenas significativas entre os grupos placebo e FBM, com uma reduo média de dois batimentos por minuto na  $V_{pico}$  e no  $VO_{2m\acute{a}x}$ . Em outros dois estudos houve aumento no tempo até a exaustão e no  $VO_{2m\acute{a}x}$ , em um teste de esteira com jogadores de futebol (TOMAZONI *et al.*, 2019b) e com ciclistas (DE CARVALHO *et al.*, 2020). Esse resultado foi atribuído ao aumento da ativao da enzima Cox e consequente aumento da disponibilidade de ATP (DE CARVALHO *et al.*, 2020; TOMAZONI *et al.*, 2019b). É importante considerar que houve uma maior dose (850 J por membro inferior) de FBM do que aquela que foi aplicada neste presente estudo (102 J). De Marchi *et al.* (2019), utilizando jogadores de futsal em uma partida oficial, relatou maior tempo de permanência em quadra, sem aumento na distância percorrida do grupo submetido à FBM. Este estudo também utilizou maiores doses de energia total (360 J) em comparao ao presente trabalho. O estudo conduzido por Da Silva Alves *et al.* (2014), encontrou, em um grupo de homens e mulheres não treinados, melhoras na eficiência cardiovascular em um teste cardiopulmonar após aplicao da FBM (660 nm + 850 nm; 700 mW). Para os autores a FBM promoveu um aumento no volume sistólico e na extrao de  $O_2$  pelos músculos periféricos, proporcionando a manuteno da intensidade. Embora os estudos demonstrem efeitos controversos e com diferentes doses de energia, a dosimetria aplicada no presente estudo demonstrou, em resultados de estudo prévio de nosso laboratório, efeitos ergogênicos sobre a mitigao da fadiga no desempenho anaeróbia de indivíduos fisicamente ativos (MOLINA CORREA *et al.*, 2020a).

Na realizao deste estudo constatou-se que a distância total não foi afetada pela FBM, apenas houve efeito do tempo. O mesmo comportamento pode ser observado em outros estudos, com atletas de futsal (DE MARCHI *et al.*, 2019; DOS SANTOS *et al.*, 2020) e homens não treinados (DUTRA *et al.*, 2020b). Estudando atletas de futsal, De Marchi *et al.* (2019) não verificou aumento na distância total em uma partida de futsal. Em atletas de futsal, não foi encontrado diferenas na distância total em um teste de Yo-Yo IR1, bem como na saturao de oxigênio (DOS SANTOS *et al.*, 2020). Avaliando ciclistas (DUTRA *et al.*, 2020b), não se detectou diferenas na produo de fora por estímulos de alta frequência, durante pedalada constante

durante 11 min, após a aplicação de doses diferentes de FBM (130 J e 260 J). Em oposição aos resultados obtidos acima, outros estudos que verificaram eficácia da FBM na distância total em testes de esteira (DE MARCHI *et al.*, 2012; MIRANDA *et al.*, 2016a; TOMAZONI *et al.*, 2019b) detectaram melhora na captação de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) e o aumento dos limiares aeróbio e anaeróbio (TOMAZONI *et al.*, 2019b) e a redução dos danos causados pela atividade das espécies reativas de oxigênio (DE MARCHI *et al.*, 2012). A utilização de diferentes fontes de luzes (laser e LED) e diferentes comprimentos de onda (640 nm; 875 nm [LED] – 905 nm [laser]) podem estar relacionados aos diferentes efeitos da FBM (MIRANDA *et al.*, 2016a).

O mesmo comportamento encontrado na distância total, foi observado na distância baseada nas zonas de velocidade. Não houve efeito da FBM na distância percorrida em diferentes zonas de velocidade, sendo que houve redução da distância percorrida nas zonas 2 e 3 ao longo das séries de JCR, sugerindo o acúmulo de fadiga. Até o momento nenhum estudo avaliou o efeito da FBM na distância percorrida em zonas de velocidade, em séries de JCR. Alguns estudos relataram efeitos positivos da FBM em testes de contração excêntrica e concêntrica (AVER VANIN *et al.*, 2016; DE OLIVEIRA *et al.*, 2017a; DORNELLES *et al.*, 2019b; ROSSATO *et al.*, 2020; ROSSATO *et al.*, 2018) verificando maior capacidade de contração voluntária máxima em um teste isocinético. Três estudos obtiveram resultados positivos da aplicação da FBM em atletas de futebol (AVER VANIN *et al.*, 2016; DE OLIVEIRA *et al.*, 2017a; DORNELLES *et al.*, 2019b), reportando aumento da contração voluntária máxima (MVC), sendo que dois aplicaram nos músculos extensores do joelho (AVER VANIN *et al.*, 2016; DE OLIVEIRA *et al.*, 2017a), e um nos ísquios tibiais (DORNELLES *et al.*, 2019b). Com relação à dosimetria todos utilizam maiores doses e diferentes comprimentos de onda do que a aplicada neste estudo, 180 J e 810 nm (AVER VANIN *et al.*, 2016), 300 J e 810 nm (DE OLIVEIRA *et al.*, 2017a), 300 J e 880 nm (DORNELLES *et al.*, 2019b), e alegaram que os efeitos ergogênicos foram promovidos por redução na produção de metabólitos e aumento da disponibilidade de oxigênio reduzindo as consequências da fadiga.

Outros dois estudos avaliaram homens não atletas (ROSSATO *et al.*, 2020; ROSSATO *et al.*, 2018), realizando um protocolo de aplicação com seis horas de antecedência do teste isocinético, apresentando resultado positivo na MVC em favor do grupo FBM. Também houve a aplicação da FBM imediatamente antes do

teste isocinético, porém este protocolo não apresentou efeito positivo na força (ROSSATO *et al.*, 2018). Dessa forma, os autores alegam que a FBM tem maior possibilidade de alcançar seus efeitos quando realizado com esse período de intervalo de aplicação. É possível que a aplicação de FBM em período de tempo semelhante ao proposto por ROSSATO *et al.*, 2018 tenha efeitos ergogênicos também no tipo de avaliação realizada no presente estudo.

Outros estudos não observaram efeitos ergogênicos em testes realizados em jogadores de modalidades coletivas (FREITAS; GUARNIER, RAMOS, 2021; LEAL JUNIOR *et al.*, 2009a), um avaliou jogadores de futsal (FREITAS; GUARNIER, RAMOS, 2021) e o outro de futebol e voleibol (LEAL JUNIOR *et al.*, 2009a). Com relação às variáveis analisadas o estudo de Freitas, Guarnier e Ramos (2021) não encontraram efeito da FBM (com a mesma dosimetria utilizada neste presente estudo) em um teste salto vertical e após a realização do FISP (*Futsal-Specific Shuttle Protocol*) que simula as demandas de uma partida de futsal. No estudo de Leal Junior *et al.* (2009) não houve diferença entre os grupos FBM e placebo em um teste de *Wingate*, de acordo com os autores a FBM não foi efetiva para a aumentar a quantidade de trabalho muscular, apenas atuando na redução do dano muscular.

Como conclusão observamos que a FBM não promove melhora do desempenho em distância total e em diferentes zonas de velocidade durante séries de JCR. O efeito da FBM não permitiu o aumento de desempenho nas séries iniciais e nem a recuperação entre as séries foi afetada, uma vez que houve o efeito no tempo na queda de desempenho entre as séries. Desta forma, a dosimetria aplicada no presente estudo não está indicada para melhorar o desempenho em sessões de treino de JCR que promovam fadiga entre séries.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro ao programa de Pós-graduação em Educação Física UEL/UEM e a equipe de futebol Junior Team (Londrina-PR).

## 4.2 ACUTE PHOTOBIMODULATION DOES NOT HAVE ERGOGENIC EFFECTS ON ACCELERATION AND DECELERATION IN SOCCER TRAINING

### 4.2.1 Abstract

Previous studies demonstrated that photobiomodulation (PBM) may have ergogenic effects in soccer players, but it was not demonstrated its effects on physical performance in the high-intensity efforts evoked by soccer matches, such as accelerations and decelerations. The study aims to determine the ergogenic effects of PBM (630 nm, 4.6 J/cm<sup>2</sup>) in a training session using Small-Sided Games (SSG) protocol (4 x 4; 8 x 4 min; 20 x 30 m; Stop Ball). The accelerations and decelerations variables did not present any interaction between the SSG series and treatments. The SSG sessions presented a drop in the number of accelerations ( $F(7, 105) = 6.808$ ;  $p < 0.0001$ ;  $\eta^2 = 11.68$ ), high-intensity accelerations ( $F(7, 105) = 2.58$ ;  $p = 0.01$ ;  $\eta^2 = 5.03$ ) and number of decelerations ( $F(7, 105) = 0.97$ ;  $p = 0.006$ ;  $\eta^2 = 5.69$ ) and very high intensity decelerations ( $F(7, 105) = 2.14$ ;  $p = 0.04$ ;  $\eta^2 = 4.07$ ) throughout the series. The number of accelerations of PBM group decreased at SSG series 2 ( $p = 0.01$ ), 4 ( $p = 0.02$ ), 5 ( $p = 0.0003$ ), 6 ( $p = 0.002$ ), 7 ( $p = 0.01$ ) and 8 ( $p = 0.002$ ), compared to first SSG series. The decrements in the number of accelerations of CON group were detected at series 5 ( $p = 0.04$ ), 6 ( $p = 0.008$ ) and 8 ( $p = 0.003$ ) compared to series 1. The high-intensity accelerations presented differences only in CON group at series 6 ( $p = 0.01$ ) and 8 ( $p = 0.01$ ). The high-intensity deceleration decreased only in CON group at series 5 ( $p = 0.006$ ). We concluded that PBM with red light (630 nm) did not improve acceleration performance nor mitigated fatigue during successive series of SSG.

Key-words: accelerometry; team sports; low-level light therapy; adolescents

#### 4.2.2 Introduction

The photobiomodulation therapy (PBM) is the biological effects elicited on living tissues when irradiated with low-power light at red to near-infrared (600 to 1100nm) wavelengths (HAMBLIN, 2018a; TSAI,HAMBLIN, 2017). The main cellular photoreceptor is the mitochondrial enzyme cytochrome c oxidase (Cox) (HAMBLIN, 2018a; POYTON,BALL, 2011a; TSAI,HAMBLIN, 2017). PBM induces the shutdown of nitric oxide (NO) from Cox, increasing the production of adenosine triphosphate (ATP) and reactive oxygen species (ROS), and the release of nitric oxide (NO) (HAMBLIN, 2018a; POYTON,BALL, 2011a). In this way, the PBM upregulates cellular ATP-dependent signaling, alters intracellular redox state, and activates signaling pathways triggering anti-inflammatory, proliferative and anabolic effects (HAMBLIN, 2018a; POYTON,BALL, 2011a; TSAI,HAMBLIN, 2017). The biological effects of PBM may be of interest in sports performance, since increased ATP bioavailability and NO release may improve aerobic and anaerobic performance, or delay muscle fatigue.

Previous studies demonstrated that PBM increased physical performance in laboratory motor tests (AVER VANIN *et al.*, 2016; DELLAGRANA *et al.*, 2018; FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2018; GARCEZ *et al.*, 2021; LEAL JUNIOR *et al.*, 2010b; LEAL JUNIOR *et al.*, 2009c; MIRANDA *et al.*, 2016b; MOLINA CORREA *et al.*, 2020b; PINTO *et al.*, 2016b; TOMA *et al.*, 2018a; TOMAZONI *et al.*, 2019a). However, other authors found no ergogenic effects (ABREU *et al.*, 2020b; AZUMA *et al.*, 2021; BELTRAME *et al.*, 2018; DOS REIS *et al.*, 2014; DOS SANTOS *et al.*, 2020; DUTRA *et al.*, 2020b; DUTRA *et al.*, 2020c; TSUK *et al.*, 2020). Some studies have shown reduced exercise-induced fatigue in irradiated muscles during motor tests (BARONI *et al.*, 2010; DE OLIVEIRA *et al.*, 2017b; DORNELLES *et al.*, 2019a; FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2018; LEAL-JUNIOR *et al.*, 2020; LEAL JUNIOR *et al.*, 2009b; MIRANDA *et al.*, 2016b; ROSSATO *et al.*, 2018; TOMA *et al.*, 2018a; VASSAO *et al.*, 2020) and field tests (PINTO *et al.*, 2016b), while other authors did not find effects on fatigue and performance decrements during exercise (ABREU *et al.*, 2020b; AZUMA *et al.*, 2021; DOS REIS *et al.*, 2014; ORSSATTO *et al.*, 2019a; TEIXEIRA; MEZZARROBA,MACHADO, 2021; TSUK *et al.*, 2020). Differences in energy dosimetry, irradiation area, participants' fitness, and exercise protocols may account for different results observed in the literature.

Some studies were held in amateur and professional athletes, with different protocols of irradiation and motor tests (DE MARCHI *et al.*, 2019; DE OLIVEIRA *et al.*, 2017b; DORNELLES *et al.*, 2019a; DOS REIS *et al.*, 2014; DOS SANTOS *et al.*, 2020; DUTRA *et al.*, 2020b; GARCEZ *et al.*, 2021; LEAL JUNIOR *et al.*, 2010b; LEAL JUNIOR *et al.*, 2009b; LEAL JUNIOR *et al.*, 2009c; ORSSATTO *et al.*, 2019a; PINTO *et al.*, 2016b; TEIXEIRA; MEZZARROBA, MACHADO, 2021; TOMAZONI *et al.*, 2019a). However, few studies with athletes employed specific tests for the sport modality investigated (DOS SANTOS *et al.*, 2020; GARCEZ *et al.*, 2021; PINTO *et al.*, 2016b; TEIXEIRA; MEZZARROBA, MACHADO, 2021) or ecologic situations, such as simulated games (DE MARCHI *et al.*, 2019; DORNELLES *et al.*, 2019a) or competitions. Studies with PBM in soccer athletes presented contradictory results. One study evaluated fatigue in knee extension exercises (830 nm, 0.6 J, 214 J/cm<sup>2</sup> per point of irradiation) and found no ergogenic effect (DOS REIS *et al.*, 2014). However, other authors investigated knee eccentric contractions after PBM (810 nm, 50 J, ~1.6 J/cm<sup>2</sup> per point) and reported increased maximum isometric strength (DE OLIVEIRA *et al.*, 2017b). Another study demonstrated PBM (810 nm, 50 J, ~1.6 J/cm<sup>2</sup> per point) increased time to exhaustion in progressive treadmill tests (TOMAZONI *et al.*, 2019a). It was also demonstrated that PBM (880 nm, 300 J, ~ 1 J/cm<sup>2</sup>) reduced fatigue in the thigh muscles in simulated soccer games (DORNELLES *et al.*, 2019a). Although previous studies suggested that PBM may have ergogenic effects in soccer players, it is not demonstrated its effects on physical performance in the high-intensity efforts evoked by soccer matches, such as accelerations and decelerations. It was not also demonstrated the effects of PBM in delaying fatigue in neuromuscular demands of technical-tactical training or games.

High (2 m/s<sup>2</sup>) and very high-intensity (3 m/s<sup>2</sup>) accelerations and decelerations, total distance, and distances covered at high speed significantly contributed to the player load of soccer players during matches (DALEN *et al.*, 2016a). Accumulated efforts during accelerations and deceleration significantly contributed to the accumulation of fatigue during games and have a high metabolic cost (AKENHEAD *et al.*, 2013; DALEN *et al.*, 2019; OSGNACH *et al.*, 2010; RUSSELL *et al.*, 2016a). In the intermittent efforts of soccer games, the anaerobic metabolism is critical to cope with the high-intensity demands, but aerobic metabolism is essential to recover between high-intensity efforts and counterbalance fatigue elicited glycogen

depletion during games (BANGSBO; IAIA, KRUSTRUP, 2007). In this way, the use of PBM in training sessions or matches could be an ergogenic aid to improve performance in high-intensity activities or delay fatigue in soccer, due to its effects on anaerobic and aerobic metabolism.

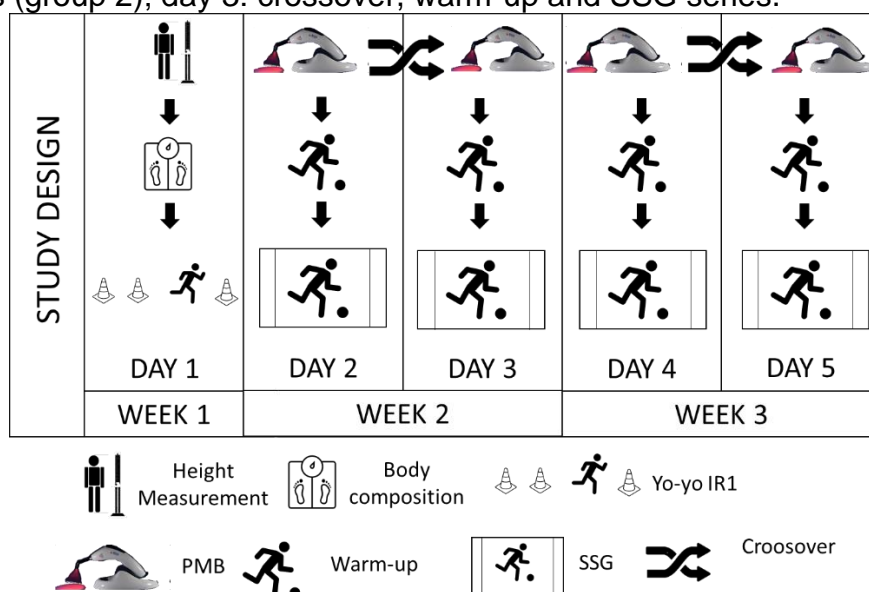
The study aims to determine the ergogenic effects of PBM in a training session using Small-Sided Games (SSG) protocols. The SSG protocols can be used to train technical and tactical skills, as well as to improve physical fitness in soccer (BERGKAMP *et al.*, 2020; KELLY; DRUST, 2009; LOZANO *et al.*, 2020). Depending on field dimensions, SSG promotes an increase in the number of accelerations and decelerations, increasing the mechanical workload on the neuromuscular system (DALEN *et al.*, 2021; LACOME *et al.*, 2018a). The study hypothesis was that PBM could increase physical performance, increasing the number, duration, and distances covered in high-intensity and very-high intensity accelerations/decelerations, as well the recovery between high-intensity efforts.

#### 4.2.3 Material and methods

##### 4.2.3.1 Study design

The study is a double-blinded, placebo-controlled, randomized, crossover clinical trial to evaluate the ergogenic effect of PBM on accelerations and decelerations in SSG training. Youth under-17 soccer athletes performed two SSG training sessions after receiving PBM or placebo irradiation (CON) in a random order. SSG training consisted of eight series of 4 vs 4 SSG, two days apart. Previously, the players were submitted to evaluations of anthropometrics, body composition, and aerobic capacity (Yo-yo IR1) to assign athletes in four teams of four athletes balanced by aerobic performance. Physical performance in accelerations and decelerations was determined using GPS. The ethics committee in research with human beings of State University of Londrina approved the study procedures (n. 3.752.243).

**Figure 9** - Study design. Week 1 (teams 1, 2, 3 and 4) – day 1: Anthropometry, body composition measurement and Yo-yo IR1 test; Week 2 (teams 1 and 2)– day 2: PBM or Placebo, warm-up and SSG series; day 3: crossover, warm-up and SSG series; Week 3 (Teams 3 and 4) – day 4: PBM or Placebo, warm-up and SSG series (group 2); day 3: crossover, warm-up and SSG series.



#### 4.2.3.2 Subjects

Sixteen youth soccer players from Londrina (Brazil), competing in the regional under-17 Football League were enrolled in the present study. The athletes presented  $15.5 \pm 0.2$  years,  $173.3 \pm 4.7$  cm height,  $61.4 \pm 9.2$  kg,  $12.5 \pm 5.2\%$  body fat and  $VO_{2max}$  of  $42.5 \pm 2.0$  ml/min/kg. The volunteers were part of the soccer team for at least six months, line players, did not present any lesions that could impair physical performance and were not taking any anti-inflammatory or analgesic substance during study period. No volunteers presented signs or symptoms of joint or muscle injuries or upper respiratory tract infections and completed all evaluations and training sessions. Goalkeepers were not included in the analysis. The sample size was estimated considering the SSG number of players necessary to evaluate the total distance traveled in four sets of 4 X 4 SSG played in a small field (30 X 20m) with a maximum of 8.7 % ICC (HALOUANI *et al.*, 2019b). A minimum of 10 players were required to achieve 80% statistical power with a maximum of 5 % type 1 error. To complete two 4 vs 4 player teams, 16 players were included.

#### 4.2.3.3 Anthropometrics and body composition

Height was measured using a stadiometer with an accuracy of 0.1 cm (LOHMAN; ROCHE, MARTORELL, 1988). The body mass was assessed using a scale with precision of 0.001 g (Filizola, São Paulo, Brazil), with the individual wearing only shorts.

The percentage of fat was evaluated using a Biodynamics 450 V. 5.1 bioelectrical impedance (BIA) equipment (Biodynamics Corporation, Shoreline, USA), with the subject lying in the supine position after resting for 10 minutes (EARTHMAN, 2015). The subjects were instructed to attend the assessment on the day of the assessment after a four -hour fast, including water, in order to avoid interference in the analysis to estimate the percentage of fat.

#### 4.2.3.4 Yoyo Intermittent Recovery Test 1 (Yoyo IR1)

The Yoyo IR1 was performed accordingly to protocol described by (BANGSBO; IAIA, KRUSTRUP, 2008a). The athlete complete the test when he could not reach the finish line twice or when he reached exhaustion. To estimated  $VO_{2max}$ , it was used the equation proposed by the BANGSBO, IAIA and KRUSTRUP (2008):

$$VO_{2max} \text{ (mL/min/kg)} = \text{IR1 distance (m)} \times 0.0084 + 36.4$$

The Yoyo IR1 demonstrated reliability and validity to discriminate the performance of youth soccer athletes (DEPREZ *et al.*, 2014) and for this reason, the test was chosen to distribute the players in four teams in a balanced way concerning the test performance. Heart rate (HR) was monitored during the test using a Polar V800 portable heart rate monitor (Polar Electro Oy, Kempele, Finland).

#### 4.2.3.5 Small-sided games

To elicit increased mechanical load due to accelerations, decelerations, changes of direction, and technical soccer actions (HULKA; WEISSER, BELKA, 2016; LACOME *et al.*, 2018a) the stop ball protocol was chosen. In this SSG there's no goals or goalkeeper, than the goal is scored if the player steps on the ball in an area located one meter before the end of the field. Two series of four

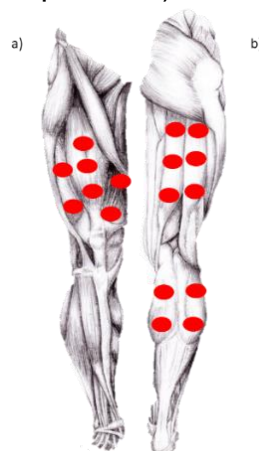
series of SSG with four minutes and three minutes of passive interval were performed (DELLAL *et al.*, 2012). After five minutes, a second series of four SSG were played. SSG was played in a field of 30 x 20 meters (DELLAL *et al.*, 2012; HILL-HAAS *et al.*, 2011a; RAMPININI *et al.*, 2007). The field area and the number of players were selected to reach a player/area density that would induce a large number of accelerations and decelerations (AŞÇI, 2016; DARBELLAY; MEYLAN, MALATESTA, 2020; KÖKLÜ, ALEMDAROĞLU, 2016; SANGNIER *et al.*, 2018).

#### 4.2.3.6 Photobiomodulation

Athletes were balanced by position and  $VO_{2max}$  and randomly assigned to four SSG teams. They were then randomly assigned to receive either PBM or placebo (CON) in the first SSG session. The selection of players into teams and treatment sessions was performed using the "random" tool of the Microsoft Excel software (Microsoft Corporation, Albuquerque, NM, USA), by a researcher who did not participate in any procedure of data collection,

The PBM was applied immediately before the warm-up, with the PBM apparatus positioned perpendicular to the selected musculature, with the participants lying on a stretcher. Time application was nearly five min and 40 s per athlete. The irradiation points are shown in figure 10. The energy dosimetry was described in table 3.

**Figure10** - Irradiation points. a) Anterior view; b) posterior view.



Two PBM devices were used (Bios Therapy II, Bios Medical

Equipment, São José dos Campos, São Paulo, Brazil). The placebo (CON) was performed under the same time and position conditions as the PBM session, but with the device turned off. For the blinding of the volunteers, the volunteers used opaque glasses, in addition to headphones emitting music at a sufficient height so that the subjects did not perceive the sounds emitted by the connected device. The equipment was kept in a stationary position, as close as possible to the skin surface, so that the participant could not perceive the irradiation points or any vibration of the device in operation.

**Table 3** - Energy dosimetry of PBM

Parameter	Specification
Light source	Light-emitting diode
Wavelength	630 nm
Output frequency	Continuous
Power Output	300 mW
Spot area	1.32 cm <sup>2</sup>
Power density	230 mW/cm <sup>2</sup>
Total energy per irradiated point	6 J
The energy density per irradiated point	~4.5 J/cm <sup>2</sup>
Time of irradiation per point	20 s
Number of irradiation points per limb	17 points 7 cm apart
Total irradiated area	24.4 cm <sup>2</sup>
Estimated total irradiated areas*	334 cm <sup>2</sup>
Total energy delivered per limb	102 J
Total time of treatment	340 s
Application mode	Stationary

**Source:** According to the manufacturer, the light emitted by the device is scattered over an area of 7 cm in diameter.

#### 4.2.3.7 Physical performance analysis

Performance on the SSG series was monitored using a GPS equipment, 10Hz frequency, and a triaxial accelerometer (GPSPORTS SYSTEM PTY LTD, Canberra Australia) 5 Hz frequency, and using a 100 Hz triaxial accelerometer.

Information was extracted using the Team AMS software provided by the manufacturer. Reliability was found in the literature for all variables of distance and speed (CV = 1.62 % to 2.3 %), only for accelerations in distances above 30 m higher values of variation were observed (95 % of the limits of agreement [LOA] =  $0.00 \pm 0.8$  km.h<sup>-1</sup>; CV = 14.12 %), compared to photocells (WALDRON et al., 2011). In another study, a variation coefficient of 2.2 - 4.5 % was observed in the distance covered in simulated multidirectional soccer courses (PORTAS et al., 2010), there was also an analysis of the variation in the application of a sprint test repeated in peak velocity (CV = 1.2 %) and summation of velocity peaks (CV = 1.7. The total distance (m) in each SSG and distance traveled in each speed zone were determined. For the analysis of speed, 4 zones were established (HILL-HAAS et al., 2009): zone 1 (0 – 6.9 km/h), zone 2 (7 – 13.9 km/h), zone 3 (14 – 17.9 km/h) and zone 4 (>18 km/h). In addition, the number, time (s) and distance traveled (m) in high-intensity (> 2 m/s<sup>2</sup>) and very high intensity (> 3 m/s<sup>2</sup>) accelerations and decelerations (HOYO *et al.*, 2016) were computed.

#### 4.2.3.8 Statistical analysis

The two-way ANOVA was performed for repeated measures and the variances of the measures were verified using Mauchly's sphericity test. In case of violation of sphericity, the Greenhouse-Geiser correction was performed. When significant differences were found, Bonferroni's post hoc was used to determine the effects of successive series of SSG, treatment, and the interaction between series and treatment. Differences between groups were considered significant if  $p > 0.05$ .

#### 4.2.4 Results

There was no interaction between the SSG series and treatment for any performance variable (table 4).

**Table 4** - Effects of photobiomodulation on accelerometry variables in youth soccer players during eight successive series of SSG submitted to photobiomodulation or placebo treatments.

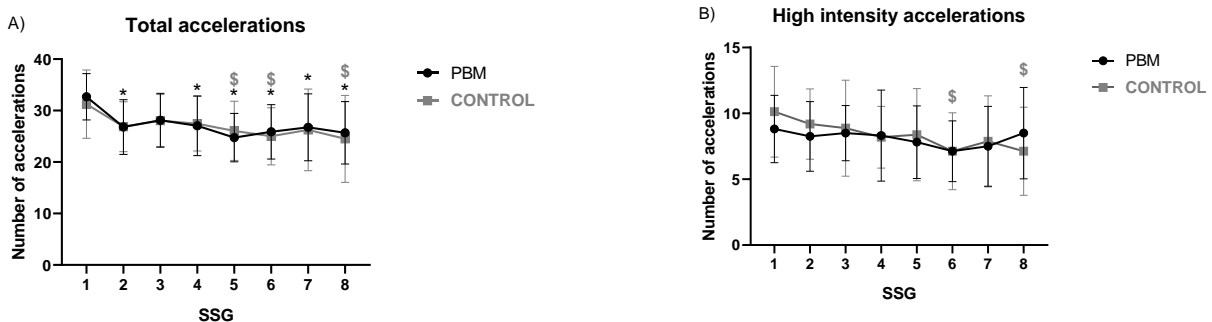
	<b>F</b>	<b>P-value</b>	<b><math>\eta^2</math></b>
Number of accelerations			
Serie X treatment interaction	F (7, 105) = 0.233	0.97	0.47
SSG series	F (7, 105) = 6.808	<0.0001*	11.68
Treatments	F (1, 15) = 0.098	0.75	0.05
Accelerations >2 m/s <sup>2</sup>			
Serie X treatment interaction	F (7, 105) = 0.726	0.64	1.56
SSG series	F (7, 105) = 2.58	0.01*	5.03
Treatments	F (1, 15) = 0.44	0.51	0.18
Accelerations > 3 m/s <sup>2</sup>			
Serie X treatment interaction	F (7, 105) = 1.16	0.33	1.95
SSG series	F (7, 105) = 1.36	0.22	3.05
Treatments	F (1, 15) = 1.36	0.26	0.23
Distance covered in Acc >2 m/s <sup>2</sup>			
Serie X treatment interaction	F (7, 105) = 0.42	0.88	0.79
SSG series	F (7, 105) = 0.02	0.17	3.25
Treatments	F (1, 30) = 0.42	0.86	0.01
Distance covered in Acc >3m/s <sup>2</sup>			
Serie X treatment interaction	F (7, 105) = 1.31	0.42	2.05
SSG series	F (7, 105) = 1.31	0.24	2.91
Treatments	F (1, 15) = 0.27	0.36	0.27
Duration of Acc >2 m/s <sup>2</sup>			
Serie X treatment interaction	F (7, 105) = 0.68	0.68	1.35
SSG series	F (7, 105) = 1.66	0.12	3.39
Treatments	F (1, 30) = 0.65	0.65	0.09
Duration of Acc >3 m/s <sup>2</sup>			
Serie X treatment interaction	F(7,105)=1.21	0.30	2.51
SSG series	F (7, 105) = 1.51	0.17	3.32
Treatments	F (1, 30) = 0.90	0.35	0.27

Table 4 (continue)

Number of decelerations			
Serie X treatment interaction	F (7, 105) = 0.97	0.45	1.93
SSG series	F (7, 105) = 0.97	0.006*	5.69
Treatments	F (1, 15) = 0.34	0.56	1.93
Decelerations > 2 m/s <sup>2</sup>			
Serie X treatment interaction	F (7, 105) = 1.40	0.20	2.82
SSG series	F (7,105) = 1.61	0.13	3.85
Treatments	F (1, 15) = 0.0002	0.98	0.0001
Decelerations > 3 m/s <sup>2</sup>			
Serie X treatment interaction	F (7, 105) = 0.67	0.69	1.37
SSG series	F (7,105) = 2.14	0.04*	4.07
Treatments	F (1, 15) = 0.82	0.37	0.27

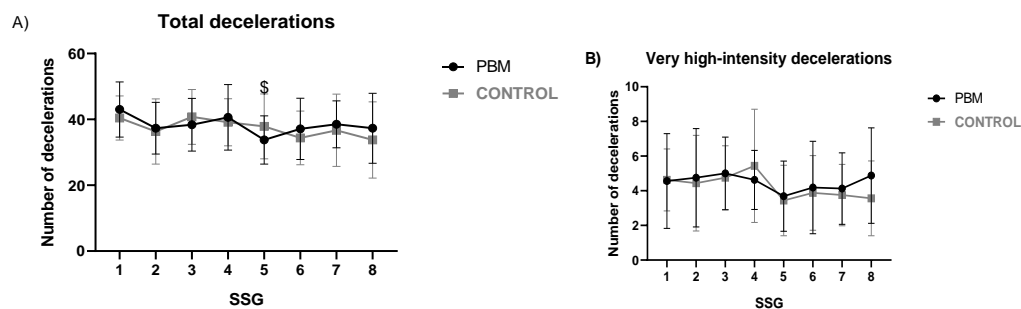
The decrements between successive SSG presented significance for the number of accelerations, the number of high-intensity accelerations, and the number of decelerations. The post hoc analysis demonstrated intra-group decrements throughout SSG series for number of accelerations (fig. 11A) in the PBM group in SSG 2 ( $p=0.01$ ), 4 ( $p=0.02$ ), 5 ( $p=0.0003$ ), 6 ( $p=0.002$ ), 7 ( $p=0.01$ ) and 8 ( $p=0.002$ ), compared to first SSG. For the CON group significant decrements were observed in SSG 5 ( $p=0.04$ ), 6 ( $p = 0.008$ ) and 8 ( $p=0.003$ ). The high-intensity accelerations (fig. 11B) decreased in CON group in SSG 6 ( $p=0.01$ ) and SSG 8 ( $p=0.01$ ) compared to SSG 1.

**Figure 11** - Mean (SD) of the number of accelerations (A) and high-intensity accelerations (B), throughout eight successive SSG series (SSG1 to SSG8). \$  $p<0.05$ , compared to SSG 1 in Control group; \*  $p<0.05$ , compared to SSG 1 in PBM group.



The number of decelerations decreased in SSG 5 ( $p=0.006$ ) in the control group (Figure 12A). However, post hoc analysis did not identify differences between SSG series in both groups for very high-intensity decelerations (Figure 12B).

**Figure 12** - Mean (SD) of number of decelerations and very high-intensity decelerations throughout eight successive SSG series. \$  $p<0.05$ , compared to SSG 1 in Control group;



#### 4.2.5 Discussion

The study results suggest that the PBM dosimetry used in the present study did not have ergogenic effects on young soccer players' accelerations and decelerations. Nevertheless, PBM effects on neuromuscular fatigue could not be confirmed, since both sessions evoked significant neuromuscular fatigue throughout the successive SSG series.

In accordance with our findings other studies (ORSSATTO *et al.*, 2019b; ORSSATTO *et al.*, 2020; ROSSATO *et al.*, 2020) did not find any ergogenic effects of PBM. Two of these studies measured maximum voluntary contraction (MVC) in non-athletes (JÓWKO *et al.*, 2019; ORSSATTO *et al.*, 2020; ROSSATO *et al.*, 2020). Orssatto *et al.* (2020) applied 360 J (LASER [850 nm] and LED [670 nm; 880 nm; 950 nm]) on gastrocnemius and soleus muscles, while Rossato *et al.* (2020) applied 360 J (LASER [850 nm], LED [670 nm; 880 nm; 950 nm]) on quadriceps. The authors suggested that the PBM did not present effects because of the rest interval (two minutes between sets) and the short duration range (~ 25 sec.) of exercise protocol allowed appropriate recovery between series (ORSSATTO *et al.*, 2020; ROSSATO *et*

*al.*, 2020). In the present study, the accelerations that occurred during SSG also have a very short duration time. Another study used a counter-movement (CMJ) jump test with judo athletes to assess neuromuscular status (ORSSATTO *et al.*, 2019b), as it is already known the CMJ has a moderate to strong correlation with 30 minutes sprint times (KÖKLÜ *et al.*, 2015). No treatment-time interactions were found and the authors suggested that PBM on quadriceps, hamstrings, gastrocnemius, and soleus (LASER [850 nm, 3,2 J]; LED [670 nm, 0,3 J; 880 nm, 0,8 J; 950 nm, 0,5 J]) cannot attenuate muscle damage and function, affecting athletes' performance. Jówko *et al.* (2019) used PBM in moderately active men (830 nm; 30 J) and did not find significant difference in MVC.

Some studies have identified ergogenic effects of PBM (DA CUNHA *et al.*, 2020; DE OLIVEIRA *et al.*, 2017a; DE SOUZA *et al.*, 2016; LANFERDINI *et al.*, 2018; MOLINA CORREA *et al.*, 2020b; PINTO *et al.*, 2016a; ROSSATO *et al.*, 2018; VANIN *et al.*, 2016). A study with rugby players (PINTO *et al.*, 2016b) applying a repeated sprint test demonstrated that PBM 510 J (LASER [905 nm]; LED [red, 640 nm; infrared, 875 nm]) was able to reduce muscle fatigue and accelerated muscle recovery between exercise bouts. The authors reported lower blood lactate concentration in PBM test, which may decrease impairments on muscles contractility during the test (DA CUNHA *et al.*, 2020). Other studies have shown PBM effects increased MVC when applied on quadriceps (DE OLIVEIRA *et al.*, 2017b; ROSSATO *et al.*, 2018; VANIN *et al.*, 2016). Vanin *et al.* (2016) showed that PBM (810 nm; 60 and 300 J) can improve significantly MVC of soccer players. The authors suggested that for intermittent sports that require medium recovery time, 10 J per site could be the best energy dose. Another study with soccer players has evaluated PBM effect on MVC (DE OLIVEIRA *et al.*, 2017b). The treatment (810 nm; 10 J; 100 mW) was effective to increase MVC and improving strength and recovery. The study conducted by Rossato *et al.* (2018), found a significant effect of PBM (LASER [850 nm; 3,2 J]; LED [670 nm; 0,3 J, 880 nm; 0,5 J and 950 nm; 0,5 J]) just in a combined treatment (6 h before + immediately before) expressed in a smaller decrease of strength, indicated by a lower drop on peak torque. Mitigating fatigue may occur by enhancement of phosphocreatine resynthesis in rest intervals during high-intensity exercises (FERRARESI *et al.*, 2011). The decelerations in soccer are capable of promoting neuromuscular fatigue (OLIVA-LOZANO *et al.*, 2020), and reducing performance

(NOBARI *et al.*, 2020), as observed in the present study. But, neither improvements in SSG 1 nor reducing fatigue over SSG series could be achieved using the proposed PBM prescription.

In our study, we did not find any interaction treatment x time for decelerations variables on consecutive series of SSG. Other studies also have not found PBM effects (DORNELLES *et al.*, 2019b; DOS SANTOS *et al.*, 2020), in male soccer players (DORNELLES *et al.*, 2019b) and female futsal players (DOS SANTOS *et al.*, 2020). The first one did not find a protective effect of PBM (880 nm; 300 J) on hamstring muscles in a soccer simulated match, which resulted in decrements of hamstring eccentric strength (DORNELLES *et al.*, 2019b), this muscle has an important role in deceleration movements (O'CONNOR; JOHNSON, BENSON, 2015). A study conducted by Dos Santos *et al.* (2020) also did not find any PBM (660 nm; 200 J) effect on change of direction (COD) test. It is important to point that decelerations are fundamental to the ability to change direction (CHAOUACHI *et al.*, 2012). Another point that can help to explain the lack of PBM effect on deceleration is related to the decrease in opportunity that happens because of a drop in acceleration (NEWANS *et al.*, 2019). No study was found with positive effects of PBM on decelerations, but some studies verified these PBM effects on high-intensity works on cyclists leading to an increase in muscle activation of the high-frequency band (LANFERDINI *et al.*, 2018). To the authors, this occurs by the increase of microcirculation and tissue oxygenation. A previous work of our research group demonstrated the ergogenic effects of PBM in a Wingate test, using the same dosimetry and irradiation areas of the present study, demonstrating an increase in the anaerobic capacity and potency of non-athletes (MOLINA CORREA *et al.*, 2020). The authors found increased performance related to lactic and alactic anaerobic metabolism and hypothesized that this effect may be associated with PBM-induced NO release. This is important in sports like soccer, because decelerations can decrease with fatigue (NEDERGAARD; KERSTING, LAKE, 2014). Some aspects should be considered about the dosimetry (102 J, 4.5 J/cm<sup>2</sup>, irradiation area 24.4 cm<sup>2</sup>) or wavelength (630nm) employed in the present study, concerning other studies.

Tomazoni *et al.* (2019) delivered a higher amount of energy (850 J per lower limb) and energy density (275 J/cm<sup>2</sup>) than used in the present study, at an infrared irradiation wavelength (810 nm). The authors demonstrated that this PBM

energy could improve  $VO_{2max}$ , as well as the aerobic and anaerobic threshold. The study by De Marchi et al. (2012) used an energy density of  $164.85 \text{ J/cm}^2$  and 360 J of total energy per limb, also observing an increase in  $VO_{2max}$ , but did not find differences in the anaerobic and aerobic thresholds, that is, not altering the energy production mechanism. Miranda et al. (2016) applied 510 J per limb with an irradiated area of  $20 \text{ cm}^2$ , using a combination of laser (950 nm) and LED (640 and 875nm) irradiation during a treadmill test. According to the authors, the use of two types of light sources and different wavelengths were the factors that resulted in increased performance on total distance, time until exhaustion, and ventilatory rate in PBM sessions (MIRANDA *et al.*, 2016b). Another point that could have influenced the results is the irradiated area.

A recent study demonstrated that the scattering and penetration of infrared light in tissues depend on power output (HAMDY, MOHAMMED, 2022). To these authors, increasing power output increases tissue penetration but decreases scattering, i.e., a smaller tissue area is irradiated, independently of light absorption by tissue. The LED device employed in our study delivers a high power output (300mW), considered to reach deep tissues (HAMDY, MOHAMMED, 2022), but it could limit the spread of energy into tissue. Other factors that may have contributed to reduced biological effects were the spot size and wavelength (ASH *et al.*, 2017; TEDFORD *et al.*, 2015). Theoretical models demonstrated that a spot size width of 5 to 12 mm, and infrared irradiation presented less scattering into tissue and reached deep layers of tissue, respectively (ASH *et al.*, 2017; TEDFORD *et al.*, 2015). So, a limitation of our results may be associated with equipment characteristics and energy delivered.

Another factor that should be taken into account when evaluating ergogenic strategies was the training status and physical fitness of subjects. Athletes may be less responsive to some types of ergogenic strategies. For example, trained subjects were less responsive to NO-inducers supplements that have ergogenic effects in untrained subjects (BESCOS *et al.*, 2012). In this same line athletes with greater aerobic capacity tend to present beneficial results after the application of PBM (DELLAGRANA *et al.*, 2020). According to these authors, individual responsiveness since a recent study suggested that among recreationally trained subjects, approximately half of the subjects have ergogenic effects.

A limitation of our study could be related to rest intervals. In the present study, we allowed three minutes of rest between SSG for restoring the phosphocreatine pool between successive efforts (GLAISTER, 2005). This approach allowed athletes to recover between SSG series so the effects of PBM during game demands could be evaluated. As observed, no significant effect of fatigue was observed between successive SSG series on Placebo sessions. In this sense, we could not identify the effects of photobiomodulation on cumulative fatigue throughout the SSG series.

We concluded that photobiomodulation with red light (630nm) using the proposed dosimetry employed in the present study does not improve external load or high-intensity physical activities in SSG training sessions. Future studies should address higher energy doses and larger spot sizes and wavelengths. To demonstrate effects on fatigue delay, other SSG protocols changing interval and the player's area should be employed.

#### Acknowledgements

The authors would like to thank Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior for financial support to programa de Pós-graduação em Educação Física UEL/UEM and Junior Team (Londrina-PR).

## 5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efeitos ergogênicos da FBM relatados por alguns estudos demonstraram que a aplicação anterior ao exercício promovia uma melhora no desempenho, aumentando a resistência a fadiga neuromuscular. Portanto a utilização desse recurso poderia ser importante para o processo de treinamento de jogadores de futebol, levando a uma maior tolerância nas ações de alta intensidade, compostas por acelerações, desacelerações e mudanças de direções, durante a utilização de JCR. Sendo assim esta tese de doutorado teve como objetivo investigar os efeitos da aplicação da FBM, em jogadores de futebol da categoria sub-17 em séries de jogos de campo reduzido.

O estudo 1 avaliou os efeitos da FMB sobre a carga interna ( $TRIMP_{Edwards}$ ), e nas distâncias percorridas em quatro zonas de velocidade. Não foi encontrado nenhum efeito do tratamento em nenhuma das variáveis analisadas, ou seja, não houve efeito ergogênico que proporcionasse uma manutenção da intensidade do trabalho durante as séries de JCR. No estudo 2, foi avaliado se a FBM poderia manter a carga interna, baseada na quantidade de acelerações e desacelerações nas séries consecutivas de JCR. Também não foi observado nenhum efeito da FBM na carga interna dos jogadores, não sendo encontrada diferenças significativas nas variáveis acima mencionadas.

Os resultados encontrados nesta tese não conseguiram demonstrar um potencial ergogênico da FBM, aplicada anteriormente a sessão, durante a realização de JCR em atletas de futebol sub-17. Algumas limitações devem ser consideradas como a baixa dosimetria de luz aplicada, o tempo de recuperação entre as séries e a área por jogador no JCR. Dessa forma sugere-se novas pesquisas que possam utilizar maiores doses de luz, e que promovam a imposição de uma maior carga de treinamento a fim de verificar a possível efetividade da FBM em ações específicas do futebol.

## REFERÊNCIAS

ABREU, J. S. d. S.; DOS SANTOS, G. V.; FONSATI, L.; MARQUES, N. R. *et al.* Time-Response of Photobiomodulation Therapy by Light-Emitting Diodes on Muscle Torque and Fatigue Resistance in Young Men: Randomized, Double-Blind, Crossover and Placebo-Controlled Study. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, 38, p. 750-757, 2020a.

ABREU, J. S. S.; DOS SANTOS, G. V.; FONSATI, L.; MARQUES, N. R. *et al.* Time-Response of Photobiomodulation Therapy by Light-Emitting Diodes on Muscle Torque and Fatigue Resistance in Young Men: Randomized, Double-Blind, Crossover and Placebo-Controlled Study. **Photobiomodul Photomed Laser Surg**, 38, n. 12, p. 750-757, Dec 2020b.

AILIOAIE, L. M.; LITSCHER, G. Photobiomodulation and Sports: Results of a Narrative Review. **Life (Basel)**, 11, n. 12, Dec 3 2021.

AKENHEAD, R.; HAYES, P. R.; THOMPSON, K. G.; FRENCH, D. Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. **J Sci Med Sport**, 16, n. 6, p. 556-561, Nov 2013.

ALBUQUERQUE-PONTES, G. M.; VIEIRA, R. P.; TOMAZONI, S. S.; CAIRES, C. O. *et al.* Effect of pre-irradiation with different doses, wavelengths, and application intervals of low-level laser therapy on cytochrome c oxidase activity in intact skeletal muscle of rats. **Lasers Med Sci**, 30, n. 1, p. 59-66, Jan 2015.

ANTONIALLI, F. C.; DE MARCHI, T.; TOMAZONI, S. S.; VANIN, A. A. *et al.* Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. **Lasers in Medical Science**, 29, p. 1967-1976, 2014.

ASCI, A. Heart Rate Responses during Small Sided Games and Official Match-Play in Soccer. **Sports (Basel)**, 4, n. 2, May 30 2016.

AŞÇI, A. Heart Rate Responses during Small Sided Games and Official Match-Play in Soccer. **Sports**, 4, p. 31, 2016.

ASH, C.; DUBEC, M.; DONNE, K.; BASHFORD, T. Effect of wavelength and beam width on penetration in light-tissue interaction using computational methods. **Lasers Med Sci**, 32, n. 8, p. 1909-1918, Nov 2017.

AVER VANIN, A.; DE MARCHI, T.; TOMAZONI, S. S.; TAIROVA, O. *et al.* Pre-Exercise Infrared Low-Level Laser Therapy (810 nm) in Skeletal Muscle Performance and Postexercise Recovery in Humans, What Is the Optimal Dose? A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Trial. **Photomed Laser Surg**, 34, n. 10, p. 473-482, Oct 2016.

AZUMA, R. H. E.; MERLO, J. K.; JACINTO, J. L.; BORIM, J. M. *et al.* Photobiomodulation Therapy at 808 nm Does Not Improve Biceps Brachii Performance to Exhaustion and Delayed-Onset Muscle Soreness in Young Adult Women: A Randomized, Controlled, Crossover Trial. **Front Physiol**, 12, p. 664582, 2021.

BANGSBO, J.; IAIA, F. M.; KRUSTRUP, P. Metabolic response and fatigue in soccer. **Int J Sports Physiol Perform**, 2, n. 2, p. 111-127, Jun 2007.

BANGSBO, J.; IAIA, F. M.; KRUSTRUP, P. The Yo-Yo Intermittent Recovery Test. **Sports Medicine**, 38, p. 37-51, 2008a.

BANGSBO, J.; IAIA, F. M.; KRUSTRUP, P. The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, 38, p. 37-51, 2008b.

BARBERO-ALVAREZ, J. C.; COUTTS, A.; GRANDA, J.; BARBERO-ALVAREZ, V. *et al.* The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. **J Sci Med Sport**, 13, n. 2, p. 232-235, Mar 2010.

BARONI, B. M.; LEAL JUNIOR, E. C.; DE MARCHI, T.; LOPES, A. L. *et al.* Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. **Eur J Appl Physiol**, 110, n. 4, p. 789-796, Nov 2010.

BELTRAME, T.; FERRARESI, C.; PARIZOTTO, N. A.; BAGNATO, V. S. *et al.* Light-emitting diode therapy (photobiomodulation) effects on oxygen uptake and cardiac output dynamics during moderate exercise transitions: a randomized, crossover, double-blind, and placebo-controlled study. **Lasers Med Sci**, 33, n. 5, p. 1065-1071, Jul 2018.

BERGKAMP, T. L. G.; DEN HARTIGH, R. J. R.; FRENCKEN, W. G. P.; NIESSEN, A. S. M. *et al.* The validity of small-sided games in predicting 11-vs-11 soccer game performance. **PLOS ONE**, 15, p. e0239448, 2020.

BORGES, L. S.; CERQUEIRA, M. S.; ALBERTO, J. Light-emitting diode phototherapy

improves muscle recovery after a damaging exercise. **Lasers in Medical Science**, 29, p. 1139-1144, 2013.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. **Sports Med**, 43, n. 5, p. 313-338, May 2013.

CASTAGNA, C.; IMPELLIZZERI, F. M.; CHAOUACHI, A.; BORDON, C. *et al.* Effect of training intensity distribution on aerobic fitness variables in elite soccer players: a case study. **J Strength Cond Res**, 25, n. 1, p. 66-71, Jan 2011.

CASTAGNA, C.; VARLEY, M.; PÓVOAS, S. C. A.; D'OTTAVIO, S. Evaluation of the Match External Load in Soccer: Methods Comparison. **Int J Sports Physiol Perform**, 12, n. 4, p. 490-495, Apr 2017.

CHAOUACHI, A.; MANZI, V.; CHAALALI, A.; WONG DEL, P. *et al.* Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players. **J Strength Cond Res**, 26, n. 10, p. 2667-2676, Oct 2012.

CHUNG, H.; DAI, T.; SHARMA, S. K.; HUANG, Y. Y. *et al.* The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. **Ann Biomed Eng**, 40, n. 2, p. 516-533, Feb 2012.

DA COSTA SANTOS, V. B.; DE PAULA RAMOS, S.; MILANEZ, V. F.; CORRÊA, J. C. M. *et al.* LED therapy or cryotherapy between exercise intervals in Wistar rats: Anti-inflammatory and ergogenic effects. **Lasers in Medical Science**, 29, p. 599-605, 2014.

DA CUNHA, R. A.; PINFILDI, C. E.; DE CASTRO POCHINI, A.; COHEN, M. Photobiomodulation therapy and NMES improve muscle strength and jumping performance in young volleyball athletes: a randomized controlled trial study in Brazil. **Lasers Med Sci**, 35, n. 3, p. 621-631, Apr 2020.

DA SILVA ALVES, M. A.; PINFILDI, C. E.; NETO, L. N.; LOURENÇO, R. P. *et al.* Acute effects of low-level laser therapy on physiologic and electromyographic responses to the cardiopulmonary exercise testing in healthy untrained adults. **Lasers Med Sci**, 29, n. 6, p. 1945-1951, Nov 2014.

DALEN, T.; INGEBRIGTSEN, J.; ETTEMA, G.; HJELDE, G. H. *et al.* Player Load, Acceleration, and Deceleration During Forty-Five Competitive Matches of Elite Soccer. **J Strength Cond Res**, 30, n. 2, p. 351-359, Feb 2016a.

DALEN, T.; JØRGEN, I.; GERTJAN, E.; GEIR HAVARD, H. *et al.* Player Load,

Acceleration, and Deceleration During Forty-Five Competitive Matches of Elite Soccer. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 30, p. 351-359, 2016b.

DALEN, T.; LORAS, H.; HJELDE, G. H.; KJOSNES, T. N. *et al.* Accelerations - a new approach to quantify physical performance decline in male elite soccer? **Eur J Sport Sci**, 19, n. 8, p. 1015-1023, Sep 2019.

DALEN, T.; SANDMAEL, S.; STEVENS, T. G. A.; HJELDE, G. H. *et al.* Differences in Acceleration and High-Intensity Activities Between Small-Sided Games and Peak Periods of Official Matches in Elite Soccer Players. **J Strength Cond Res**, 35, n. 7, p. 2018-2024, Jul 1 2021.

DARBELLAY, J.; MEYLAN, C. M. P.; MALATESTA, D. Monitoring Matches and Small-sided Games in Elite Young Soccer Players. **International Journal of Sports Medicine**, 41, p. 832-838, 2020.

DE CARVALHO, G.; GOBBI, A.; GOBBI, R. B.; ALFREDO, D. M. N. *et al.* Photobiomodulation by light emitting diode applied sequentially does not alter performance in cycling athletes. **Lasers Med Sci**, 35, n. 8, p. 1769-1779, Oct 2020.

DE FREITAS, L. F.; HAMBLIN, M. R. Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light Therapy. **IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics**, 22, p. 348-364, 2016.

DE HOYO, M.; COHEN, D. D.; SAÑUDO, B.; CARRASCO, L. *et al.* Influence of football match time–motion parameters on recovery time course of muscle damage and jump ability. **Journal of Sports Sciences**, 0414, p. 1-8, 2016.

DE MARCHI, T.; LEAL-JUNIOR, E. C. P.; LANDO, K. C.; CIMADON, F. *et al.* Photobiomodulation therapy before futsal matches improves the staying time of athletes in the court and accelerates post-exercise recovery. **Lasers Med Sci**, 34, n. 1, p. 139-148, Feb 2019.

DE MARCHI, T.; LEAL JUNIOR, E. C. P.; BORTOLI, C.; TOMAZONI, S. S. *et al.* Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. **Lasers in Medical Science**, 27, p. 231-236, 2012.

DE MARCHI, T.; SCHMITT, V. M.; DA SILVA FABRO, C. D.; DA SILVA, L. L. *et al.* Phototherapy for improvement of performance and exercise recovery: Comparison of 3 commercially available devices. **Journal of Athletic Training**, 52, p. 429-438, 2017.

DE OLIVEIRA, A. R.; VANIN, A. A.; TOMAZONI, S. S.; MIRANDA, E. F. *et al.* Pre-Exercise Infrared Photobiomodulation Therapy (810 nm) in Skeletal Muscle Performance and Postexercise Recovery in Humans: What Is the Optimal Power Output? **Photomedicine and Laser Surgery**, 35, p. 595-603, 2017a.

DE OLIVEIRA, A. R.; VANIN, A. A.; TOMAZONI, S. S.; MIRANDA, E. F. *et al.* Pre-Exercise Infrared Photobiomodulation Therapy (810 nm) in Skeletal Muscle Performance and Postexercise Recovery in Humans: What Is the Optimal Power Output? **Photomed Laser Surg**, 35, n. 11, p. 595-603, Nov 2017b.

DE SOUZA, C. G.; BORGES, D. T.; DE BRITO MACEDO, L.; BRASILEIRO, J. S. Low-level laser therapy reduces the fatigue index in the ankle plantar flexors of healthy subjects. **Lasers in Medical Science**, 31, n. 9, p. 1949-1955, 2016/12/01 2016.

DELLAGRANA, R. A.; ROSSATO, M.; ORSSATTO, L. B. R.; SAKUGAWA, R. L. *et al.* Effect of Photobiomodulation Therapy in the 1500 m Run: An Analysis of Performance and Individual Responsiveness. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, 38, p. 734-742, 2020.

DELLAGRANA, R. A.; ROSSATO, M.; SAKUGAWA, R. L.; LAZZARI, C. D. *et al.* Dose-response effect of photobiomodulation therapy on neuromuscular economy during submaximal running. **Lasers Med Sci**, 33, n. 2, p. 329-336, Feb 2018.

DELLAL, A.; OWEN, A.; WONG, D. P.; KRUSTRUP, P. *et al.* Technical and physical demands of small vs. large sided games in relation to playing position in elite soccer. **Hum Mov Sci**, 31, n. 4, p. 957-969, Aug 2012.

DELLO IACONO, A.; BEATO, M.; UNNITHAN, V. Comparative Effects of Game Profile-Based Training and Small-Sided Games on Physical Performance of Elite Young Soccer Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 35, p. 2810-2817, 2021.

DEPREZ, D.; COUTTS, A. J.; LENOIR, M.; FRANSEN, J. *et al.* Reliability and validity of the Yo-Yo intermittent recovery test level 1 in young soccer players. **Journal of Sports Sciences**, 32, p. 903-910, 2014.

DI SALVO, V.; PIGOZZI, F.; GONZÁLEZ-HARO, C.; LAUGHLIN, M. S. *et al.* Match performance comparison in top English soccer leagues. **Int J Sports Med**, 34, n. 6, p. 526-532, Jun 2013.

DOMPE, C.; MONCRIEFF, L.; MATYS, J.; GRZECH-LEŚNIAK, K. *et al.* Photobiomodulation-Underlying Mechanism and Clinical Applications. **J Clin Med**, 9,

n. 6, Jun 3 2020.

DORNELLES, M. P.; FRITSCH, C. G.; SONDA, F. C.; JOHNSON, D. S. *et al.* Photobiomodulation therapy as a tool to prevent hamstring strain injuries by reducing soccer-induced fatigue on hamstring muscles. **Lasers Med Sci**, 34, n. 6, p. 1177-1184, Aug 2019a.

DORNELLES, M. P.; FRITSCH, C. G.; SONDA, F. C.; JOHNSON, D. S. *et al.* Photobiomodulation therapy as a tool to prevent hamstring strain injuries by reducing soccer-induced fatigue on hamstring muscles. **Lasers in Medical Science**, 34, p. 1177-1184, 2019b.

DOS REIS, F. A.; DA SILVA, B. A.; LARAIA, E. M.; DE MELO, R. M. *et al.* Effects of pre- or post-exercise low-level laser therapy (830 nm) on skeletal muscle fatigue and biochemical markers of recovery in humans: double-blind placebo-controlled trial. **Photomed Laser Surg**, 32, n. 2, p. 106-112, Feb 2014.

DOS SANTOS, I. A.; LEMOS, M. d. P.; COELHO, V. H. M.; ZAGATTO, A. M. *et al.* Acute photobiomodulation does not influence specific high-intensity and intermittent performance in female futsal players. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 17, p. 1-12, 2020.

DUTRA, Y. M.; CLAUS, G. M.; MALTA, E. D. S.; BRISOLA, G. M. P. *et al.* Acute Photobiomodulation by LED Does Not Alter Muscle Fatigue and Cycling Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 52, p. 2448-2458, 2020a.

DUTRA, Y. M.; CLAUS, G. M.; MALTA, E. S.; BRISOLA, G. M. P. *et al.* Acute Photobiomodulation by LED Does Not Alter Muscle Fatigue and Cycling Performance. **Med Sci Sports Exerc**, 52, n. 11, p. 2448-2458, Nov 2020b.

DUTRA, Y. M.; CLAUS, G. M.; MALTA, E. S.; SEDA, D. M. F. *et al.* Photobiomodulation 30 min or 6 h Prior to Cycling Does Not Alter Resting Blood Flow Velocity, Exercise-Induced Physiological Responses or Time to Exhaustion in Healthy Men. **Front Physiol**, 11, p. 607302, 2020c.

EARTHMAN, C. P. Body Composition Tools for Assessment of Adult Malnutrition at the Bedside: A Tutorial on Research Considerations and Clinical Applications. **JPEN J Parenter Enteral Nutr**, 39, n. 7, p. 787-822, Sep 2015.

EDWARDS, S. High performance training and racing. *In: The heart rate monitor book*. Sacramento, CA: Feet Fleet Press, 1993. v. 349, p. 113-123.

FERNÁNDEZ-ESPÍNOLA, C.; ABAD ROBLES, M. T.; GIMÉNEZ FUENTES-GUERRA, F. J. Small-Sided Games as a Methodological Resource for Team Sports Teaching: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 17, p. 1884, 2020.

FERRARESI, C.; DE BRITO OLIVEIRA, T.; DE OLIVEIRA ZAFALON, L.; DE MENEZES REIFF, R. B. *et al.* Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. **Lasers in Medical Science**, 26, p. 349-358, 2011.

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 in Medicine**, 1, 2012.

FERRARESI, C.; HUANG, Y.-y.; HAMBLIN, M. R. Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? **Journal of Biophotonics**, 9, p. 1273-1299, 2016.

Ferreira Junior, A.; Schamne, J. C.; De Moraes, S. M. F.; Okuno, N. M. Cardiac autonomic responses and number of repetitions maximum after LED irradiation in the ipsilateral and contralateral lower limb. **Lasers Med Sci**, 33, n. 2, p. 353-359, Feb 2018.

FLORIANOVICZ, V. C.; FERRARESI, C.; KURIKI, H. U.; MARCOLINO, A. M. *et al.* Effects of Photobiomodulation Therapy and Restriction of Wrist Extensor Blood Flow on Grip: Randomized Clinical Trial. **Photobiomodul Photomed Laser Surg**, 38, n. 12, p. 743-749, Dec 2020.

FREITAS, V. H. D.; GUARNIER, F. A.; RAMOS, S. D. P. Effects of light-emitting diode therapy on recovery of adult male futsal players. **Apunts Educación física y deportes**, p. 52-60, 2021.

GARCEZ, A.; NUNEZ, S. C.; GARCEZ, A. S.; GARCEZ, E. M. *et al.* Effects of photobiomodulation on sport performance in swimming para-athletes - a case series. **Res Sports Med**, p. 1-6, Feb 23 2021.

GLAISTER, M. Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. **Sports Med**, 35, n. 9, p. 757-777, 2005.

HALOUANI, J.; CHTOUROU, H.; DELLAL, A.; CHAOUACHI, A. *et al.* Physiological responses according to rules changes during 3 vs. 3 small-sided games in youth soccer players: stop-ball vs. small-goals rules. **Journal of Sports Sciences**, 32, p. 1-6, 2014.

HALOUANI, J.; CHTOUROU, H.; DELLAL, A.; CHAOUACHI, A. *et al.* Soccer small-sided games in young players: Rule modification to induce higher physiological responses. **Biology of Sport**, 34, p. 163-168, 2017.

HALOUANI, J.; GHATTASI, K.; BOUZID, M. A.; ROSEMANN, T. *et al.* Physical and Physiological Responses during the Stop-Ball Rule During Small-Sided Games in Soccer Players. **Sports**, 7, p. 117, 2019a.

HALOUANI, J.; GHATTASI, K.; BOUZID, M. A.; ROSEMANN, T. *et al.* Physical and Physiological Responses during the Stop-Ball Rule During Small-Sided Games in Soccer Players. **Sports (Basel)**, 7, n. 5, May 17 2019b.

HAMBLIN, M. R. Mechanisms and Mitochondrial Redox Signaling in Photobiomodulation. **Photochem Photobiol**, 94, n. 2, p. 199-212, Mar 2018a.

HAMBLIN, M. R. Mechanisms and Mitochondrial Redox Signaling in Photobiomodulation. **Photocremistry and Photobiology**, p. 199-212, 2018b.

HAMDY, O.; MOHAMMED, H. S. Variations in tissue optical parameters with the incident power of an infrared laser. **PLoS One**, 17, n. 1, p. e0263164, 2022.

HAMMAMI, A.; GABBETT, T. J.; SLIMANI, M.; BOUHLEL, E. Does small-sided games training improve physical fitness and team-sport-specific skills? a systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 58, p. 1446-1455, 2018.

HAUER, R.; STORCHLE, P.; KARSTEN, B.; TSCHAN, H. *et al.* Internal, external and repeated-sprint demands in small-sided games: A comparison between bouts and age groups in elite youth soccer players. **PLOS ONE**, 28, p. 1-15, 2021.

HAUGEN, T. A.; TØNNESEN, E.; HISDAL, J.; SEILER, S. The role and development of sprinting speed in soccer. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 9, p. 432-441, 2014.

HILL-HAAS, S. V.; DAWSON, B.; IMPELLIZZERI, F. M.; COUTTS, A. J. Physiology of Small-Sided Games Training in Football. **Sports Medicine**, 41, p. 199-220, 2011a.

HILL-HAAS, S. V.; DAWSON, B.; IMPELLIZZERI, F. M.; COUTTS, A. J. Physiology of small-sided games training in football: a systematic review. **Sports Med**, 41, n. 3, p. 199-220, Mar 1 2011b.

HILL-HAAS, S. V.; ROWSELL, G. J.; DAWSON, B. T.; COUTTS, A. J. Acute physiological responses and time-motion characteristics of two small-sided training regimes in youth soccer players. **J Strength Cond Res**, 23, n. 1, p. 111-115, Jan 2009.

HODGSON, C.; AKENHEAD, R.; THOMAS, K. Time-motion analysis of acceleration demands of 4v4 small-sided soccer games played on different pitch sizes. **Human Movement Science**, 33, p. 25-32, 2014.

HOYO, M. D.; COHEN, D. D.; SAÑUDO, B.; CARRASCO, L. *et al.* Influence of football match time – motion parameters on recovery time course of muscle damage and jump ability. 0414, 2016.

HUANG, Y. Y.; CHEN, A. C.; CARROLL, J. D.; HAMBLIN, M. R. Biphasic dose response in low level light therapy. **Dose Response**, 7, n. 4, p. 358-383, Sep 1 2009.

HULKA, K.; WEISSER, R.; BELKA, J. Effect of the pitch size and presence of goalkeepers on the work load of players during small-sided soccer games. **Journal of Human Kinetics**, 50, p. 175-181, 2016.

INGEBRIGTSEN, J.; DALEN, T.; HJELDE, G. H.; DRUST, B. *et al.* Acceleration and sprint profiles of a professional elite football team in match play. **European Journal of Sport Science**, 15, p. 101-110, 2015.

JONES, A. M. Dietary Nitrate Supplementation and Exercise Performance. **Sports Medicine**, 44, n. 1, p. 35-45, 2014/05/01 2014.

JÓWKO, E.; PŁASZEWSKI, M.; CIEŚLIŃSKI, M.; SACEWICZ, T. *et al.* The effect of low level laser irradiation on oxidative stress, muscle damage and function following neuromuscular electrical stimulation. A double blind, randomised, crossover trial. **BMC Sports Sci Med Rehabil**, 11, p. 38, 2019.

KARAHAN, M. Effect of skill-based training vs. small-sided games on physical performance improvement in young soccer players. **Biol Sport**, 37, n. 3, p. 305-312, Sep 2020.

KÖKLÜ, A. Y.; CIHAN, H.; ALEMDAROĞLU, U.; DELLAL, A. *et al.* Acute effects of small-sided games combined with running drills on internal and external loads in young soccer players. p. 11-13, 2020.

KÖKLÜ, Y.; ALEMDAROĞLU, U. Comparison of the Heart Rate and Blood Lactate Responses of Different Small Sided Games in Young Soccer Players. **Sports**, 4, p.

48, 2016.

KÖKLÜ, Y.; ALEMDAROĞLU, U.; ÖZKAN, A.; KOZ, M. *et al.* The relationship between sprint ability, agility and vertical jump performance in young soccer players. **Science & Sports**, 30, n. 1, p. e1-e5, 2015/02/01/ 2015.

KUNZ, P.; ENGEL, F. A.; HOLMBERG, H.-c.; SPERLICH, B. A Meta-Comparison of the Effects of High-Intensity Interval Training to Those of Small-Sided Games and Other Training Protocols on Parameters Related to the Physiology and Performance of Youth Soccer Players. 2019.

LACOME, M.; SIMPSON, B. M.; CHOLLEY, Y.; LAMBERT, P. *et al.* Small-Sided Games in Elite Soccer: Does One Size Fit All? **Int J Sports Physiol Perform**, 13, n. 5, p. 568-576, May 1 2018a.

LACOME, M.; SIMPSON, B. M.; CHOLLEY, Y.; LAMBERT, P. *et al.* Small-Sided Games in Elite Soccer: Does One Size Fit All? **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 13, p. 568-576, 2018b.

LANFERDINI, F. J.; BINI, R. R.; BARONI, B. M.; KLEIN, K. D. *et al.* Improvement of performance and reduction of fatigue with low-level laser therapy in competitive cyclists. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 13, p. 14-22, 2018.

LEAL-JUNIOR, E. C. P.; DE OLIVEIRA, M. F. D.; JOENSEN, J.; STAUSHOLM, M. B. *et al.* What is the optimal time-response window for the use of photobiomodulation therapy combined with static magnetic field (PBMT-sMF) for the improvement of exercise performance and recovery, and for how long the effects last? A randomized, triple-blinded, placebo-controlled trial. **BMC Sports Sci Med Rehabil**, 12, p. 64, 2020.

LEAL-JUNIOR, E. C. P.; LOPES-MARTINS RÁ, B.; BJORDAL, J. M. Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. **Braz J Phys Ther**, 23, n. 1, p. 71-75, Jan-Feb 2019.

LEAL JUNIOR, E. C.; LOPES-MARTINS, R. A.; BARONI, B. M.; DE MARCHI, T. *et al.* Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. **Lasers Med Sci**, 24, n. 6, p. 857-863, Nov 2009a.

LEAL JUNIOR, E. C.; LOPES-MARTINS, R. A.; DE ALMEIDA, P.; RAMOS, L. *et al.* 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**, 108, n. 6, p. 1083-

1088, Apr 2010a.

LEAL JUNIOR, E. C.; LOPES-MARTINS, R. A.; FRIGO, L.; DE MARCHI, T. *et al.* Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to postexercise recovery. **J Orthop Sports Phys Ther**, 40, n. 8, p. 524-532, Aug 2010b.

LEAL JUNIOR, E. C.; LOPES-MARTINS, R. A.; ROSSI, R. P.; DE MARCHI, T. *et al.* Effect of cluster multi-diode light emitting diode therapy (LEDT) on exercise-induced skeletal muscle fatigue and skeletal muscle recovery in humans. **Lasers Surg Med**, 41, n. 8, p. 572-577, Oct 2009b.

LEAL JUNIOR, E. C.; LOPES-MARTINS, R. A.; VANIN, A. A.; BARONI, B. M. *et al.* Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Lasers Med Sci**, 24, n. 3, p. 425-431, May 2009c.

LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. **Anthropometric standardization reference manual**. Human kinetics books, 1988. 0873223314.

LOZANO, D.; LAMPRE, M.; DÍEZ, A.; GONZALO-SKOK, O. *et al.* Global Positioning System Analysis of Physical Demands in Small and Large-Sided Games with Floaters and Official Matches in the Process of Return to Play in High Level Soccer Players. **Sensors**, 20, p. 6605, 2020.

MALTA, E. d. S.; FERRARESI, C.; MONTE, M. G.; DE POLI, R. A. B. *et al.* Effect of 12 Weeks of Endurance Training Combined with Creatine Supplement, Photobiomodulation Therapy, or Both on Performance and Muscle Damage in Rats. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, 38, p. 708-712, 2020.

MCLEAN, S.; KERHERVÉ, H.; LOVELL, G. P.; GORMAN, A. D. *et al.* The effect of recovery duration on vastus lateralis oxygenation, heart rate, perceived exertion and time motion descriptors during small sided football games. **PLoS ONE**, 11, p. 1-17, 2016a.

MCLEAN, S.; KERHERVÉ, H.; NAUGHTON, M.; LOVELL, G. *et al.* The Effect of Recovery Duration on Technical Proficiency during Small Sided Games of Football. **Sports**, 4, p. 39, 2016b.

MEZZAROBA, P. V.; PESSÔA FILHO, D. M.; ZAGATTO, A. M.; MACHADO, F. A. LED session prior incremental step test enhance VO<sub>2</sub>max in running. **Lasers in Medical Science**, 33, n. 6, p. 1263-1270, 2018.

MIRANDA, E. F.; VANIN, A. A.; TOMAZONI, S. S.; DOS SANTOS GRANDINETTI, V. *et al.* Using pre-exercise photobiomodulation therapy combining super-pulsed lasers and light-emitting diodes to improve performance in progressive cardiopulmonary exercise tests. **Journal of Athletic Training**, 51, p. 129-135, 2016a.

MIRANDA, E. F.; VANIN, A. A.; TOMAZONI, S. S.; GRANDINETTI, V. DOS, S. *et al.* Using Pre-Exercise Photobiomodulation Therapy Combining Super-Pulsed Lasers and Light-Emitting Diodes to Improve Performance in Progressive Cardiopulmonary Exercise Tests. **J Athl Train**, 51, n. 2, p. 129-135, Feb 2016b.

MODRIC, T.; VERSIC, S.; SEKULIC, D.; LIPOSEK, S. Analysis of the Association between Running Performance and Game Performance Indicators in Professional Soccer Players. **Int J Environ Res Public Health**, 16, n. 20, Oct 21 2019.

MOLINA CORREA, J. C.; PADOIN, S.; VARONI, P. R.; DEMARCHI, M. C. *et al.* Ergogenic Effects of Photobiomodulation on Performance in the 30-Second Wingate Test. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Publish Ah, p. 1-8, 2020a.

MOLINA CORREA, J. C.; PADOIN, S.; VARONI, P. R.; DEMARCHI, M. C. *et al.* Ergogenic Effects of Photobiomodulation on Performance in the 30-Second Wingate Test: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled, Crossover Study. **J Strength Cond Res**, Aug 12 2020b.

MOREIRA, A.; SALDANHA AOKI, M.; CARLING, C.; ALAN RODRIGUES LOPES, R. *et al.* Temporal Changes in Technical and Physical Performances During a Small-Sided Game in Elite Youth Soccer Players. **Asian Journal of Sports Medicine**, 7, p. 1-8, 2016.

NAMPO, F. K.; CAVALHERI, V.; DOS SANTOS SOARES, F.; DE PAULA RAMOS, S. *et al.* Low-level phototherapy to improve exercise capacity and muscle performance: a systematic review and meta-analysis. **Lasers in Medical Science**, 31, p. 1957-1970, 2016a.

NAMPO, F. K.; CAVALHERI, V.; RAMOS, S. D. P.; CAMARGO, E. A. Effect of low-level phototherapy on delayed onset muscle soreness: a systematic review and meta-analysis. **Lasers in Medical Science**, 31, p. 165-177, 2016b.

NEDERGAARD, N. J.; KERSTING, U.; LAKE, M. Using accelerometry to quantify deceleration during a high-intensity soccer turning manoeuvre. **Journal of Sports Sciences**, 32, p. 1897-1905, 2014.

NEWANS, T.; BELLINGER, P.; DODD, K.; MINAHAN, C. Modelling the Acceleration

and Deceleration Profile of Elite-level Soccer Players. **Int J Sports Med**, 40, n. 5, p. 331-335, May 2019.

NOBARI, H.; KHALILI, S. M.; OLIVEIRA, R.; CASTILLO-RODRÍGUEZ, A. *et al.* Comparison of Official and Friendly Matches through Acceleration, Deceleration and Metabolic Power Measures: A Full-Season Study in Professional Soccer Players. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 18, p. 5980, 2021a.

NOBARI, H.; OLIVEIRA, R.; CLEMENTE, F. M.; ADSUAR, J. C. *et al.* Comparisons of Accelerometer Variables Training Monotony and Strain of Starters and Non-Starters: A Full-Season Study in Professional Soccer Players. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 17, p. 6547, 2020.

NOBARI, H.; PRAÇA, G. M.; CLEMENTE, F. M.; PÉREZ-GÓMEZ, J. *et al.* Comparisons of new body load and metabolic power average workload indices between starters and non-starters: A full-season study in professional soccer players. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology**, 235, p. 105-113, 2021b.

NUNES, N. A.; GONÇALVES, B.; COUTINHO, D.; TRAVASSOS, B. How Numerical Unbalance Constraints Physical and Tactical Individual Demands of Ball Possession Small-Sided Soccer Games. **Frontiers in Psychology**, 11, 2020.

O'CONNOR, K. M.; JOHNSON, C.; BENSON, L. C. The Effect of Isolated Hamstrings Fatigue on Landing and Cutting Mechanics. **J Appl Biomech**, 31, n. 4, p. 211-220, Aug 2015.

OLIVA-LOZANO, J. M.; FORTES, V.; KRUSTRUP, P.; MUYOR, J. M. Acceleration and sprint profiles of professional male football players in relation to playing position. **PLOS ONE**, 15, p. e0236959, 2020.

OLIVA-LOZANO, J. M.; FORTES, V.; MUYOR, J. M. The first, second, and third most demanding passages of play in professional soccer: a longitudinal study. **Biology of Sport**, 38, p. 165-174, 2021.

ORSSATTO, L.; DETANICO, D.; KONS, R. L.; SAKUGAWA, R. L. *et al.* Photobiomodulation Therapy Does Not Attenuate Fatigue and Muscle Damage in Judo Athletes: A Randomized, Triple-Blind, Placebo-Controlled Trial. **Front Physiol**, 10, p. 811, 2019a.

ORSSATTO, L. B. d. R.; DETANICO, D.; KONS, R. L.; SAKUGAWA, R. L. *et al.*

Photobiomodulation Therapy Does Not Attenuate Fatigue and Muscle Damage in Judo Athletes: A Randomized, Triple-Blind, Placebo-Controlled Trial. **Frontiers in Physiology**, 10, p. 1-11, 2019b.

ORSSATTO, L. B. R.; ROSSATO, M.; VARGAS, M.; DIEFENTHAELER, F. *et al.* Photobiomodulation Therapy Effects on Resistance Training Volume and Discomfort in Well-Trained Adults: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. **Photobiomodul Photomed Laser Surg**, 38, n. 12, p. 720-726, Dec 2020.

OSGNACH, C.; POSER, S.; BERNARDINI, R.; RINALDO, R. *et al.* Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. **Med Sci Sports Exerc**, 42, n. 1, p. 170-178, Jan 2010.

OWEN, A. L.; NEWTON, M.; SHOVLIN, A.; MALONE, S. The Use of Small-Sided Games as an Aerobic Fitness Assessment Supplement within Elite Level Professional Soccer. **Journal of Human Kinetics**, 71, p. 243-253, 2020.

PAUL, D. J.; MARQUES, J. B.; NASSIS, G. P. The effect of a concentrated period of soccer-specific fitness training with small-sided games on physical fitness in youth players. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 59, 2019.

PESERICO, C. S.; ZAGATTO, A. M.; MACHADO, F. A. Effects of Endurance Running Training Associated With Photobiomodulation on 5-Km Performance and Muscle Soreness: A Randomized Placebo-Controlled Trial. **Front Physiol**, 10, p. 211, 2019.

PINTO, H. D.; VANIN, A. A.; MIRANDA, E. F.; TOMAZONI, S. S. *et al.* Photobiomodulation Therapy Improves Performance and Accelerates Recovery of High-Level Rugby Players in Field Test: A Randomized, Crossover, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Study. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 30, p. 3329-3338, 2016a.

PINTO, H. D.; VANIN, A. A.; MIRANDA, E. F.; TOMAZONI, S. S. *et al.* Photobiomodulation Therapy Improves Performance and Accelerates Recovery of High-Level Rugby Players in Field Test: A Randomized, Crossover, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Study. **J Strength Cond Res**, 30, n. 12, p. 3329-3338, Dec 2016b.

PORTAS, M. D.; HARLEY, J. A.; BARNES, C. A.; RUSH, C. J. The validity and reliability of 1-Hz and 5-Hz global positioning systems for linear, multidirectional, and soccer-specific activities. **Int J Sports Physiol Perform**, 5, n. 4, p. 448-458, Dec 2010.

POYTON, R. O.; BALL, K. A. Therapeutic photobiomodulation: nitric oxide and a novel

function of mitochondrial cytochrome c oxidase. **Discov Med**, 11, n. 57, p. 154-159, Feb 2011a.

POYTON, R. O.; BALL, K. A. Therapeutic photobiomodulation: nitric oxide and a novel function of mitochondrial cytochrome c oxidase. **Discovery medicine**, 11, p. 154-159, 2011b.

RÁBANO-MUÑOZ, A.; ASIAN-CLEMENTE, J.; DE VILLARREAL, E. S.; NAYLER, J. *et al.* Age-related differences in the physical and physiological demands during small-sided games with floaters. **Sports**, 7, p. 1-9, 2019.

RAMPININI, E.; BISHOP, D.; MARCORÀ, S. M.; FERRARI BRAVO, D. *et al.* Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. **International Journal of Sports Medicine**, 28, p. 228-235, 2007.

REYNOLDS, J.; CONNOR, M.; JAMIL, M.; BEATO, M. Quantifying and Comparing the Match Demands of U18, U23, and 1ST Team English Professional Soccer Players. **Frontiers in Physiology**, 12, p. 2017-2022, 2021.

ROSSATO, M.; DELLAGRANA, R. A.; SAKUGAWA, R. L.; BARONI, B. M. *et al.* Dose-Response Effect of Photobiomodulation Therapy on Muscle Performance and Fatigue During a Multiple-Set Knee Extension Exercise: A Randomized, Crossover, Double-Blind Placebo-Controlled Trial. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, 38, p. 758-765, 2020.

ROSSATO, M.; DELLAGRANA, R. A.; SAKUGAWA, R. L.; LAZZARI, C. D. *et al.* Time Response of Photobiomodulation Therapy on Muscular Fatigue in Humans. **J Strength Cond Res**, 32, n. 11, p. 3285-3293, Nov 2018.

RUSSELL, M.; SPARKES, W.; NORTHEAST, J.; COOK, C. J. *et al.* Changes in Acceleration and Deceleration Capacity Throughout Professional Soccer Match-Play. **J Strength Cond Res**, 30, n. 10, p. 2839-2844, Oct 2016a.

RUSSELL, M.; SPARKES, W.; NORTHEAST, J.; COOK, C. J. *et al.* Changes in Acceleration and Deceleration Capacity Throughout Professional Soccer Match-Play. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 30, p. 2839-2844, 2016b.

SANGNIER, S.; COTTE, T.; BRACHET, O.; COQUART, J. *et al.* Planning Training Workload in Football Using Small-Sided Games' Density. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 00, p. 1, 2018.

SANTOS, L. A. I.; MARCOS, R. L. a.; TOMAZONI, S. S. i.; VANIN, A. A. v. *et al.* Effects of pre-irradiation of low-level laser therapy with different doses and wavelengths in skeletal muscle performance, fatigue, and skeletal muscle damage induced by tetanic contractions in rats. **Lasers in medical science**, 29, p. 1617-1626, 2014.

SEGABINAZI PESERICO, C.; GAROZI, L.; ZAGATTO, A. M.; MACHADO, F. A. Does Previous Application of Photobiomodulation Using Light-Emitting Diodes at Different Energy Doses Modify the Peak Running Velocity and Physiological Parameters? A Randomized, Crossover, Double-Blind, and Placebo-Controlled Study. **Photobiomodul Photomed Laser Surg**, 38, n. 12, p. 727-733, Dec 2020.

SELMI, O.; OUERGUI, I.; LEVITT, D. E.; NIKOLAIDIS, P. T. *et al.* Small-Sided Games are More Enjoyable Than High-Intensity Interval Training of Similar Exercise Intensity in Soccer. **Open Access Journal of Sports Medicine**, Volume 11, p. 77-84, 2020.

SPARKS, M.; COETZEE, B.; GABBETT, T. J. Internal and External Match Loads of University-Level Soccer Players: A Comparison Between Methods. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 31, p. 1072-1077, 2017.

TEDFORD, C. E.; DELAPP, S.; JACQUES, S.; ANDERS, J. Quantitative analysis of transcranial and intraparenchymal light penetration in human cadaver brain tissue. **Lasers Surg Med**, 47, n. 4, p. 312-322, Apr 2015.

TEIXEIRA, C. L.; MEZZAROBA, P. V.; MACHADO, F. A. Effect of Photobiomodulation on Critical Swimming Velocity: A Randomized, Crossover, Double-Blind, and Placebo-Controlled Study. **Int J Sports Physiol Perform**, 16, n. 7, p. 1035-1042, Mar 23 2021.

TOMA, R. L.; OLIVEIRA, M. X.; RENNO, A. C. M.; LAAKSO, E. L. Photobiomodulation (PBM) therapy at 904 nm mitigates effects of exercise-induced skeletal muscle fatigue in young women. **Lasers Med Sci**, 33, n. 6, p. 1197-1205, Aug 2018a.

TOMA, R. L.; OLIVEIRA, M. X.; RENNO, A. C. M.; LAAKSO, E. L. Photobiomodulation (PBM) therapy at 904 nm mitigates effects of exercise-induced skeletal muscle fatigue in young women. **Lasers in Medical Science**, 33, p. 1197-1205, 2018b.

TOMAZONI, S. S.; MACHADO, C.; DE MARCHI, T.; CASALECHI, H. L. *et al.* Infrared Low-Level Laser Therapy (Photobiomodulation Therapy) before Intense Progressive Running Test of High-Level Soccer Players: Effects on Functional, Muscle Damage, Inflammatory, and Oxidative Stress Markers-A Randomized Controlled Trial. **Oxid Med Cell Longev**, 2019, p. 6239058, 2019a.

TOMAZONI, S. S.; MACHADO, C. d. S. M.; DE MARCHI, T.; CASALECHI, H. L. *et al.*

Infrared Low-Level Laser Therapy (Photobiomodulation Therapy) before Intense Progressive Running Test of High-Level Soccer Players: Effects on Functional, Muscle Damage, Inflammatory, and Oxidative Stress Markers—A Randomized Controlled Trial. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, 2019, p. 1-12, 2019b.

TRECROCI, A.; BOCCOLINI, G.; DUCA, M.; FORMENTI, D. *et al.* Mental fatigue impairs physical activity, technical and decision-making performance during small-sided games. **PLoS One**, 15, n. 9, p. e0238461, 2020.

TSAI, S. R.; HAMBLIN, M. R. Biological effects and medical applications of infrared radiation. **J Photochem Photobiol B**, 170, p. 197-207, May 2017.

TSUK, S.; LEV, Y. H.; FOX, O.; CARASSO, R. *et al.* Does Photobiomodulation Therapy Enhance Maximal Muscle Strength and Muscle Recovery? **J Hum Kinet**, 73, p. 135-144, Jul 2020.

VANIN, A. A.; DE MARCHI, T.; TOMAZONI, S. S.; TAIROVA, O. *et al.* Pre-Exercise Infrared Low-Level Laser Therapy (810 nm) in Skeletal Muscle Performance and Postexercise Recovery in Humans, What Is the Optimal Dose? A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Trial. **Photomedicine and Laser Surgery**, 34, p. 473-482, 2016.

VANIN, A. A.; VERHAGEN, E.; BARBOZA, S. D.; COSTA, L. O. P. *et al.* Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. **Lasers in Medical Science**, 33, p. 181-214, 2018.

VARLEY, M.; AUGHEY, R. Acceleration Profiles in Elite Australian Soccer. **International Journal of Sports Medicine**, 34, p. 34-39, 2012.

VASSAO, P. G.; BALDINI, G. S.; VIEIRA, K.; BALAO, A. B. *et al.* Acute Photobiomodulation Effects Through a Cluster Device on Skeletal Muscle Fatigue of Biceps Brachii in Young and Healthy Males: A Randomized Double-Blind Session. **Photobiomodul Photomed Laser Surg**, 38, n. 12, p. 773-779, Dec 2020.

VASSÃO, P. G.; BALDINI, G. S.; VIEIRA, K. V. S. G.; BALÃO, A. B. *et al.* Acute photobiomodulation effects through a cluster device on skeletal muscle fatigue of biceps brachii in young and healthy males: A randomized double-blind session. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, 38, p. 773-779, 2020.

WALDRON, M.; WORSFOLD, P.; TWIST, C.; LAMB, K. Concurrent validity and test-retest reliability of a global positioning system (GPS) and timing gates to assess sprint

performance variables. **Journal of Sports Sciences**, 29, n. 15, p. 1613-1619, 2011/12/01 2011.

WANG, R.; DONG, Y.; LU, Y.; ZHANG, W. *et al.* Photobiomodulation for Global Cerebral Ischemia: Targeting Mitochondrial Dynamics and Functions. **Molecular neurobiology**, 56, p. 1852-1869, 2018.

ZAGATTO, A. M.; DE PAULA RAMOS, S.; NAKAMURA, F. Y.; DE LIRA, F. S. *et al.* 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**, 31, n. 3, p. 511-521, Apr 2016.

ZEIN, R.; SELTING, W.; HAMBLIN, M. R. Review of light parameters and photobiomodulation efficacy: dive into complexity. **J Biomed Opt**, 23, n. 12, p. 1-17, Dec 2018.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A**

## Termo de consentimento livre e esclarecido

**“Fototerapia: efeitos sobre o desempenho e recuperação de atletas de futebol”**

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidar a criança ou adolescente sob sua responsabilidade para participar da pesquisa **“FOTOTERAPIA: EFEITOS SOBRE O DESEMPENHO E RECUPERAÇÃO DE ATLETAS DE FUTEBOL”**, a ser realizada na **UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA**. O objetivo da pesquisa é verificar se a aplicação de luz vermelha sobre os músculos da perna acelera o processo de treinamento, melhorando o desempenho físico e técnico-tático, além de melhorar a recuperação física após o treinamento e jogos de futebol. A participação da criança ou adolescente é muito importante e ela se daria da seguinte forma os participantes recebem aplicação de luz com um aparelho comercial que emite luz vermelha (o aparelho tem a finalidade de ajudar na recuperação de atletas) antes dos treinos que são realizados jogos de campo reduzido. Este tipo de treino gera muito desgaste físico, por isso escolhemos para testar o efeito da luz. Os participantes realizarão testes de saltos, serão questionados em relação ao seu esforço físico para realizar as sessões de treino, a sensação de dor muscular após os treinos. As sessões de treino serão filmadas para análise das ações técnico-táticas, e durante o treino os participantes usarão GPS para verificar o quanto eles se deslocam e qual a velocidade de deslocamento durante o treino. A frequência cardíaca (ritmo de batimento do coração) será avaliada com o uso de um relógio de pulso para esta finalidade, utilizado durante o treino. Os participantes serão monitorados durante 4 semanas. Na segunda etapa do estudo, os participantes receberão a luz vermelha sobre as pernas antes de um jogo. Os participantes realizarão testes de saltos, informarão o nível de dor muscular e serão realizadas coletas de um tubo de sangue (5ml) antes, após e depois de 24 e 48 horas da realização de um jogo de futebol. O sangue será utilizado para verificar se ocorreu inflamação e lesão muscular durante e após o jogo. Os jogos serão filmados e os

participantes usarão GPS para avaliação da distância e velocidade das corridas dos jogadores em campo e para análise do desempenho técnico-tático.

Esclarecemos que a participação da criança ou do adolescente é totalmente voluntária, podendo o(a) senhor(a) solicitar a recusa ou desistência de participação da criança ou do adolescente a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à criança ou adolescente. Esclarecemos, também, que as informações da criança ou do adolescente sob sua responsabilidade serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa (ou para esta e futuras pesquisas) e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a identidade da criança ou do adolescente. As amostras de sangue serão utilizadas apenas neste estudo e descartadas após a análise. As filmagens das partidas serão cedidas para a equipe Junior Team Futebol e nenhum registro será mantido após a conclusão do estudo.

Esclarecemos ainda, que nem o(a) senhor(a) e nem a criança ou adolescente sob sua responsabilidade pagarão ou serão remunerados (as) pela participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente da participação.

Os benefícios esperados são verificar se os atletas de futebol melhoram o desempenho físico e técnico-tático mais rapidamente quando usam a aplicação de luz vermelha durante os treinos ou jogos, e se a aplicação de luz acelera a recuperação física dos atletas após treinos mais intensos e jogos. Quanto aos riscos, informamos que a técnica de aplicação de luz vermelha (fototerapia) não oferece riscos de causar lesão, e é indicada para a finalidade de melhorar a recuperação física de atletas em outras modalidades. Eventuais lesões durante o treinamento dos participantes acontecem durante a prática de futebol, sendo atendidas pela comissão técnica da equipe. A coleta de sangue será realizada por profissional habilitado, podendo ocorrer pequeno hematoma no local da coleta, sendo que imediatamente serão tomadas as providências clínicas e orientações para cicatrização do local. Informamos que esta pesquisa atende e respeita os direitos previstos no Estatuto da Criança e do Adolescente - ECA, Lei Federal nº 8069 de 13 de julho de 1990, sendo eles: à vida, à saúde, à alimentação, à educação, ao esporte, ao lazer, à profissionalização, à cultura, à dignidade, ao respeito, à liberdade e à convivência familiar e comunitária.

Garantimos também que será atendido o Artigo 18 do ECA: “É dever de todos velar pela dignidade da criança e do adolescente, pondo-os a salvo de qualquer tratamento desumano, violento, aterrorizante, vexatório ou constrangedor.”

Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá nos contatar Prof. Solange de Paula Ramos, Rodovia Celso Garcia Cid PR445, Campus Universitário, Departamento de Histologia, telefones: (43) 3371-5499/999024992, ou e-mail: ramossolange@uel.br. Edirley Guimarães de Souza, Rua Ulrico Zuinglio, 320, Apto 1403, telefone (43) 3321-8673/99692-0922, e-mail edirley\_guima@hotmail.com, ou ainda procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao prédio do LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue ao(à) senhor(a).

Londrina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

### **Pesquisadores Responsáveis**

Solange de Paula Ramos Edirley Guimarães de Souza

**RG:64250450**

**RG 6280612-5**

Eu, \_\_\_\_\_ (colocar nome por extenso do responsável pelo participante da pesquisa), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo com a participação voluntária da criança ou do adolescente sob minha responsabilidade na pesquisa descrita acima.

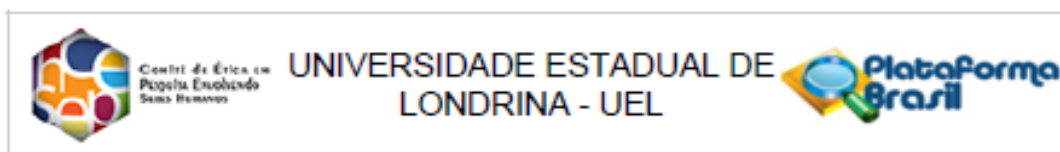
Assinatura (ou impressão dactiloscópica): \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

## ANEXOS

## ANEXO A

### Parecer Consubstanciado do CEP



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** FOTOTERAPIA: EFEITOS DA FOTOTERAPIA SOBRE O DESEMPENHO E RECUPERAÇÃO DE ATLETAS DE FUTEBOL

**Pesquisador:** Edirley Guimarães de Souza

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 23510819.2.0000.5231

**Instituição Proponente:** Departamento de Histologia

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.752.243

##### Apresentação do Projeto:

Projeto do Departamento de Histologia da UEL.

Texto retirado do original protocolado:

A fototerapia é a irradiação dos tecidos vivos com fontes de luz de baixa potência em comprimentos de onda do vermelho ao infravermelho próximo. A terapia promove o aumento da síntese de adenosina trifosfato (ATP) e ativação de vias de sinalização celulares que promovem efeitos antiinflamatórios, anti-oxidantes e estimulam a proliferação celular e síntese proteica. Os efeitos biológicos da fototerapia podem ser benéficos para a melhora do desempenho esportivo, acelerando o processo de adaptação a exercício, inibindo a fadiga e prevenindo o dano muscular induzido por exercício (DMIE). No primeiro estudo a fototerapia será administrada em um curto período de treinamento associado a estratégia de jogos em campo reduzido (JCR) à fim de reduzir a fadiga da sessão e promover melhora na adaptação física e, conseqüentemente, do desempenho técnico-tático. No segundo estudo, os atletas receberão fototerapia antes de partidas amistosas e será avaliado o desempenho em jogo e a redução dos sinais e sintomas de DMIE após a partida.

**Metodologia:** no estudo 1, serão selecionados 32 atletas, divididos em dois grupos: LEDterapia (receberão fototerapia em comprimento de onda de 630nm, 11,5 J/cm<sup>2</sup>, 150 J de energia total distribuídos em 10 pontos nos membros inferiores) e um grupo controle (aplicação do equipamento desligado). Os atletas serão avaliados inicialmente com a escala de percepção de recuperação total (ERT), dor muscular e realizarão um teste de YoYo Intermittent recovery 1 (YoYo

**Endereço:** LABESC - Sala 14

**Bairro:** Campus Universitário

**UF:** PR

**Município:** LONDRINA

**CEP:** 86.057-970

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

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



Centro de Ética em  
Pesquisa Envolvendo  
Serem Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 3.752.243

IR1), testes de sprints de 10,20 e 30 metros, teste de agilidade e testes de saltos verticais com agachamento e contramovimento. A seguir os sujeitos serão submetidos a um período de treinamento de 4 semanas, com a inserção e duas sessões semanais de JCR (4X4, sem goleiros) associado a aplicação ou não de fototerapia antes da sessão. Antes de cada sessão os sujeitos responderão a ERT e a escala de dor de acometimento tardio (DAT). As sessões de JCR serão monitoradas com GPS, cardiofrequencímetros e filmagens para avaliação das distâncias percorridas, cálculo de carga mecânica e avaliação de desempenho técnico. Após cada sessão de treino diário, os atletas serão questionados quanto a Percepção Subjetiva de Esforço (PSE).

Após as 4 semanas de treino, os testes de YoYo IR1, agilidade, sprints e saltos verticais serão repetidos. No segundo estudo, dez atletas receberão fototerapia antes de seis jogos oficiais, com oponentes de nível competitivo semelhante, e serão monitorados com GPS e filmagem durante o jogo. Um dia antes do jogo, imediatamente após, 24, 48 e 72 horas, os atletas serão submetidos a testes de saltos verticais, análise de DAT e coletas sanguíneas. As amostras de sangue serão utilizadas para dosagem de creatina quinase, mediadores inflamatórios (interleucinas 1beta, 6, 10, 12, fator de necrose tumoral alfa e proteína C reativa) e para determinação de indicadores de estresse oxidativo (catalase, superóxido desmutase, mieloperoxidase, malondialdeído, proteínas carbonílicas e produtos avançados da oxidação de proteínas). A distribuição dos dados será avaliada com teste de D'Agostino Pearson (estudo 1) e Kolmogorov-Smirnov (estudo 2). Os dados serão tratados com ANOVA two-way considerando como fatores o tempo e a intervenção. Diferenças intra-grupos serão avaliadas com teste T pareado ou teste de Wilcoxon. A análise de regressão linear multivariada será utilizada para determinação dos fatores que contribuíram para a melhora do desempenho no estudo 1. Diferenças serão consideradas verdadeiras se  $P < 0.05$ . Será realizada uma inferência baseada em efeitos por meio do procedimento de Hopkins e colaboradores. A hipótese de estudo é que a fototerapia pode ser um método com propriedades ergogênicas em treinos e jogos, além de acelerar o processo de adaptação física e funcionar como método de recuperação.

#### Objetivo da Pesquisa:

Texto retirado do original protocolado:

Objetivo Primário:

Avaliar o efeito da fototerapia como método ergogênico e de recuperação sobre o desempenho físico e técnico-tático de atletas de futebol.

Objetivo Secundário:

Avaliar o efeito da fototerapia sobre o desempenho físico e técnico-tático em sessões de

Endereço: LABEBC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

CEP: 86.057-970

UF: PR Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br



Centro de Ética em  
Pesquisa Envolvendo  
Serem Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 3.752.243

treinamento com jogos de campo reduzido em atletas de futebol. Avaliar o efeito da fototerapia sobre a adaptação física de atletas de futebol submetidos a um período de treinamento utilizando estratégias de jogos em campo reduzido.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Texto retirado do original protocolado:

##### **Riscos:**

Os riscos são aqueles eminentes a prática do futebol, como lesões musculares e articulares, entorses e contusões provocadas por choques entre jogadores. Caso algum atleta venha se lesionar será encaminhado imediatamente a um médico que fará uma avaliação e tomará as medidas necessárias. A técnica de aplicação de luz vermelha (fototerapia) não oferece riscos de causar lesão, e é indicada para a finalidade de melhorar a recuperação física de atletas em outras modalidades. A coleta de sangue será realizada por profissional habilitado, podendo ocorrer pequeno hematoma no local da coleta, sendo que imediatamente serão tomadas as providências clínicas e orientações para cicatrização do local.

##### **Benefícios:**

Os benefícios são um melhor desempenho nos treinamentos, e como consequência aumento na capacidade física do atleta, permitindo que o rendimento nas partidas seja melhor.

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

...

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

- Folha de Rosto devidamente assinada.
- TCLE apresentado na forma de convite, com todos os elementos obrigatórios conforme Resolução CNS 466/2012.
- Termo de Assentimento apresentado corretamente.
- Declaração de concordância apresentada corretamente, tanto da Junior Team Futebol, quanto da médica Ericka Arrazola Lopez.
- Cronograma corretamente apresentado, com coleta a iniciar dia 13/01/2020.
- Orçamento corretamente apresentado, no valor de R\$ 84.077,50 e financiamento próprio, explicando que boa parte do material já faz parte do laboratório.

#### **Recomendações:**

...

Endereço: LABEGC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

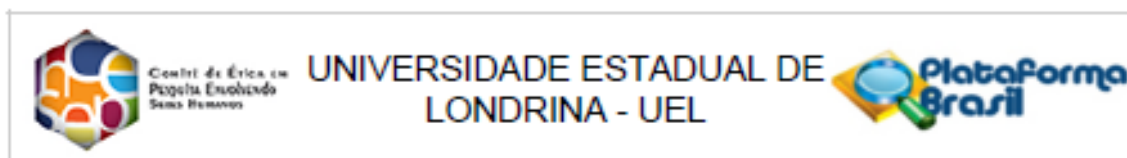
UF: PR

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-970

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 3.752.243

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

As pendências solicitadas foram providenciadas com clareza e precisão.

#### Considerações Finais a critério do CEP:

Prezado(a) Pesquisador(a),

Este é seu parecer final de aprovação, vinculado ao Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina. É sua responsabilidade apresentá-lo aos órgãos e/ou instituições pertinentes.

Ressaltamos, para início da pesquisa, as seguintes atribuições do pesquisador, conforme Resolução CNS 466/2012 e 510/2016:

A responsabilidade do pesquisador é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais, cabendo-lhe:

- conduzir o processo de Consentimento e de Assentimento Livre e Esclarecido;
- apresentar dados solicitados pelo sistema CEP/CONEP a qualquer momento;
- desenvolver o projeto conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção;
- elaborar e apresentar os relatórios parciais e final;
- manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa;
- encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores e pessoal técnico integrante do projeto;
- justificar fundamentadamente, perante o sistema CEP/CONEP, interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Coordenação CEP/UEL.

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

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1285435.pdf	01/12/2019 22:33:41		Aceito
Declaração de Pesquisadores	DECLARACAO_PARTICIPACAO_ERICKA.pdf	01/12/2019 22:33:16	Edirley Guimarães de Souza	Aceito
Orçamento	despesas_novo.docx	27/11/2019	Edirley Guimarães	Aceito

Endereço: LABEBC - Sala 14  
 Bairro: Campus Universitário CEP: 86.057-970  
 UF: PR Município: LONDRINA  
 Telefone: (43)3371-5455 E-mail: cep268@uel.br



Centro de Ética em  
Pesquisa Envolvendo  
Seres Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 3.752.243

Orçamento	despesas_novo.docx	17:11:54	de Souza	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	roteiro_projeto_pesquisa_CEPE.docx	27/11/2019 17:10:47	Edirley Guimarães de Souza	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_ASSENTIMENTO.doc	27/11/2019 17:10:04	Edirley Guimarães de Souza	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_NOVO.doc	27/11/2019 17:09:54	Edirley Guimarães de Souza	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	15/10/2019 10:23:05	Solange de Paula Ramos	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao.pdf	29/01/2019 10:46:31	Solange de Paula Ramos	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

LONDRINA, 09 de Dezembro de 2019

---

**Assinado por:**  
**Osvaldo Coelho Pereira Neto**  
**(Coordenador(a))**

Endereço: LABECC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

CEP: 86.057-970

UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br