

**TIAGO MARTINS COELHO**

**EFEITO DO USO DA CALÇA IMPREGNADA COM  
BIOCERÂMICA ASSOCIADA À CRIOTERAPIA NA  
RECUPERAÇÃO MUSCULAR APÓS UM JOGO SIMULADO  
EM ATLETAS DE FUTEBOL AMADOR**

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Biodinâmica do Desempenho Humano.

Orientador: Prof. Dr. Luiz  
Guilherme Antonacci Guglielmo

**FLORIANÓPOLIS  
2017**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Coelho, Tiago Martins  
EFEITO DO USO DA CALÇA IMPREGNADA COM  
BIOCERÂMICA ASSOCIADA A CRIOTERAPIA NA RECUPERAÇÃO  
MUSCULAR APÓS UM JOGO SIMULADO EM ATLETAS DE FUTEBOL  
AMADOR / Tiago Martins Coelho ; orientador, Luiz  
Guilherme Antonacci Gugliemo, 2017.  
92 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Santa Catarina, Centro de Desportos, Programa de Pós  
Graduação em Educação Física, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Educação Física. 2. Recuperação muscular. 3.  
Biocerâmica. 4. Crioterapia. 5. Futebol. I.  
Gugliemo, Luiz Guilherme Antonacci. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de  
Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

**TIAGO MARTINS COELHO**

**EFEITO DO USO DA CALÇA IMPREGNADA COM  
BIOCERÂMICA ASSOCIADA À CRIOTERAPIA NA  
RECUPERAÇÃO MUSCULAR APÓS UM JOGO SIMULADO  
EM ATLETAS DE FUTEBOL AMADOR**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de “Mestre em Educação Física” e foi aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 16 de fevereiro de 2017.

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação Física

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo  
Universidade Federal de Santa Catarina  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Daniel Fernandes Martins  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Prof. Dr. Ricardo Dantas de Lucas  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dr. Juliano Fernandes da Silva  
Universidade Federal de Santa Catarina



## AGRADECIMENTOS

A palavra “Obrigado” está tão banalizada e sem o devido valor quanto as expressões “Desculpa”, “Te amo”, “Eu prometo” e outras mais que ouvimos no dia a dia, que deixa esta seção do trabalho parecendo meramente formalidade e clichê. Antes de qualquer coisa preciso deixar claro, quem estiver lendo e já concluiu esta etapa da formação sabe, mas quem ainda não passou por essa jornada precisa saber, que não tem como fazer tudo sozinho. Então fica aqui o meu muito obrigado à todos que sabem que foram importantes e que contribuíram para o meu crescimento, antes de tudo pessoal, e profissional.

Em especial agradeço a minha força de vontade e a Deus, por me dar saúde e uma família única, colegas incansáveis, professores inspiradores e amigos duradouros. A minha esposa/amiga e eterna companheira Priscila, agradeço pela paciência e apoio intermináveis, e a minha filha Laura, por me motivar e me fazer cada dia uma pessoa melhor, tenho a dizer-lhes: “Conseguimos!”. Aos meus pais, Leco e Cláudia, que sempre me incentivaram a buscar mais, me orientaram quanto as escolhas e me passaram o “bastão” melhor do que receberam, e por crescer ouvindo minha mãe dizer: “Eu te fiz pra vencer e não ser vencido, não ter medo de nada nem de ninguém, por que querer é poder!”. Além de terem me dado irmãos (que considero filhos – Lucas e Diego), estes que sempre souberam ser especiais na minha vida, tenho a dizer: ”Obrigado por eu fazer parte desta família!”

Ao Prof. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo devo um sincero obrigado por ter me dado a oportunidade de ingressar no programa, por pouco me conhecer e mesmo assim ter apostado que eu poderia ser um bom aluno, mesmo morando e trabalhando em Itajaí: “Espero ter correspondido”.

Deixo por escrito o que em muitas oportunidades falei ao meu colega, amigo e “co-orientador” Prof. Renan Felipe Hartmann Nunes: “Obrigado pela força”. E a minha colega Marília Calvalcante Serpa, que incansavelmente centrifugou, separou e levou as amostras de sangue ao Hospital Universitário: “Mais uma vez, obrigado”.

Sou muito grato a todos os atletas da equipe universitária de futebol da UFSC que foram extremamente comprometidos e flexíveis em atender todas as necessidades do estudo, e a comissão técnica da equipe, composta pelos futuros professores Gabriel, Fábio e Felipe, dirigidas pelo atencioso Prof. Juliano Fernandes da Silva.

Às enfermeiras e agora amigas, Rita, Margot e Franciele que se dispuseram a vir de Itajaí todos os dias das coletas em troca de **apenas**

uma declaração de participação no estudo, mostrando que ainda existem pessoas que fazem “favores” sem esperar algo em troca: “Obrigado de coração”.

Aos meus colegas PC, Rafael, Pablo, Daiane, Telmo, Lucas Garcia, Pablo, Cristiano, Anderson, Ortiz, Fran e Naiandra e demais membros do LAEF, e aos nossos “co-irmãos” do BIOMECC, agradeço pelos auxílios e pelas várias pequenas orientações e discussões, não só durante o período do mestrado, mas também quando apenas eu era aluno especial: “Valeu gurizes e gurizas!”.

Agradeço também a disponibilidade do Prof. Daniel Fernandes Martins em agregar conhecimentos específicos de sua área em nosso trabalho e a confiança depositada, por ele e pelo Prof. Francisco Cidral Filho, e em nosso grupo de pesquisas para desenvolver estudos utilizando a marca BioPower®. Além de não esquecer de forma alguma a ajuda dos muito solidários Prof. Lorival José Carminatti, Prof. Ricardo Dantas de Lucas e Prof. Tiago Cetolin.

Por fim, em menor grau, agradeço ao sistema, que mesmo sendo muito falho e corrupto, ainda proporciona que estejamos nos capacitando sem nenhum investimento financeiro direto. Sendo composto por seres humanos como nos, que mostram que as pessoas fazem a total diferença nas instituições públicas, por isso: “Obrigado Dona Rose, Seu João, “Toninho”, e demais professores da UFSC”.

“Até breve...”

## RESUMO

**Introdução:** A alta demanda do futebol e as suas ações excêntricas geram dano muscular evidenciados nos marcadores sanguíneos e de desempenho. Assim, é essencial reestabelecer a homeostase do organismo antes de um novo estímulo a fim de evitar lesões, *overtraing*, e acelerar a recuperação. **Objetivo:** Analisar os efeitos da calça impregnada com biocerâmica e da crioterapia na recuperação muscular após um jogo simulado em jogadores de futebol amador. **Método:** Participaram do estudo 33 atletas universitários de futebol do sexo masculino ( $22,24 \pm 3,6$  anos;  $72,3 \pm 9,6$  Kg;  $176,9 \pm 7,2$  m;  $12,4 \pm 3,0$  % gordura; Pico de Velocidade no teste de Carminatti =  $15,5 \pm 0,9$  km/h;  $FC_{\text{máx}} = 193,3 \pm 8,5$  bpm) randomizados em 4 grupos – controle (GC), biocerâmica (GB) (6 a 8 h), crioterapia (GCr) (10 min/10°C) e crioterapia+biocerâmica (GCrB) (10 min/10°C + 6 a 8 h). Dor muscular de início tardio (DMIT), creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), *Squat Jump* (SJ), *counter movement jump* (CMJ) e *sprints* (20 m) foram realizados antes (basal), 24 horas e 48 horas após o modelo de jogo simulado. Os atletas foram submetidos a seu respectivo método/tratamento de recuperação após um jogo de 90 min. As demandas da partida foram analisadas por meio da distância total percorrida, *sprints*,  $FC_{\text{média}}$  e percepção subjetiva de esforço (PSE). **Resultados:** Houve diferença estatística para o *sprint* ( $F = 6,613$ ;  $p < 0,05$ ), SJ ( $F = 13,327$ ;  $p < 0,05$ ), CMJ ( $F = 4,876$ ;  $p < 0,05$ ), CK ( $F = 21,216$ ,  $p < 0,05$ ), LDH ( $F = 11,649$ ,  $p < 0,05$ ), DMIT quadríceps ( $F = 3,793$ ;  $p < 0,05$ ) e ísquios-tibiais ( $F = 21,387$ ;  $p = 0,05$ ) em relação ao tempo, permanecendo alterados em relação aos valores basais para todos os grupos até 48h. A análise da inferência baseada na magnitude para o tempo do *sprint* demonstrou que os valores reportados no GB foram *possivelmente* maiores (mais lento) em 48h que no GC, para a altura do SJ os valores do GCrB foram *possivelmente* maiores em 24h que os do GC e *possivelmente* menores em 48h que os do GCr. Já para a altura do CMJ, os valores do GCrB foram *provavelmente* maiores em 24h que os do GC e *possivelmente* menores em 48h que os do GB e os do GCr. Para a CK, os valores do GB foram *provavelmente* maiores em 24h e em 48h que os do GC, *provavelmente* maiores no GCrB em 24h e 48h que no GC, *provavelmente* menores no GCr em 48h que no GB e  *muito provavelmente* maiores no GCrB em 24h e *provavelmente* maiores em 48h que no GCr. Para o LDH, os valores para o GCr foram *provavelmente* maiores em 24h que os do GC e *provavelmente* menores em 48h que os do GB, *provavelmente* menores no GCrB em 24h, porém *provavelmente* maiores em 48h que no GCr, e para a DMIT do quadríceps as análises

demonstraram que os valores do GCrB foram *provavelmente* maiores em 48h que no GC e no GCr. **Conclusão:** Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que após um jogo simulado de futebol a associação da biocerâmica com a crioterapia não foi capaz de acelerar a recuperação dos atletas durante esse período.

**Palavra-chave:** recuperação muscular, biocerâmica, crioterapia, dano muscular, futebol.



## ABSTRACT

**Introduction:** The high demand of football and its eccentric actions generate muscle damage evidenced in blood markers and performance. Thus, it is essential to reestablish the body's homeostasis prior to a new stimulus in order to avoid injury and overtraining, as well as to accelerate the recovery of performance. **Objective:** Analyze the effects of bioceramic impregnated pants and cryotherapy on muscle recovery after a simulated game in amateur soccer players. **Method:** Participants were 33 amateur male soccer players ( $22.24 \pm 3.6$  years,  $72.3 \pm 9.6$  Kg;  $176.9 \pm 7.2$  m;  $12.4 \pm 3.0$  %gordura; Speed Peak in the Carminatti test =  $15.45 \pm 0.9$  km/h;  $HR_{\text{máx}} = 193.27 \pm 8.5$  bpm), were randomized into 4 groups: control (GC), bioceramic (GB) (6 to 8 h), cryotherapy (GCr) (10min./10°C) and cryotherapy + bioceramic (GCrB) (10 min/10°C + 6 to 8 h). Delayed-onset muscle soreness (DMOS), creatine kinase (CK), lactate dehydrogenase (LDH), squat jump (SJ), counter movement jump (CMJ) and sprints (20 m) were measured before (base), 24h and 48h after of simulated game model. The athletes were submitted to their respective recovery method/treatment after game of 90 min. The demands of the match were analyzed by means of the total distance traveled, sprints,  $HR_{\text{average}}$  and subjective perception of effort (SPE). **Results:** There was a statistical difference in the markers of sprint muscle damage ( $F = 6.613$ ,  $p < 0.05$ ), SJ ( $F = 13.327$ ,  $p < 0.05$ ), CMJ ( $F = 4.876$ ,  $p < 0.05$ ) ( $F = 21.67$ ,  $p < 0.05$ ), DMOS quadriceps ( $F = 3.793$ ,  $p < 0.05$ ) and hamstrings ( $F = 21.387$ ; = 0.05) in relation to time, remaining altered from baseline for all groups up to 48h. Magnitude based inference analyses on the sprint time showed that the values reported in GB were *possible* higher (slower) in 48h than in GC, by the SJ the GCrB values were *possible* higher in 24h than in GC and *possible* lower in 48h than in GCr. At the CMJ, GCrB values were *likely* higher in 24h than in GC and *possible* lower in 48h than GB and GCr. For CK, GB values were *likely* higher in 24h and 48h than in GC, *likely* higher in GCrB in 24h and 48h than in GC, *likely* lower in GCr in 48h than in GB and *very likely* higher in GCrB in 24h and *likely* higher in 48h than in GCr. For LDH, values for GC were *likely* higher in 24h than GC and *likely* lower in 48h than GB, *likely* lower in GCrB at 24h, but *likely* higher in 48h than in GCr, and for quadriceps DMOS the analyzes showed that GCrB values were *likely* higher in 48h than in GC and GCr. **Conclusion:** Based on the results, it can be concluded that after a simulated football game the association of bioceramic with cryotherapy was not able to accelerate recovery of athletes during this period.

**Key words:** recovery methods, bioceramic, cryotherapy, muscle damage, soccer.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Delineamento do estudo.....	38
<b>Figura 2</b> – Esquema ilustrativo do T-CAR.....	41
<b>Figura 3</b> – Escala 0-10 de Foster.....	43
<b>Figura 4</b> – Variação dos marcadores de desempenho muscular nos diferentes grupos.....	50
<b>Figura 5</b> - Variação dos marcadores sanguíneos nos diferentes grupos.....	52
<b>Figura 6</b> - Comportamento da dor muscular de início tardio (DMIT) nos diferentes grupos.....	53
<b>Figura 7</b> - Escala Visual Análoga.....	83



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Características antropométricas e do teste máximo dos atletas.....	47
<b>Tabela 2</b> – Caracterização das cargas internas e externas do jogo simulado.....	48
<b>Tabela 3</b> – Efeito dos diferentes tratamentos nos marcadores de desempenho muscular.....	49
<b>Tabela 4</b> – Efeito dos diferentes tratamentos nos marcadores sanguíneos.....	51



## LISTA DE SIGLAS

CCI – crioterapia de corpo inteiro  
CMJ - *counter movement jump*  
CK – creatina quinase  
CVM - máxima contração voluntária  
DJ – *drop jump*  
DMIT - dor muscular de início tardio  
EIL - emissores de infravermelhos longo  
EVA - escala visual analógica  
FC – frequência cardíaca  
FC<sub>máx</sub> – frequência cardíaca máxima  
FC<sub>méd</sub> – frequência cardíaca média  
FIFA - Federação Internacional de Futebol Associados  
GB – grupo biocerâmica  
GC – grupo controle  
GCr – grupo crioterapia  
GCrB – grupo crioterapia + biocerâmica  
GPS - sistema de posicionamento global  
IAF - imersão em água fria  
IAT – imersão em água ternoneutra  
LDH - lactato desidrogenase  
MBEIL - materiais biocerâmicos emissores de infravermelho longo  
MT - Melhor tempo  
PV – pico de velocidade  
SJ - *squat jump*  
T-CAR – teste de Carminatti  
TNF- $\alpha$  – fator de necrose tumoral *alfa*





## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	19
1.1 Contextualização do problema.....	19
1.2 Objetivos.....	22
1.2.1 Objetivo geral.....	22
1.2.2 Objetivos específicos.....	22
1.3 Definição das hipóteses.....	23
1.4 Justificativa.....	23
1.5 Definição das variáveis.....	25
1.6 Definição de termos.....	26
1.7 Delimitação do estudo.....	26
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	27
2.1 Fisiologia do dano muscular.....	27
2.2 Marcadores de dano muscular.....	29
2.3 Métodos/Tratamentos de recuperação muscular.....	31
2.3.1 Crioterapia.....	32
2.3.2 Materiais biocerâmicos emissores de infravermelho longo.....	34
<b>3. MATERIAL E MÉTODO</b> .....	37
3.1 Características da pesquisa.....	37
3.2 Sujeitos da pesquisa.....	37
3.3 Instrumentos de medida.....	38
3.3.1 Obtenção das variáveis antropométricas.....	38
3.3.2 Obtenção das variáveis de desempenho muscular.....	39
3.3.3 Obtenção das variáveis bioquímicas.....	33
3.3.4 Obtenção da variável de dor muscular de início tardio.....	39
3.4 Coleta de dados.....	40
3.5 Procedimentos para coleta de dados.....	40
3.5.1 Avaliação antropométrica.....	40
3.5.2 Teste de Carminatti.....	41
3.5.3 Marcadores de desempenho muscular.....	41
3.5.4 Coletas sanguíneas.....	42
3.5.5 Modelo de dano muscular.....	42
3.5.5.1 Caracterização da carga externa e interna.....	42
3.5.6 Tratamentos/métodos de recuperação.....	44
3.6 Tratamento estatístico.....	44
<b>4. RESULTADOS</b> .....	47
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	55
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	67

<b>7. LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO A - Escala Visual Analógica.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO B - Parecer Consubstanciado do CEP.....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....</b>	<b>89</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização do problema

A recuperação muscular é parte integrante do processo de adaptação durante os treinamentos e essencial a manutenção do desempenho após jogos dentro de uma temporada, por isso deve ser bem controlada e entendida, de modo que proporcione ao atleta competir em ótimo estado e diminuir os riscos de possíveis lesões por excesso de carga. Estudos em esportes individuais, como o tênis (DUFFIELD et al., 2014; KOVACS; BAKER, 2014) e o automobilismo (NIEMAN et al., 2013), e em esportes coletivos como o basquetebol (BRUNELLI et al., 2014), o voleibol (FREITAS et al., 2015; JUNIOR et al., 2011), o futsal (DE SOUZA et al., 2010; FREITAS, V. H. et al., 2014; MOREIRA et al., 2015) e o futebol (ASCENSÃO et al., 2011; ASCENSÃO et al., 2008; ELIAS et al., 2013; MOHR et al., 2016; ROWSELL et al., 2011) reforçam essa tendência de melhor compreender, monitorar e interferir nas repostas da recuperação após um esforço físico.

Diante deste cenário, a utilização de métodos/tratamentos que acelerem esse processo tornou-se de suma importância para alcançar e manter os melhores resultados. Atualmente a literatura científica tem utilizado vários métodos como estratégia para promover uma recuperação mais acentuada, como crioterapia (LEEDER, et al., 2011; LEEDER et al., 2015), contraste (DE NARDI et al., 2011; ELIAS et al., 2013), massagem (DELEXTRAT et al., 2013), exercícios ativos (ANDERSSON et al., 2008), suplementação de proteína (COOKE et al., 2009), meias de compressão (BIEUZEN et al., 2014) e recentemente materiais biocerâmicos emissores de infravermelho longo (MBEIL) (LOTURCO; ABAD; NAKAMURA, 2016).

Diversos estudos tem mostrado que exercícios de alta intensidade, que incluem ações excêntricas, rompem a homeostase do organismo e causam danos musculares (BERTON et al., 2012), aumentando o risco de lesões e infecções (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2008), e podendo provocar em alguns casos a síndrome de *overtraining* (BILLAT et al., 1999; HOOPER et al., 1995; SMITH, 2004). Os danos causados as fibras musculares e/ou ao tecido conjuntivo pelo exercício podem ser evidenciados de forma direta (BRENTANO; MARTINS, 2011), por meio de biópsia muscular ou ressonância magnética (MACALUSO; ISAACS; MYBURGH, 2012), e indireta, através de marcadores sanguíneos, de desempenho e de dor muscular de início tardio (DMIT) (ASCENSÃO et al., 2011; BERTON et al., 2012;

LEEDER, J. D. et al., 2015; WHITE; RHIND; WELLS, 2014). No futebol, um esporte caracterizado como intermitente acíclico, com movimentos específicos como corridas, saltos e chutes (DA SILVA et al., 2009), após um jogo com duração de 90 minutos, os atletas apresentaram diminuição de rendimento para os marcadores de desempenho (*Sprint* e Contração Voluntária Máxima - CVM) e valores aumentados quanto aos marcadores sanguíneos (creatina quinase (CK) e estresse oxidativo) por até 72h do fim da partida (ASCENSÃO et al., 2008), demonstrando que o futebol é um esporte no qual há diminuição de performance e indicativos de que haja dano muscular.

O exercício físico gera uma série de efeitos de caráter agudo, reação transitória ao estresse, e crônico, respostas adaptativas e maior tolerância ao estresse, para o organismo, exigindo respostas de diversos sistemas, dentre eles o imunológico é solicitado e possui um importante papel no reparo dos tecidos lesados (ROSA; VAISBERG, 2002). A primeira linha de defesa do sistema imunológico é a resposta inflamatória aguda (FORTE, 2007), que é composta por uma ativação em cascata de uma série de células, dentre elas os neutrófilos e os macrófagos, que são células fagocitárias, (DA SILVA; MACEDO, 2011), além das citocinas sinalizadoras (CRUVINEL et al., 2010; SMITH, 2000). A partir da inflamação aguda dar-se-á o processo de reparo muscular (DA SILVA; MACEDO, 2011), que pode ser dividido em uma fase degenerativa seguida de uma fase regenerativa, e uma terceira fase de remodelamento dos tecidos (SMITH, 2004). No entanto, o exercício físico e a própria resposta inflamatória aguda podem contribuir para o aumento do estresse oxidativo em outras células secundárias, principalmente pela peroxidação lipídica, oxidação de proteínas e dano ao DNA (AMORIM; TIRAPEGUI, 2008; ASCENSÃO et al., 2008; CRUZAT et al., 2007; MCARDLE et al., 2008; PYNE, 1994).

Partindo deste pressuposto, é notável a preocupação e importância dada por muitos estudos em entender os processos do restabelecimento da homeostase do organismo, tanto em atletas (ASCENSÃO et al., 2011; LEEDER et al., 2015) como em sujeitos fisicamente ativos (BERTON et al., 2012; WHITE et al., 2014), antes da aplicação de um novo estímulo. Existem métodos/tratamentos para acelerar a recuperação muscular bem descritas na literatura (PASTRE et al., 2009), dentre eles, a crioterapia tem sido amplamente abordada em estudos que objetivam encontrar estratégias para acelerar a recuperação do organismo entre um estímulo e outro (ASCENSÃO et al., 2011; LEEDER et al., 2015; ROWSELL et al., 2011; WHITE et al., 2014; WHITE; WELLS, 2013). A imersão em água fria (IAF) é a forma mais

utilizada de crioterapia na literatura (WHITE; WELLS, 2013), e estudos tem mostrado efeitos positivos em relação à dor muscular de início tardio (LEEDER et al., 2015), diminuição da resposta inflamatória (proteína C – reativa) e benefícios para os marcadores de desempenho muscular (*Counter movement jump* (CMJ), *drop jump* (DJ) e CVM) (ABAÏDIA et al., 2016; ASCENSÃO et al., 2011; WHITE et al., 2014; WHITE; WELLS, 2013).

Com o avanço da tecnologia outro recurso que tem recebido atenção dos pesquisadores da área da saúde são os emissores de infravermelho longo (EIL). Além de formas tradicionais de emissão desse tipo de radiação (saunas e lâmpadas), recentemente peças de vestuário tem sido fabricadas com fibras impregnadas com um material biocerâmico capaz de emitir infravermelho longo (VATANSEVER; HAMBLIN, 2012), o qual vem apresentando características analgésicas (MARTINS, 2014).

Estudos com materiais biocerâmicos emissores de infravermelho longo (MBEIL) veem sendo desenvolvidos em modelos animais (EMER et al., 2014) e em humanos com doenças crônicas, apresentando resultados eficazes para o tratamento de osteoartrite (BAGNATO et al., 2012), fibromialgia (DOS SANTOS, 2006), redução dos perímetros corporais (CONRADO; MUNIN, 2013), além de apresentar melhoras para as respostas antioxidantes (ânion superóxido) (LIN, CHUN-CHIH; LEE; LUNG, 2013) e inflamatórias (LEUNG et al., 2012). Estudos realizados com humanos após o exercício físico, demonstraram que os MBEIL podem reduzir o consumo de oxigênio durante o exercício submáximo na esteira e o gasto energético em repouso (LEUNG et al., 2013), além de diminuir a DMIT (LOTURCO et al., 2016).

É importante ressaltar que apenas um estudo do nosso conhecimento utilizou a crioterapia e a emissão de infravermelho longo como métodos de recuperação após o exercício físico. Hausswirth et al. (2011) compararam o efeito isolado da crioterapia de corpo inteiro (CCI), da emissão de infravermelho longo (EIL – lâmpadas) e da recuperação passiva em corredores bem treinados após uma corrida simulada composta por descidas e subidas, e encontraram benefícios em ambos os métodos. A crioterapia recuperou a capacidade de CVM, a percepção de dor e de cansaço em 1h após o exercício, enquanto a EIL recuperou a CVM em 24h e a dor em 48h, não sendo capaz de modificar a recuperação na escala subjetiva de cansaço. Em suma ambos os métodos modificaram as respostas da recuperação quando comparados com a recuperação passiva.

A partir dos estudos supracitados e dos efeitos vasoconstrutores da crioterapia, que incluem a redução do edema, do hematoma e da dor, por meio de uma resposta inflamatória atenuada devido a diminuição da permeabilidade do sangue pelos vasos linfáticos (BAILEY et al., 2007; SWENSON; SWÄRD; KARLSSON, 1996), e dos efeitos vasodilatadores da biocerâmica, os quais estão relacionados com o aumento da temperatura e do influxo sanguíneo no local (YANG et al., 2010), devido ao aumento da produção de óxido nítrico (NO) pelas células endoteliais (PARK et al., 2013), espera-se que o somatório desses dois diferentes mecanismos fisiológicos possam vir a potencializar a recuperação muscular. Além disso, nota-se a ausência de estudos com materiais biocerâmicos com o intuito de acelerar a recuperação muscular com base nos marcadores indiretos de dano muscular em atividades acíclicas, como é o caso do futebol, além de modelos que possam combinar os materiais biocerâmicos com outro método/tratamento de recuperação. Desta forma, ambos os métodos poderiam atenuar o processo inflamatório e vir a acelerar a recuperação muscular.

Assim sendo, surgiu o seguinte problema de pesquisa: O uso da calça impregnada com biocerâmica associada à crioterapia acelera a recuperação muscular em atletas de futebol amador após um jogo simulado?

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar os efeitos da calça impregnada com biocerâmica e da crioterapia na recuperação muscular após um jogo simulado em atletas de futebol amador.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Analisar a demanda da carga interna ( $FC_{média}$ , PSE) e da carga externa (Distância total percorrida, Distância percorrida  $\geq 20$ km/h) do jogo simulado;

Analisar o comportamento do desempenho muscular de membros inferiores (SJ, CMJ e *Sprint*) antes e depois do jogo simulado entre os grupos;

Analisar as respostas bioquímicas (CK e LDH) antes e depois (logo após, 24h e 48h) do jogo simulado entre os grupos;

Analisar os valores dos marcadores de DMIT antes e depois (logo após, 24h e 48h) do jogo simulado entre os grupos.

### 1.3 Definição das hipóteses

H I: Haverá diferença significativa nas variáveis de desempenho (SJ, CMJ, *Sprint* e DOMIT) e sanguíneas (CK, LDH) dos valores basais para os valores pós jogo.

H II: O grupo que utilizar a calça impregnada com biocerâmica associada a crioterapia terá os melhores resultados quanto aos marcadores de desempenho (*Sprint*, SJ e CMJ) em relação aos demais grupos.

H III: Os grupos que utilizarem crioterapia terão menores concentrações séricas de CK e LDH em relação aos demais grupos.

H IV: Os grupos que utilizarem a calça impregnada com biocerâmica e a crioterapia terão um menor grau de dor muscular de início tardio (DOMIT) em relação ao grupo controle.

### 1.4 Justificativa

Por muito tempo, o grande foco dos pesquisadores que lidam com performance de alto rendimento, foi investigar e estabelecer modelos de treinamento eficazes para aprimorar as capacidades físicas e adquirir ferramentas para o controle da carga de treinamento afim de melhorar o desempenho.

Devido ao acesso com mais facilidade a essas informações, cada vez mais os atletas e equipes, tanto profissionais quanto amadoras, treinam e competem de forma muito similar. Nessa perspectiva, um pequeno diferencial na preparação do atleta pode melhorar seu desempenho em relação aos demais, e por isso tem-se dado muita atenção as variáveis que influenciam a recuperação muscular entre um momento e outro dentro de uma temporada.

O grande número de jogos do atual calendário competitivo das equipes de alto nível do futebol brasileiro e mundial, e o pouco tempo destinado a pré-temporada dos atletas, fazem com que haja um cuidado especial com a integridade física e mental dos atletas (MOHR et al., 2016), de modo que a recuperação muscular se tornou tão importante quanto a periodização dos treinamentos e os jogos propriamente ditos.

Estudos tem mostrado que os efeitos do dano muscular causado por um jogo de futebol (90 min.) se estendem por 72h, acarretando em fadiga aguda, diminuição de desempenho físico e aumento do risco de

lesões (ANDERSSON et al., 2008; ASCENSÃO et al., 2008; ELIAS et al., 2013).

Considerando que os jogos aconteçam 3 vezes por semana (domingo/quarta/domingo) (LAZARIM et al., 2009), os atletas acabam competindo sem uma recuperação completa, visto que após um exercício de alta intensidade o organismo fica debilitado e susceptível a fadiga, lesões e infecções (SMITH, 2004), devido à síndrome de imunossupressão que pode durar de 3 à 72 horas (NIEMAN, 2000), necessitando de tal tempo para que os sistemas, principalmente o muscular e o imunológico, sejam totalmente ou parcialmente recuperados.

Segundo Nédélec et al. (2012), o processo de fadiga após jogo está relacionado a uma combinação de dano muscular, desidratação, depleção de glicogénio e fadiga mental, além de sofrer interferência do volume e intensidade da partida e da individualidade biológica de cada atleta. Além de ter relação com toda infraestrutura a dispor dos atletas, de modo que os atletas amadores não dispõem dos mesmos recursos que os profissionais, e por isso estudos com esse tipo de amostra são extremamente pertinentes.

Existem métodos de tratamento/recuperação para o dano muscular induzido pelo exercício bem consolidados na literatura, porém ainda apresentam alguns resultados contraditórios, por carecerem de padronização com relação ao gerenciamento da técnica, tempo de exposição, temperatura e intensidade de aplicação (PASTRE et al., 2009) além de muitas vezes serem usados de maneira empírica e sem o devido entendimento, como é o caso da crioterapia (WHITE; WELLS, 2013; WILCOCK; CRONIN; HING, 2006).

Entretanto estudos com a utilização da crioterapia no futebol são relativamente bem explorados, e tem mostrado efeitos positivos para a recuperação muscular (ASCENSÃO et al., 2011; ROWSELL et al., 2011). Em contrapartida, nenhum estudo investigou os efeitos dos materiais biocerâmicos emissores de infravermelho (MBEIL) na cinética da recuperação no futebol, demonstrando assim, uma lacuna na literatura em relação aos prováveis mecanismos responsáveis pelo processo de recuperação após o dano muscular.

Destaca-se que existem apenas evidências científicas de que os MBEIL trazem benefícios para a saúde (VATANSEVER; HAMBLIN, 2012) e indícios de que o seu uso possa colaborar com a melhora da performance de indivíduos ativos e atletas (CIDRAL-FILHO et al., 2014; EMER et al., 2014; LEUNG et al., 2013), além de efeitos analgésicos após o exercício (LOTURCO et al., 2016).



A utilização desse novo método com o intuito de acelerar a recuperação muscular sem promover o desconforto e o estresse psicológico e físico que métodos como, por exemplo a crioterapia, oferecem ao sujeito, poderá ser mais uma possibilidade de promover uma recuperação muscular efetiva para os atletas, diminuindo o risco de desenvolver alguma lesão ou patologia em virtude de um sistema imunológico debilitado e ainda melhorar a performance.

Desta forma, torna-se imprescindível entender os efeitos dos MBEIL no organismo após um dano muscular com o objetivo de acelerar o processo de recuperação muscular após um exercício acíclico e amplamente difundido como é o futebol, além de melhor esclarecer os efeitos da crioterapia.

### 1.5 Definição das variáveis

*Counter movement jump (CMJ)* - Conceitual: é um tipo de técnica de salto vertical, também chamado de salto contramovimento, no qual é permitido ao sujeito executar a fase excêntrica do movimento, aumentando a eficiência mecânica graças ao auxílio do ciclo alongamento-encurtamento (NETO et al., 2005). Operacional: será obtida a partir saltos na plataforma de força a fim de quantificar o desempenho muscular de membros inferiores.

Creatina quinase (CK) – Conceitual: proteína encontrada no músculo que funciona como um catalisador, auxiliando o sistema ATP-CP (MCARDLE et al., 2008). Operacional: marcador indireto de dano muscular, a qual em altas concentrações sanguíneas pode indicar fadiga, inflamação, ou predisposição à uma lesão (LAZARIM et al., 2009).

Lactato desidrogenase (LDH) – Conceitual: é uma proteína presente no organismo que converte o piruvato em lactato, auxiliando no fornecimento de energia ao organismo (MCARDLE et al., 2008). Operacional: medidor indireto de dano muscular, o qual em altas concentrações sanguíneas pode indicar fadiga, inflamação, ou predisposição à uma lesão (LAZARIM et al., 2009).

*Sprint (20 m)* - Conceitual: o melhor tempo pode ser definido como o menor valor em segundos obtido em cada esforço durante um teste (BAKER; RASBOTTON; HAZELDINE, 1993). Operacional: será considerado como o menor tempo alcançado durante os dois *sprints* de 20 m.

*Squat jump (SJ)* – Conceitual: é um tipo de técnica de salto vertical, também chamado de salto agachado, no qual o sujeito parte de

uma posição estática de flexão de joelho de 90°, pés paralelos e mãos na região supra-ílica, caracterizando um movimento puramente ascendente e sem o auxílio do ciclo alongamento-encurtamento (NETO et al., 2005). Operacional: será obtida a partir de saltos na plataforma de força a fim de quantificar o desempenho muscular de membros inferiores.

### 1.6 Definição de termos

Materiais biocerâmicos emissores de infravermelho longo (MBEIL) – são micropartículas policristalinas e inorgânicas que quando transformadas em pó podem ser impregnadas à diversos tipos de tecidos possibilitando com que estes emitam infravermelho longo (VATANSEVER; HAMBLIN, 2012).

Crioterapia - imersão em água fria com intuito de acelerar o processo de recuperação muscular (PASTRE et al., 2009).

### 1.7 Delimitação do estudo

Este estudo delimita-se a estudar dois métodos de recuperação muscular após um jogo simulado com atletas de futebol amador do sexo masculino com idade de 18 à 30 anos de idade da cidade de Florianópolis – SC. Como tratamento para a recuperação muscular foi utilizada uma calça impregnada com materiais biocerâmicos emissores de infravermelho longo da marca BioPower® e a crioterapia na forma de imersão em água fria na posição sentada.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Fisiologia do dano muscular

A fisiologia do dano muscular vem sendo objeto de estudo de muitas pesquisas (DA SILVA; MACEDO, 2011; SMITH, 2000;2004), e entende-se que o exercício físico gera um estresse mecânico e metabólico para o organismo, e os efeitos desses dois tipos de estresses induzem a ativação do sistema imunológico e de vias hormonais, que por sua vez darão início a uma cascata de eventos para que haja restauração do tecido lesado, crescimento e retorno da função normal (PYNE, 1994). O dano muscular induzido pelo exercício acomete o sistema esquelético e inclui ruptura da matriz extracelular, lâmina basal, sarcolema e miofibrilas, trazendo danos ao material contrátil e às proteínas do citoesqueleto (CRUZAT et al., 2007; DA SILVA; MACEDO, 2011; VIERCK et al., 2000), além de promover o aumento do estresse oxidativo, por meio de espécies reativas de oxigênio (EROs) (CRUZAT et al., 2007). O processo de reparo dos tecidos é altamente integrado e sincronizado e didaticamente dividido em 3 fases (dano, regeneração e remodelamento) (SMITH, 2004), sendo regido pela mobilização de diversos sistemas de maneira simultânea, no qual representa um quadro complexo, de modo que células específicas promovem tanto dano quanto regeneração por meio de atividades pró e antioxidantes e pró e anti-inflamatórias (DA SILVA; MACEDO, 2011).

O sistema imunológico é um sistema bastante complexo responsável pela defesa do organismo contra agentes agressores identificados por células especializadas espalhadas pelo corpo (FORTE, 2007), denominadas células leucocitárias. Dentre as formas de defesa do organismo, a inflamação exerce um papel importante no processo da homeostase (FORTE, 2007), sendo a primeira resposta do organismo a um dano tecidual, a qual possui sinais clínicos característicos como: rubor, calor, edema, dor e prejuízo funcional (CRUVINEL et al., 2010). O processo inflamatório é caracterizado como uma ação do organismo à um agente agressor, com o objetivo de reparar e/ou curar (DA SILVA; MACEDO, 2011), sendo uma resposta normal e necessária no processo de defesa do organismo, podendo ser desencadeada por diversos fatores, como traumas, agentes químicos, radiação, infecções (FORTE, 2007) e pelo exercício (MOHR et al., 2016). Em casos nos quais o sistema imunológico é bastante afetado, o indivíduo acaba por experimentar um quadro de imunossupressão, que proporciona uma “janela aberta” à infecções que pode durar de 3 à 72 horas (MCARDLE et al., 2008;

NIEMAN, 2000). A instalação do processo inflamatório, aumenta a população de células inflamatórias na corrente sanguínea, principalmente de neutrófilos e monócitos, responsáveis pela limpeza, reparo e desenvolvimento dos tecidos lesados, e a ativação de células quimiotáticas (SMITH, 2000). Todo esse processo de reparo tissular acarreta no aumento de EROs e caso a inflamação se prolongue, pode gerar dano aos tecidos adjacentes (DA SILVA; MACEDO, 2011; TIDBALL; VILLALTA, 2010). O aumento das concentrações séricas de CK e LDH, proteínas enzimáticas presentes em grande quantidade no músculo esquelético, estão relacionadas com o maior rompimento de miofibrilas e conseqüentemente ao maior dano muscular após o exercício físico, de maneira que o extravasamento destas proteínas para plasma contribuem para a cascata inflamatória.

O exercício físico é um tipo de trauma mecânico que causa estresse no organismo, rompe a homeostase e pode causar microtraumas no tecido muscular estriado esquelético, conjuntivo e ósseo, sendo proporcional à sobrecarga imposta ao sistema (DA SILVA; MACEDO, 2011; SMITH, 2004). O volume e a intensidade do exercício interferem no estresse oxidativo do organismo, podendo promover dano tecidual agudo e secundário e, se prescritos de forma ideal, proteção antioxidante a longo prazo (MCARDLE et al., 2008). Ou seja, o exercício físico aumenta a produção de EROs, entretanto esta é a melhor forma de aumentar as respostas antioxidantes endógenas do organismo quando comparada a uso de fármacos, dieta e suplementação (CRUZAT et al., 2007). Cabe ressaltar que os benefícios dos exercícios físicos (como aumento de massa muscular, melhora no sistema cardiovascular, aumento da imunidade) são devidos as adaptações dos diversos sistemas, principalmente o sistema antioxidante endógeno. Dessa forma o exercício, tanto aeróbio quanto o anaeróbio, devido ao aumento do consumo de oxigênio ( $O_2$ ) eleva a produção de EROs, que são radicais livres oriundos da oxidação da molécula de oxigênio molecular ( $O_2$ ) com potencial para o dano oxidativo e para a produção de outras EROs (AMORIM; TIRAPEGUI, 2008; CRUZAT et al., 2007). Os radicais livres ou EROs formados a partir do oxigênio molecular são o superóxido ( $O_2^-$ ), radical hidroxil ( $OH^-$ ) e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) (RODRIGUES et al., 2003).

Após um dano muscular, o aumento da produção de EROs está ligada principalmente a resposta dos neutrófilos e macrófagos frente a inflamação, sendo estes os principais agentes da fagocitose (DA SILVA; MACEDO, 2011). A formação dos EROs se dá por meio da ação da enzima NADPH, pela ativação da enzima mieloperoxidase, e por outros

eventos inerentes ao metabolismo aeróbio (RIBEIRO et al., 2006), e é mediada pela resposta dos neutrófilos, que deve ser aguda e muito bem regulada afim de evitar a exacerbação do dano ao redor de onde o processo inflamatório está ocorrendo (TIDBALL; VILLALTA, 2010). O desequilíbrio entre a produção de EROs e a capacidade do sistema antioxidante de torna-los inativos, leva a perda da homeostase celular e a condições favoráveis ao dano de lipídios, proteínas e DNA (ASCENSÃO et al., 2008).

As citocinas são produzidas e liberadas por diversas células e sistemas, e são as responsáveis pela coordenação, amplificação e regulação da magnitude e duração da inflamação e de seus efeitos (PETERSEN; PEDERSEN, 2005). Podem possuir tanto características pró-inflamatórias quanto anti-inflamatórias e permitem a comunicação intercelular, interórgãos e intersistemas (SMITH, 2000), além de viabilizarem a chegada de linfócitos, neutrófilos e macrófagos ao local lesado (PETERSEN; PEDERSEN, 2005). Em especial a interleucina-6 (IL-6), uma citocina com características pró-inflamatórias e moduladora da inflamação, possui um alto potencial oxidativo devido a sua função de manter a produção de energia no local da inflamação para o processo de reparo (PETERSEN; PEDERSEN, 2005).

Por fim todo o processo de dano, regeneração e remodelamento é multifatorial, sendo dependente do nível de treinamento individual, do volume, da intensidade e do tipo do exercício e do tempo de descanso entre uma sessão e outra (DA SILVA; MACEDO, 2011; SMITH, 2004), além do estilo de vida (REILLY, THOMAS; EKBLUM, 2005).

## 2.2 Marcadores de dano muscular

Os exercícios físicos de alta intensidade ou de longa duração compostos principalmente por ações excêntricas, como corridas em declive e saltos, podem provocar microtraumas ao sistema esquelético, ocasionando aumento da dor muscular de início tardio, inchaço, diminuição de força (CVM) e perda de desempenho (ASSUMPCAO et al., 2013). A magnitude do efeito do exercício físico no organismo é proporcional ao volume e a intensidade do estímulo (DA SILVA; MACEDO, 2011), podendo refletir nos marcadores diretos e indiretos de dano muscular.

O diagnóstico direto do dano muscular é feito através de técnicas de imagem, sendo os mais usados a ressonância magnética e o ultrassom, e de biópsias musculares (MACALUSO et al., 2012). Ambas as formas são de difícil acesso e de custo elevado, além de exigirem recursos

materiais e humanos específicos. Por isso, grande parte da literatura tem utilizado os marcadores indiretos de dano muscular, que quando usados de forma integrada possuem uma grande utilidade prática. Esses marcadores podem ser de origem bioquímica, ou seja, estarem presentes na corrente sanguínea ou de aspecto funcional, os quais são determinados através do desempenho (BERTON et al., 2012).

O aumento da concentração de proteínas intracelulares na corrente sanguínea após exercícios físicos, que geralmente são incapazes de atravessar a membrana plasmática, como a CK, LDH, mioglobina (Mb) e aspartato aminotransferase, tem sido usado como indicador de lesão muscular (CRUZAT et al., 2007; LAZARIM et al., 2009; RODRIGUES et al., 2016). Vários autores utilizam leucócitos, citocinas, moléculas de adesão celular, cortisol e proteínas de fase aguda como marcadores de dano muscular e de inflamação para acompanhar as respostas agudas e crônicas do exercício físico (DA SILVA; MACEDO, 2011). Em especial as citocinas TNF- $\alpha$  (fator de necrose tumoral *alfa*) e IL-6 desempenham funções específicas no tecido danificado (SMITH, 2000) e tem sido usadas como marcadores sanguíneos de inflamação aguda (BERTON et al., 2012). O estresse oxidativo também tem sido alvo de investigações para entender os efeitos do exercício físico no organismo (ASCENSÃO et al., 2008; WHITE et al., 2014), no qual o aumento das concentrações de substâncias como as Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), malondialdeído (MDA), ácido úrico (AU) e proteínas do grupo sulfidril (SH) tem sido usadas como indicadores de dano muscular (AMORIM; TIRAPEGUI, 2008; ASCENSÃO et al., 2008). Já o aumento das respostas antioxidantes, tem sido reportadas pela maior presença de enzimas como superóxido dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx), glutathione reductase (GR) e catalase (CAT) (AMORIM; TIRAPEGUI, 2008).

A determinação das concentrações séricas de CK tem sido utilizada como marcador de dano muscular em estudos com esporte, os quais sugerem que exercícios físicos rompem a membrana celular e acarretam no extravasamento desta enzima para o sangue (DE SOUZA et al., 2010; LAZARIM et al., 2009; MORANDI et al., 2011), que embora possa ser detectado aumento logo após o exercício, alcança picos entre 24h a 72h (ASCENSÃO et al., 2011; CRUZAT et al., 2007). A LDH também é encontrado em maiores concentrações séricas após exercícios físicos intensos ou muito volumosos, evidenciando o rompimento de miofibrilas, o conseqüente extravasamento desta enzima para o meio extracelular e o dano muscular (AMORIM; TIRAPEGUI, 2008).

Outros tipos de marcadores que vem sendo utilizado na literatura são os marcadores indiretos de dano funcional, os quais refletem a capacidade de desempenho muscular. Foram encontrados estudos que utilizaram CVM, amplitude de movimento (AM) (BERTON et al., 2012), SJ, CMJ (ASCENSÃO et al., 2011), *drop jump* (DJ) (WHITE et al., 2014), DMIT (BERTON et al., 2012; WHITE et al., 2014) e *sprints* (ASCENSÃO et al., 2011; NEDELEC et al., 2014) para acompanhar o dano muscular.

Os estudos relacionados a recuperação no futebol tem usado tanto marcadores indiretos de dano muscular sanguíneos quanto de desempenho de maneira integrada e associada para interpretar os efeitos do exercício sobre o organismo e acompanhar as respostas de ambos após intervenções na recuperação. Interessante ressaltar que a magnitude do dano muscular pode influenciar a resposta inflamatória e toda a capacidade funcional, Berton et al. (2012) após um protocolo de 210 ações excêntricas máximas para o cotovelo, encontraram evidências de dano muscular para CVM, AM e DMIT, mas não encontraram evidências nas concentrações de IL-6 e TNF- $\alpha$ , mostrando que a massa muscular envolvida no exercício interfere na resposta inflamatória sistêmica. Dessa forma, diferentes modalidades com suas específicas características implicam em um determinado efeito no organismo.

### 2.3 Métodos/Tratamentos de recuperação muscular

Está bem estabelecido que o leve trauma do tecido muscular seguido por uma recuperação adequada é parte integrante do processo de treinamento/competição, e após esse período de recuperação/adaptação há melhoras no desempenho atlético devido a um fenômeno chamado microtrauma adaptativo (SMITH, 2000). Entretanto, a resposta do organismo frente a um trauma causado pelo exercício físico é variável entre os sujeitos mesmo que o estímulo agressor seja igual (HODY et al., 2013), o que acaba por diferenciar o tempo de recuperação entre os mesmos.

Sugere-se que o tempo necessário para a recuperação depois de um exercício intenso seja de 24 – 72 horas (SMITH, 2004). Negligenciar o tempo de recuperação dos substratos energéticos e dos tecidos impede o perfeito funcionamento do organismo (PASTRE et al., 2009), entretanto diminuir o tempo de recuperação muscular entre um estímulo e outro é um importante aliado à preservação da integridade dos sistemas e à melhora do desempenho. Dentre os métodos de recuperação muscular estudadas na literatura, Pastre et. al. (2009) destaca os exercícios ativos,

a massagem, o contraste e a crioterapia. Outros estudos tem utilizado como estratégias de recuperação a suplementação com proteínas (COOKE et al., 2009), que está intrinsicamente ligada a ressíntese muscular, através do recrutamento de células satélites, e ao sistema imunológico (SMITH, 2000), além da fototerapia (LED) (JUNIOR et al., 2011).

Um estudo com futebol com o objetivo de analisar o efeito de um jogo sobre o organismo, mostrou que 72h após o término do jogo os tempos do *Sprint* (20m) e os valores de CMV para quadríceps e isquiotibiais ainda apresentavam diferenças negativas em relação aos valores basais, além de reportarem maiores concentrações de CK e de substâncias oxidativas dentro deste período (ASCENSÃO et al., 2008), sugerindo que 72h não são suficientes para uma recuperação total de atletas de futebol sem o uso de um método de recuperação muscular.

Neste estudo aprofundaremos o entendimento de dois métodos de recuperação: crioterapia e materiais biocerâmicos emissores de infravermelho longo (MBEIL).

### 2.3.1 Crioterapia

A imersão em água vem sendo amplamente utilizada por atletas e equipes depois de competições e treinamentos com objetivo de recuperação, porém muitas vezes de forma empírica e sem os devidos entendimentos. Dentre as formas de imersão em água, destacam-se: crioterapia (frio), termoterapia (imersão em água termoneutra - IAT) e terapia de contraste (frio/quente) (WILCOCK et al., 2006). A crioterapia inclui a imersão em água fria (IAF), a crioterapia de corpo inteiro (CCI) (-80°C a -110°C de 1 a 3min), a aplicação de bolsas de gelo, massagem com gelo e qualquer outra forma local ou geral de exposição ao frio com propósitos terapêuticos (WHITE; WELLS, 2013).

A crioterapia é um tipo de imersão em água que consiste na redução da temperatura tecidual por condução (PASTRE et al., 2009), a qual, num segundo momento, estimula o fluxo sanguíneo na área específica aumentando a circulação, aumenta a remoção do lactato sanguíneo, aumenta a amplitude de movimento, reduz a inflamação e o edema, além de aliviar a rigidez e atrasar o aparecimento de dor muscular de início tardio (WILCOCK et al., 2006). Esses fatos ocorrem em virtude dos efeitos fisiológicos que a crioterapia traz para a periferia, que inclui diminuição da frequência cardíaca e do débito cardíaco, além de um aumento da pressão arterial e resistência periférica a fim de manter a temperatura corpórea (PASTRE et al., 2009) e reduzir a permeabilidade



celular de vasos sanguíneos, linfáticos e capilares devido à vasoconstrição, fazendo com que ocorra diminuição da difusão dos fluídos nos espaços intersticiais (WILCOCK et al., 2006). A diminuição da dor está atrelada ao resfriamento dos tecidos e das terminações nervosas, estimulando células superficiais inibitórias a aumentar o limiar de dor (WILCOCK et al., 2006).

Essa cascata de respostas é favorável à diminuição da inflamação e do potencial de dano secundário as fibras musculares adjacentes, justificando as características protetoras da crioterapia (WHITE; WELLS, 2013).

Todavia, os achados acerca dos benefícios da crioterapia são um tanto discordantes devido às várias metodologias usadas na aplicação da técnica e a falta de padronização quanto ao tempo e temperatura (PASTRE et al., 2009; WHITE; WELLS, 2013). O estudo de Leeder et al. (2015) teve o objetivo de verificar a influência da pressão hidrostática sobre a recuperação muscular, para isso submeteram os sujeitos a um dano muscular (*Loughborough Intermittent Shuttle Test*) e os dividiram em três grupos: controle, crioterapia (IAF) na posição sentada e crioterapia (IAF) em pé, para ambos os grupos o protocolo de recuperação era de 14 min. de imersão à 14°C. Os autores não encontraram diferença nos marcadores de desempenho (CVM, CMJ) e sanguíneos (IL-6 e CK), mas o grupo sentado apresentou menor DMIT em relação ao grupo em pé em 48h após o exercício. Contrariando a hipótese dos autores de que a maior pressão hidrostática seria mais eficaz. Outro estudo com indução de dano muscular por meio de *sprints* (12 *sprints* máximos de 120m) e crioterapia, comparou 4 protocolos diferentes de IAF (10 min./20°C, 30 min./20°C, 10 min./10°C e 30 min./10°C). Para tanto acompanharam as respostas de SJ, DJ, DMIT e da inflamação, e concluíram que o protocolo composto por 10 min./10°C parece ser o melhor para reestabelecer a capacidade de geração de força para o SJ e capaz de melhorar para o DJ em 48h, e que os protocolos de 30 min.(20°C e 10°C) parecem estimular o processo inflamatório (WHITE et al., 2014). Recentemente um estudo comparou os efeitos da IAF (10 min./10°C) com a CCI (3 min./-110°C) após um protocolo de dano muscular feito no dinamômetro (5 séries excêntricas de 15 repetições à 60°C.s<sup>-1</sup>). Os autores verificaram que a IAF foi mais eficaz na recuperação de CMJ e para a DMIT (ABAÏDIA et al., 2016).

Um estudo com 20 atletas de futebol comparou dois modelos de recuperação com imersão em água (IAT - 10 min./ 35°C e IAF - 10 min./ 10°C) após um jogo. O grupo que fez crioterapia apresentou menores concentrações séricas de CK (24h e 48h) e Mb (24h) comparado ao outro

grupo, além de manter os valores de CVM de quadríceps em 24h após o jogo em relação aos valores basais. Além disso, o grupo que fez IAF também apresentou um melhor efeito analgésico, o qual apresentou os menores valores de DMIT para quadríceps, panturrilha e adutor de quadril (ASCENSÃO et al., 2011). Outro estudo com futebol analisou a eficiência da IAF (14 min./12°C), da terapia de contraste (14 min./ sendo 1/1 12°C e 38°C) e da recuperação passiva (14 min./repouso) em 24 atletas profissionais. Foram utilizados marcadores de desempenho (SJ, CMJ, *sprints* repetidos) e DMIT para acompanhar as respostas de ambos os grupos até 48h depois do jogo. Os autores encontraram melhores respostas para o grupo que fez IAF, o qual reestabeleceu a capacidade de *sprints* repetidos, o desempenho de CMJ e SJ e atenuou a dor em 48h (ELIAS et al., 2013).

A crioterapia também tem sido investigada quanto aos seus efeitos durante uma sequência de jogos de futebol. Um estudo investigou os efeitos da IAF (5x1m à 10°C) e da IAT (5x1m à 34°C) dentro de um torneio, no qual os atletas eram submetidos ao protocolo de recuperação após cada partida. Os resultados mostraram que estes protocolos não alteram o desempenho físico (*Sprint* e CMJ) nem a respostas sanguíneas (CK e LDH), mas podem diminuir a dor e melhorar a percepção de recuperação geral (ROWSELL et al., 2009). O mesmo grupo de pesquisadores, comparou os efeitos de um protocolo de IAF (5x1m à 10°C) com um protocolo de IAQ (5x1 à 35°C) durante um torneio de 4 dias com um jogo em cada dia. E verificaram que o grupo IAF teve a menor queda de desempenho quanto a distância total percorrida e melhor poder analgésico (ROWSELL et al., 2011).

### 2.3.2 Materiais biocerâmicos emissores de infravermelho longo (MBEIL)

A aplicação de infravermelho longo tem sido uma estratégia amplamente utilizada em estudos relacionados a saúde, podendo ser feita através de LED (JUNIOR et al., 2011), saunas tradicionais e recentemente por matérias biocerâmicos impregnados em tecidos (VATANSEVER; HAMBLIN, 2012). A radiação infravermelha ocupa no espectro completo da radiação eletromagnética uma faixa de comprimento de onda de 750 nm - 100  $\mu$ m, faixa de frequência de 400 THz-3 THz, e energia dos fótons gama de 12,4 meV - 1,7 eV, e a radiação infravermelha longa tem o comprimento de 3.0 – 100  $\mu$ m (3000 nm– 0.1 mm) (VATANSEVER; HAMBLIN, 2012). Ao nível celular, o mecanismo biofísico subjacente de interação da radiação eletromagnética com células vivas se dá principalmente pelas alterações

nos potenciais de membrana celular e no metabolismo mitocondrial (SHEPPARD; SWICORD; BALZANO, 2008). Dentre os benefícios dos emissores de infravermelho longo podemos citar o aumento das respostas antioxidantes, a melhora da circulação sanguínea, inibição de tumores, além de atenuar o processo inflamatório e facilitar o crescimento celular a regeneração de tecidos (VATANSEVER; HAMBLIN, 2012).

Os MBEIL são compostos policristalinos não metálicos, refratários e inorgânicos, que devido à sua inércia em condições aquosas são altamente biocompatíveis, e por isso tem sido investigados quanto a sua capacidade de refletir/emitir infravermelho longo (SHIM; PARK; SHIM, 2009). Essa propriedade de emissão de infravermelho longo se dá pelo calor produzido pelo corpo, aonde o calor gerado no organismo ao invés de ser dissipado para o meio é convertido pelos materiais biocerâmicos em raios e refletido em diferentes níveis, dependendo de sua composição molecular, para o próprio corpo (MARTINS, 2014). Assim, devido ao calor e a vasodilatação, o princípio ativo deste material está relacionado a maior microcirculação local, a qual viabiliza o influxo de neutrófilos e o aumento da diapedese (ABAÍDIA et al., 2016; YANG et al., 2010).

Estudos prévios mostraram os efeitos positivos deste tipo de intervenção no contexto da saúde, o qual apresentou benefícios no tratamento de doenças crônicas degenerativas (BAGNATO et al., 2012; DOS SANTOS, 2006), no alívio da dor (MARTINS, 2014), nas funções fisiológicas (LENG et al., 2013) e na atividade antioxidante, através do aumento das concentrações de superóxido dismutase (SOD) (LIN; LEE; LUNG, 2013). O efeito analgésico dos MBEIL apoia-se em estudos que demonstraram a que o uso deste método é capaz de inibir a produção de prostaglandinas E2 (PGE2) e ciclooxigenase-2 (COX-2) sob estimulação de lipopolissacarídeos (LPS), além de diminuir o estresse oxidativo, sugerindo possível efeito anti-inflamatório e analgésico (LEUNG et al., 2012).

Poucos estudos buscaram entender os efeitos dos MBEIL no organismo e a sua relação com o exercício físico em humanos. O estudo de Leung et al. (2013), realizado com humanos após o exercício físico, avaliou os efeitos fisiológicos na regulação parassimpática e simpática. Para tanto os sujeitos utilizaram um bracelete e uma camiseta (emissividade 0,98; comprimento da onda de 6-14  $\mu\text{m}$ ) durante duas noites de sono ( $\pm 8\text{h}$  por noite). Os resultados demonstraram que os materiais biocerâmicos podem estimular as respostas parassimpáticas, podendo reduzir o consumo de oxigênio e o gasto energético em repouso, além de apresentar tendência a melhores respostas fisiológicas

(temperatura, PSE, FC e respiração) durante o exercício contínuo. Por fim, recentemente MBEIL foram utilizados em um estudo com humanos com o objetivo de verificar seus efeitos nos marcadores de dano muscular após um protocolo de saltos (100 DJ) em jogadores de futebol. Os atletas fizeram uso de uma calça (emissividade 0,88; comprimento da onda de 5-20  $\mu\text{m}$ ; 225g/m<sup>2</sup> de MBEIL) durante as três noites de sono posteriores ao protocolo de dano ( $\pm 10\text{h}$  por noite). Os resultados mostraram que este tipo de tratamento pode diminuir a DMIT após 72h uma sessão de pliometria, mas não foi capaz de modificar as respostas dos marcadores de desempenho físico (SJ, CMJ e 1RM). O mecanismo sugerido pelos autores leva em consideração que os efeitos anti-inflamatórios da biocerâmica podem ter modulado a diminuição da produção de mediadores inflamatórios que contribuem para a dor (LOTURCO et al., 2016).

### 3 MATERIAL E MÉTODO

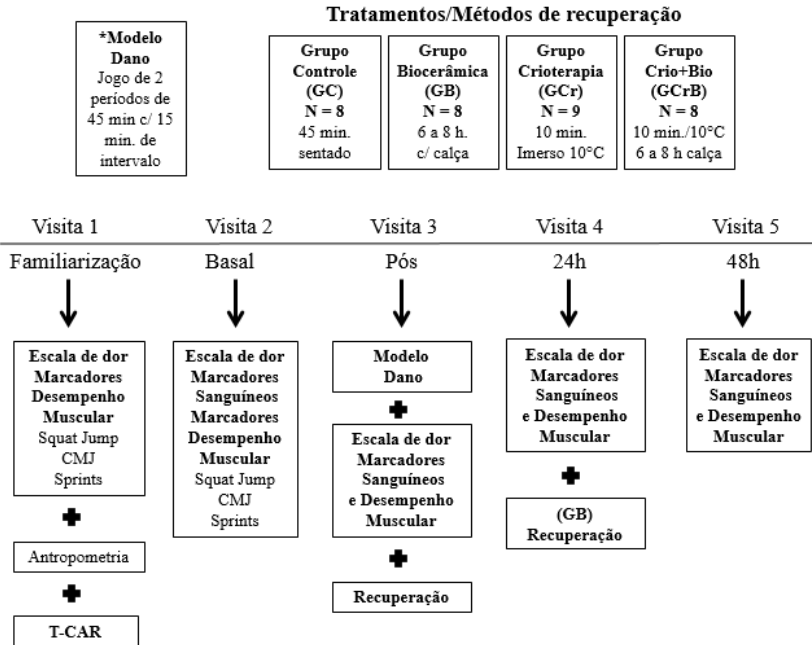
#### 3.1 Características da pesquisa

No que se refere à natureza, a presente pesquisa classifica-se como sendo aplicada, por gerar conhecimentos de aplicação prática à problemas específicos. Do ponto de vista da abordagem do problema, o estudo é uma pesquisa quantitativa, a qual considera que tudo pode ser quantificável, traduzindo em números opiniões e informações para depois classificá-los e analisa-los. Quanto aos objetivos, é uma pesquisa experimental e quanto aos procedimentos técnicos, é classificada como empírica de caráter experimental (SANTOS, 2011).

#### 3.2 Sujeitos da pesquisa

Os participantes foram selecionados de forma intencional não-probabilística. Sendo estes 33 jogadores de futebol amador do sexo masculino pertencentes a equipe de futebol da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) com idades de 18 à 30 anos, que foram agrupados por posição e depois randomizados em 4 diferentes grupos: grupo controle (GC), grupo biocerâmica (GB), grupo crioterapia (GCr) e grupo crioterapia+biocerâmica (GCrB). Para que fossem incluídos na pesquisa, os sujeitos não poderiam estar fazendo uso de nenhum medicamento, não possuir histórico de distúrbios cardiovascular, respiratório, musculoesquelético ou metabólico e estarem frequentando assiduamente os treinamentos da equipe.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) sob protocolo 51302315.2.0000.0121, e antes de iniciarem os procedimentos para a coleta de dados, as atletas participantes do estudo foram esclarecidas sobre os objetivos, os métodos e riscos da pesquisa, e na sequência assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).



**Figura 1** – Delineamento do estudo.

### 3.3 Instrumentos de medida

#### 3.3.1 Obtenção das variáveis antropométricas e de potência aeróbia

As medidas de massa corporal foram realizadas por meio de uma balança eletrônica da marca Toledo® com resolução de 100g., a estatura foi obtida por meio de um estadiômetro da marca Sanny® com resolução de 0,5cm e as dobras cutâneas forma medidas com um compasso científico da marca Cescorf®.

Para obter o pico de velocidade (PV) e a frequência cardíaca máxima ( $FC_{\text{máx}}$ ) foi realizado o Teste de Carminatti (T-CAR), que além de fichas para o controle do teste, foi utilizada uma caixa de som amplificada capaz de gerar o áudio do protocolo, uma fita métrica de 30 m, 2 cones grandes e 8 pequenos e uma corda com 10 m de comprimento.

### 3.3.2 Obtenção das variáveis de desempenho muscular

Foi utilizada uma plataforma de força (QUATTRO JUMP, modelo 9290AD, Winterthur, Suíça) tipo piezométrica, operando a uma frequência de 500 Hz, para mensurar a potência muscular dos membros inferiores dos sujeitos em dois tipos de saltos verticais: o *squat jump* (SJ) e o *Counter movement jump* (CMJ). Para a execução dos *sprints* (20 -m) foi utilizado fotocélulas eletrônicas (CEFISE BIOTECNOLOGIA, SPEED TEST 4.0, Nova Odessa, SP, Brasil) para a obtenção dos valores em segundos.

### 3.3.3 Obtenção das variáveis bioquímicas

Foram coletados 5 ml de sangue da veia cubital do braço dos sujeitos, que após serem mantidas por 10 min. em temperatura ambiente foram centrifugadas por 15 min. a 3000 rpm para separação do plasma e células sanguíneas e armazenados a  $-80^{\circ}\text{C}$  para posterior análise.

As amostras foram separadas e analisadas de acordo com condições laboratoriais especializadas para as seguintes variáveis: Creatina Quinase (CK) e Lactate Desidrogenase (LDH). Ensaios: A atividade de CK foi determinada espectrofotometricamente utilizando um kit comercialmente disponível (Cobas Mira Plus, Roche, Basileia, Suíça). A atividade de LDH foi determinada espectrofotometricamente por meio de um kit de teste de diagnóstico comercial (Sigma Diagnostics, St. Louis, MO).

### 3.3.4 Obtenção da variável de dor muscular de início tardio

Para avaliar a dor muscular foi utilizada a Escala Visual Analógica (EVA). A EVA consiste em uma linha horizontal com 10 centímetros de comprimento numerada de 0 a 10, assinalada em uma de suas extremidades a classificação “SEM DOR”, e na outra a classificação “DOR MÁXIMA”. Os participantes partindo da posição vertical flexionavam a articulação do joelho até um ângulo de  $90^{\circ}$  e ao retornarem para a posição inicial realizavam a indicação na EVA no ponto que representava a intensidade de sua dor (SOUZA, 2002). Esta avaliação foi realizada antes (basal) e após o protocolo de dano muscular (logo após, 24h e 48h) para quadríceps e ísquios-tibiais.

### 3.4 Coleta de dados

Todos os testes foram realizados no Laboratório de Esforço Físico (LAEF), no Laboratório de Biomecânica (BIOMEC) e no campo do complexo esportivo do Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Os sujeitos foram instruídos a chegar sempre no mesmo horário no laboratório, não realizar atividades físicas de alta intensidade nas 72 h que antecederem os testes e manter a mesma rotina de alimentação, hidratação e sono durante o delineamento experimental, minimizando as variações biológicas individuais. Também foram orientados a não utilizar qualquer medicamento farmacológico (analgésico ou anti-inflamatório) ou recurso ergogênico (caféina ou suplementos alimentares) no período de 7 dias antes e durante todo o experimento, além de abster-se do uso de bebida alcoólica e de exercícios físicos durante o período do estudo.

Foram realizadas um total de 5 visitas no laboratório no período máximo de duas semanas. Na primeira visita os participantes realizaram uma avaliação antropométrica e logo após uma familiarização na plataforma de força e o T-CAR para a caracterização da amostra, além disso a  $FC_{\text{máx}}$  obtida no T-CAR foi utilizada para controlar a intensidade do modelo de jogo. Na segunda visita os integrantes dos 4 grupos reportaram um descritor na escala de dor e foram submetidos a coleta de sangue e aos testes de desempenho para a obtenção dos valores basais. Na terceira visita os atletas foram submetidos à um modelo para indução do dano muscular (jogo simulado), e logo após repetiram a escala de dor, à coleta sanguínea e o teste de desempenho (apenas *sprints*), para que em seguida fossem destinados ao método/tratamento de recuperação respectiva a seu grupo. Na quarta (24h) e quinta (48h) visitas, os sujeitos reportaram a escala de dor e foram submetidos à coleta sanguínea e aos testes de desempenho. Os testes de desempenho foram precedidos de um aquecimento composto por alongamentos gerais e 3 séries de corrida estacionária (15seg.) seguidas de uma corrida de 20 m, em intensidade leve, moderada, e forte, progressivamente.

### 3.5 Procedimentos para coleta de dados

#### 3.5.1 Avaliação antropométrica

Foram mensuradas a massa corporal, a estatura e o percentual (%) de gordura. Para determinar o % de gordura corporal foi utilizado um protocolo com 4 dobras cutâneas (FAULKNER, 1968).



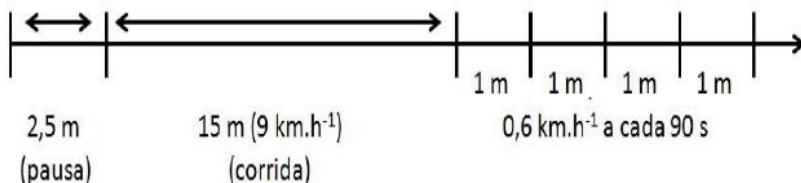
Equação de Faulkner

$$\%GC = 5,783 + 0,153 (\Sigma 4\text{dobras})$$

Onde: ( $\Sigma 4\text{dobras}$ ) = tríceps + subescapular + supra ilíaca anterior + abdome.

### 3.5.2 Teste de Carminatti (T-CAR)

A determinação das variáveis de potência aeróbia e o controle da carga interna no modelo de jogo foram realizadas por meio do PV e da  $FC_{\text{máx}}$  determinadas no teste T-CAR (CARMINATTI; LIMA-SILVA; DE-OLIVEIRA, 2004). O teste é de caráter incremental máximo, do tipo intermitente, com estágios de 90 segundos de duração em sistema “ida e volta”, constituído de 5 repetições de 12 segundos de corrida (distância variável), intercaladas por 6 segundos de caminhada (5 metros). O ritmo é ditado por um sinal sonoro, em intervalos regulares de 6 segundos, que determinam a velocidade de corrida a ser desenvolvida nos deslocamentos entre as linhas paralelas demarcadas no solo sinalizadas por cones. O teste iniciou com velocidade de  $9,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (distância inicial de 15 m) com incrementos de  $0,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada estágio até a exaustão voluntária, mediante aumentos sucessivos de 1 m a partir da distância inicial, e foi realizado na pista sintética de atletismo do CDS.



**Figura 2** – Esquema ilustrativo do T-CAR

### 3.5.3 Marcadores de desempenho muscular

Para obter os valores dos marcadores de desempenho muscular foram adotados dois tipos de saltos: *squat jump* (SJ) e *Counter movement jump* (CMJ). Para executar o SJ, o sujeito partia de uma posição estática de  $90^\circ$  de flexão de joelhos, pés paralelos e mãos na região supra-ilíaca, caracterizando um movimento puramente ascendente. No CMJ, o sujeito partia de uma posição ereta e era permitido efetuar a fase descendente do salto e posterior transição para a fase ascendente, as mãos deveriam permanecer na região supra-ilíaca (ASCENÇÃO et al., 2011). Os sujeitos

executaram 3 repetições de cada salto, e o de melhor resultado era registrado.

O tempo dos *sprints* foi medido por meio de duas repetições de 20 m para determinação do melhor tempo. Os sujeitos ficavam 1 m atrás do primeiro par de fotocélulas (0m) e ao sinal verbal do avaliador corriam o mais veloz até passar o segundo par de fotocélulas (20m). Cada *sprint* foi executado com um intervalo de 1 minuto e os indivíduos eram estimulados verbalmente para executar o máximo esforço (ASCENSÃO et al., 2011). O teste foi realizado sob grama.

#### 3.5.4 Coletas sanguíneas

As coletas sanguíneas foram feitas na segunda visita para identificação das concentrações de referência (basal), e nas visitas 3, 4, e 5 para acompanhar o efeito do jogo e as respostas dos diferentes tratamentos/métodos de recuperação. Todas as coletas foram feitas por um profissional habilitado.

#### 3.5.5 Modelo de dano muscular

O exercício utilizado para indução ao dano muscular nos membros inferiores foi feito na forma de um jogo de futebol simulado composto por dois períodos de 45 min. c/ intervalo de 15 min. obedecendo as regras oficiais da FIFA. O modelo aconteceu entre duas equipes de 11 jogadores, nas quais os goleiros não fizeram parte da amostra (ASCENSÃO et al., 2008; ELIAS et al., 2013), e foi necessário que o atleta participasse de pelo menos 75% do jogo (67 min. e 30 s.) para que este fosse incluído na amostra. O jogo foi precedido de um aquecimento ( $\pm 20$  min.) composto por alongamentos gerais, movimentos articulares e deslocamentos curtos, e a temperatura registrada durante a partida foi de  $\pm 22^{\circ}\text{C}$ .

##### 3.5.5.1 Caracterização da carga externa e interna

Para a determinação da carga do protocolo de dano muscular, os atletas realizaram o jogo simulado utilizando um sistema de posicionamento global (SPI Elite, GPSports Systems, Canberra, Austrália de 15 Hz). Foram analisadas as distâncias totais percorridas no 1º e no 2º tempo de jogo, e com base em estudos prévios foi adotada a velocidade de  $\geq 20$  km/h para determinar atividade de *sprints*, as quais estão

apresentadas na forma de distância percorrida  $\geq 20$  km/h (m) e na quantidade de *sprints* (número).

Os valores de referência da  $FC_{m\acute{a}x}$  dos atletas, obtidos por meio do T-CAR, e a FC durante o modelo de jogo foram registradas e armazenadas a cada cinco segundos por meio do monitor cardíaco (Polar, modelo T34) sincronizados ao GPSports, afim de monitorar a intensidade dos estímulos. Os valores da PSE da sessão foram obtidos por meio da escala CR-10 de Borg (1982) modificada por Foster (2001), que foi apresentada aos atletas 15 minutos após o término do jogo. Após a pergunta “Como foi a sua sessão de jogo/treino?”, os atletas apontaram na escala (figura 3) um descritor de 0 a 10, sendo 0 para a condição de repouso absoluto e 10 para o maior esforço realizado. Para quantificação da carga interna por meio da PSE da sessão, foi multiplicado o tempo da duração total da sessão pelo valor (escore) apontado na escala da PSE registrado 15 minutos após o término da sessão (NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010; PEDRO, et al., 2014). O produto da PSE (intensidade na classificação) pela duração da sessão (volume) está expresso em unidades arbitrárias (ua).

<b>Classificação</b>	<b>Descritor</b>
0	Repouso
1	Muito, Muito Fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Um Pouco Difícil
5	Difícil
6	-
7	Muito Difícil
8	-
9	-
10	Máximo

**Figura 3** - Escala 0-10 de Foster et al. (2001).

### 3.5.6 Tratamentos/Métodos de recuperação

O GC permaneceu sentado durante 45 min., não sendo submetido a nenhum tipo de tratamento/método de recuperação específico. O GB utilizou como tratamento uma calça impregnada com materiais biocerâmicos emissores de infravermelho longo da marca BioPower® por 6 a 8 h durante as duas noites de sono após o jogo, sendo vestidas no prazo de 2 a 3 horas após o término do jogo. O controle do uso da calça foi feito por meio de mensagens via celular, buscando a certificação de sua utilização pelos atletas. A formulação biocerâmica utilizada neste estudo foi composta por partículas microscópicas produzidas a partir de vários ingredientes que incluem: cerca de 45 a 55% de caulinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ); cerca de 5 a 15% de turmalina; cerca de 3 a 13% de óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ); cerca de 11 a 19% de dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ); e cerca de 3 a 13% de óxido de zircônio ( $\text{ZrO}_2$ ). Uma análise de emissão de energia radiante na região do infravermelho na faixa entre 9 e 11  $\mu\text{m}$  foi realizada no Laboratório de Espectroscopia e Laser do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal Fluminense com um calorímetro Scientech (Boulder, CO, EUA), modelo Astral - Série S AC2500S, conectada a um detector de unidade de potência e medição Scientech, modelo Astral - série S AI310D. A emissividade da biocerâmica foi de 0,91. A calça é feita de poliéster (81%) e elastano (19%), e o material biocerâmico está integrado ao tecido (7 g de biocerâmica /  $\text{m}^2$  de tecido, isto é, 5% do peso total dos tecidos) (nº de publicação da patente: 20140087040 - EUA). O GCr foi submetido a imersão de membros inferiores em posição vertical num tonel de 200 litros em água fria por 10 min. a uma temperatura de 10°C (WHITE et al., 2014) controlada por um termômetro aquático (LOVE, Brasil). Já o GCrB foi submetido a imersão em água fria da mesma forma que o GCr e depois (2 a 3 horas após o término do jogo) fez uso da calça impregnada com biocerâmica idem ao grupo GB.

### 3.6 Tratamento estatístico

Os dados quantitativos expressos nas tabelas estão apresentados na forma de média e desvio padrão e nas figuras, exceto na 5, estão na forma de *delta* ( $\Delta$ ). O  $\Delta$  foi calculado por meio da diferença entre um dado momento e o valor de referência (basal).

$$\text{Exemplo: } \Delta X_{(\text{pós}, 24\text{h}, 48\text{h})} = X_{(\text{pós}, 24\text{h}, 48\text{h})} - X_{\text{basal}}$$

Primeiramente foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para analisar a normalidade dos dados. Para analisar as diferenças entre os valores médios dos dados da caracterização da amostra (idade, estatura, massa

corporal, % gordura,  $PV_{T-CAR}$  e  $FC_{máx}$ ) dos atletas e dos dados do modelo de jogo simulado ( $FC_{média}$ , PSE da sessão, Distância total percorrida, Distância percorrida  $>20$  km/h e número de *sprints*) foi utilizado ANOVA *One-Way*. As análises da interação das variáveis de desempenho (*sprints* e SJ) e sanguíneas (CK e LDH) ao longo do tempo foram testadas por meio da análise de variância (ANOVA two-way) para medidas repetidas e quando houve diferença foi feito o teste post-hoc de Bonferroni e, no caso da variável CMJ após a análise de variância (ANOVA two-way) foi utilizado o post-hoc LSD. Foi adotado um nível de significância de 5 % para todas as análises, e os dados foram analisados com o auxílio do programa estatístico *Statistical Package for Social Science (SPSS) 17.0*<sup>®</sup>.

Conforme proposto por Hopkins (2006), as análises da inferência baseada na magnitude foram usadas para examinar as diferenças nos marcadores de desempenho e sanguíneos. A menor variação de mudança dos valores (*smallest worthwhile change*) foi calculado (ou seja, 0,2 x desvio padrão) e então determinados os intervalos de confiança (IC) de 90%. As possibilidades de mudanças quantitativas (maior/trivial/menor) foram avaliadas qualitativamente:  $<1\%$ , *quase incerto (almost certainly not)*; 1% a 5%, *muito pouco provável (very unlikely)*; 5% a 25%, *pouco provável (unlikely)*; 25% a 75%, *possivelmente (possible)*; 75% para 95%, *provavelmente (likely)*; 95% a 99%, *muito provavelmente (very likely)*;  $>99\%$ , *quase certo (almost certain)*. Entretanto apenas as diferenças classificadas como igual ou acima de *possivelmente* foram utilizadas como critério para descrever as mudanças entre grupos. A verdadeira diferença foi avaliada como claro quando as chances de ter resultados positivos e negativos foram  $>5\%$ . O *effect size* (ES) foi definido de acordo com a classificação de Cohen (1988):  $<0,2$ : trivial; 0,2-0,5: pequeno; 0,5-0,8: moderado;  $>0,8$ : grande.



#### 4. RESULTADOS

A caracterização antropométrica e da potência aeróbica obtida por meio do teste máximo T-CAR ( $PV_{T-CAR}$ ,  $FC_{máx}$ ) dos atletas pertencentes a cada grupo está apresentada na tabela 1.

**Tabela 1** – Características antropométricas e do teste máximo dos atletas.

<b>Grupos</b>	Controle (n=8) GC	Biocerâmica (n=8) GB	Crioterapia (n=9) GCr	Crioterapia+bio (n=8) GCrB
<b>Variáveis</b>				
Idade (anos)	20,88 ± 3,23	22,63 ± 4,27	22,63 ± 3,25	22,78 ± 3,83
Estatura (cm)	177,00 ± 3,62	173,06 ± 8,19	179,06 ± 8,14	178,39 ± 7,55
Massa corporal (kg)	72,99 ± 11,27	67,96 ± 10,57	75,93 ± 9,20	72,12 ± 7,38
% Gordura	12,96 ± 4,82	12,89 ± 2,78	13,05 ± 1,91	11,02 ± 1,67
$PV_{T-CAR}$ (km.h)	15,19 ± 0,77	15,53 ± 0,99	15,33 ± 0,87	15,71 ± 1,21
$FC_{máx}$ (bpm)	192,75 ± 8,28	195,63 ± 7,21	190,75 ± 9,99	193,89 ± 9,01

Idade = anos; cm = centímetros; kg = quilogramas; % = Percentual;  $FC_{máx}$  = Frequência cardíaca máxima (batidas por minuto);  $PV_{T-CAR}$  = Pico de Velocidade T-CAR (quilômetros por hora).

Não foram encontradas diferenças significativas na idade ( $F = 0,490$ ;  $p = 0,692$ ), nas variáveis antropométricas (Estatura –  $F = 1,144$ ;  $p = 0,348$ , massa corporal –  $F = 0,929$ ;  $p = 0,439$  e % de gordura –  $F = 0,907$ ;  $p = 0,450$ ) e de desempenho físico ( $PV_{T-CAR}$  -  $F = 0,461$ ;  $p = 0,712$  e  $FC_{Máx}$  -  $F = 0,444$ ;  $p = 0,723$ ) dos atletas obtidas no T-CAR entre os grupos.

As características do modelo de indução do dano muscular (jogo simulado) estão apresentadas na tabela 2, a qual demonstra os valores de carga interna ( $FC_{média}$ ; PSE da sessão) e carga externa (Distância percorrida; Distância percorrida  $\geq 20$  km/h e nº de *sprints*) de ambos os grupos.

**Tabela 2** – Caracterização das cargas internas e externas do jogo simulado.

<b>Grupos</b>	Controle	Biocerâmica	Crioterapia	Crioterapia+bio
<b>Variáveis</b>	(n=8) GC	(n=8) GB	(n=9) GCr	(n=8) GCrB
FC <sub>média</sub> (bpm)	162,75 ± 9,13	173,42 ± 7,16	158,30 ± 17,30	164,90 ± 13,65
%FC <sub>máx</sub>	84,44	88,65	82,99	85,05
PSE (u.a.)	585 ± 117,84	765 ± 124,99	562,5 ± 223,06	555 ± 185,54
Dist.Perc.(m)	8373,2 ± 1442,5	9536,4 ± 1094,7	8124,8 ± 1622,9	8649,1 ± 2315,4
<i>Sprints</i> (m)	232,8 ± 92,6	293,0 ± 184,4	293,4 ± 216,9	398,2 ± 312,8
Nº <i>Sprints</i>	15,28 ± 5,15	20,17 ± 10,43	19,25 ± 13,23	22,71 ± 14,45

FC<sub>média</sub> (bpm) = Frequência cardíaca média (batimentos por minuto); %FC<sub>máx</sub> = percentual da frequência cardíaca máxima; PSE = Percepção Subjetiva de Esforço (unidades arbitrárias); Dist.Perc.(m) = Distância Percorrida no jogo (metros); *Sprints* (m) = Distância percorrida em velocidade  $\geq 20$  km/h; Nº de *sprints* = número de *sprints* realizados no jogo ( $\geq 20$  km/h).

Não foram encontradas diferenças significativas nas variáveis de carga interna FC<sub>média</sub> ( $F = 1,453$ ;  $p = 0,265$ ) e PSE da sessão ( $F = 2,814$ ;  $p = 0,057$ ) dos atletas entre os grupos, e quanto as variáveis de carga externa, a distância percorrida foi a mesma para ambos os grupos ( $F = 0,944$ ;  $p = 0,433$ ), e a distância percorrida acima de 20 km/h e o número de *sprints* também não apresentaram diferença significativa ( $F = 0,698$ ;  $p = 0,563$  /  $F = 0,500$ ;  $p = 0,686$  respectivamente).

O comportamento dos marcadores de desempenho muscular (*sprint*, SJ e CMJ) dos grupos está apresentado na tabela 3.



**Tabela 3** – Efeito dos diferentes tratamentos nos marcadores de desempenho muscular.

<b>Grupos</b>	Controle (n=8) GC	Biocerâmica (n=8) GB	Crioterapia (n=9) GCr	Crioterapia+bio (n=8) GCrB
<b>Sprints (s) 20 m</b>				
Basal	2,90 ± 0,06	2,90 ± 0,10	2,92 ± 0,14	2,85 ± 0,06
Pós	2,98 ± 0,06*	3,14 ± 0,40*	2,98 ± 0,19*	2,92 ± 0,08*
24h	2,99 ± 0,09*	2,99 ± 0,07*	2,97 ± 0,15*	2,95 ± 0,09*
48h	2,95 ± 0,06*	2,98 ± 0,09*	2,97 ± 0,15*	2,92 ± 0,11*
<b>Squat jump - SJ (cm)</b>				
Basal	42,35 ± 3,55	43,20 ± 1,95	43,16 ± 2,71	44,49 ± 4,71
24h	39,90 ± 3,39*	40,33 ± 3,56*	41,56 ± 3,92*	43,09 ± 2,95*
48h	40,61 ± 3,35*	41,76 ± 2,63*	41,73 ± 3,41*	42,56 ± 4,70*
<b>Counter movement jump - CMJ (cm)</b>				
Basal	44,17 ± 4,36	45,10 ± 2,17	45,15 ± 4,98	45,97 ± 4,14
24h	41,15 ± 3,93*	43,25 ± 4,67*	44,80 ± 3,78*	44,94 ± 4,69*
48h	42,24 ± 3,62*	44,80 ± 3,80*	44,35 ± 4,06*	43,91 ± 5,94*

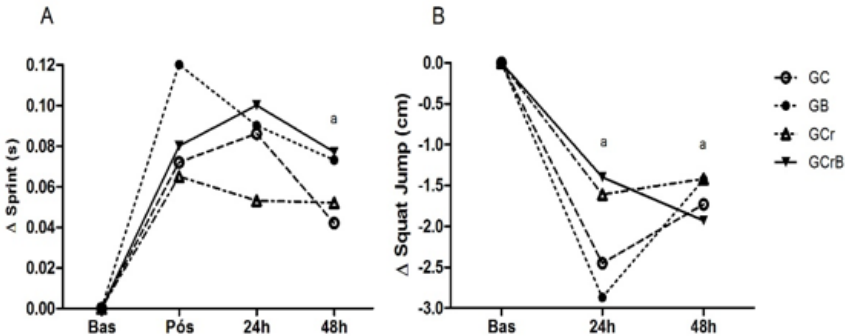
Valores expressos em média e desvio padrão do *Sprint*, *Squat jump* (SJ) e *Counter movement jump* (CMJ) antes (Basal), logo após (Pós), 24 horas (24h) e 48 horas (48h) após o jogo. \*p<0.05 em relação ao Basal.

Não foram encontradas interações do grupo com o tempo para as variáveis de desempenho *sprint* (F = 1,165; p = 0,341), SJ (F = 0,583; p = 0,704) e CMJ (F = 1,054; p = 0,395), entretanto foram encontradas diferenças estatísticas dos valores basais de todos os grupos em relação ao tempo para os marcadores de desempenho *sprint* (F = 6,613; p < 0,05), SJ (F = 13,327; p < 0,05) e CMJ (F = 4,876; p < 0,05).

A análise da inferência baseada na magnitude para o tempo do *sprint* (figura 4A) demonstrou que os valores reportados no GB foram *possivelmente* maiores (mais lento) em 48h (73/22/5; ES= 0.40; 90% CI= -0.18 a 0.98 ± 0.58) que no GC. Para a altura do SJ (figura 4B), os valores do GCrB foram *possivelmente* maiores em 24h (62/33/2; ES= 0.29; 90% CI= -0.10 a 0.68 ± 0.39) que os do GC e *possivelmente* menores em 48h (1/74/25; ES= -0.12; 90% CI= -0.33 a 0.09 ± 0.21) que os do GCr. Já para a altura do CMJ (figura 4C), os valores do GCrB foram *provavelmente* maiores em 24h (81/18/2; ES= 0.41; 90% CI= -0.02 a 0.84 ± 0.43) que os do GC e *possivelmente* menores em 48h que os do GB (4/27/69; ES= -0.34; 90% CI= -0.85 a 0.17 ± 0.51) e que os do GCr (4/39/57; ES= -0.24;

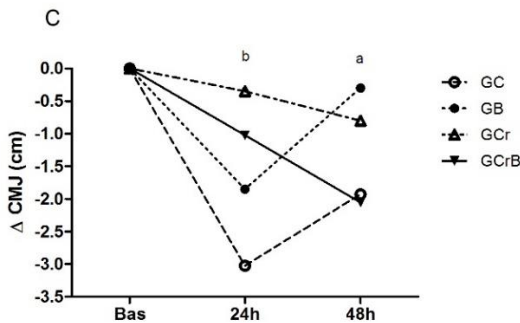
90% CI=  $-0.66$  a  $0.18 \pm 0.42$ ). Para os demais grupos e tempos os valores reportados foram *incertos* e com *effect size* trivial.

**Figura 4** – Variação dos marcadores de desempenho muscular nos diferentes grupos.



Valores de  $\Delta$ sprint antes (Basal), logo após (Pós), 24 horas (24h) e 48 horas (48h) após o jogo. <sup>a</sup>25% a 75% *possivelmente* (GB vs GC em 48h).

Valores de  $\Delta$ squat jump antes (Basal), 24 horas (24h) e 48 horas (48h) após o jogo. <sup>a</sup>25% a 75% *possivelmente* (GCrB vs GC em 24h e GCrB vs GCr em 48h).



Valores de  $\Delta$ counter movement jump antes (Basal), 24 horas (24h) e 48 horas (48h) após o jogo. <sup>b</sup>75% para 95% *provavelmente* (GCrB vs GC em 24h); <sup>a</sup>25% a 75% *possivelmente* (GCrB vs GB e GCrB vs GCr em 48h).

O comportamento dos marcadores sanguíneos (CK e LDH) dos grupos está apresentado na tabela 4.

**Tabela 4** – Efeito dos diferentes tratamentos nos marcadores sanguíneos.

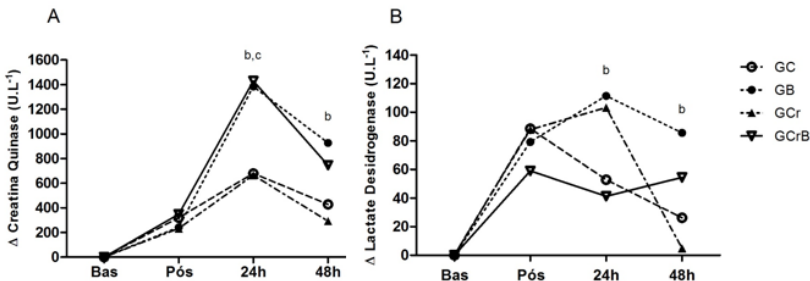
<b>Grupos</b>	Controle (n=8) GC	Biocerâmica (n=8) GB	Crioterapia (n=9) GCr	Crioterapia+bio (n=8) GCrB
<b>Tempos</b>				
<b>Creatina quinase – CK (U/L)</b>				
Basal	195,25 ± 152,93	197,86 ± 63,34	176,50 ± 104,94	212,0 ± 86,02
Pós	514,50 ± 253,77*	439,86 ± 86,36*	409,88 ± 173,44*	561,38 ± 141,07*
24h	874,00 ± 859,58*#	1582,75 ± 1558,48*#	840,88 ± 595,09*#	1642,38 ± 1154,10*#
48h	623,63 ± 439,43*#&	1125,25 ± 875,20*#&	469,88 ± 296,30 *#&	958,44 ± 704,41*#&
<b>Lactato desidrogenase - LDH (U/L)</b>				
Basal	162,00 ± 49,16	179,57 ± 45,30	143,50 ± 43,07	192,00 ± 33,03
Pós	250,50 ± 71,10*	258,71 ± 53,74*	231,38 ± 77,33*	251,00 ± 25,65*
24h	214,88 ± 93,50*	290,88 ± 134,86*	246,75 ± 109,39*	233,63 ± 35,70*
48h	188,25 ± 30,66*	265,14 ± 85,48*	148,25 ± 34,88*	246,44 ± 72,04*

Valores expressos em média e desvio padrão da creatina quinase (CK) e do lactato desidrogenase (LDH) antes (Basal), logo após (Pós), 24 horas (24h) e 48 horas (48h) após o jogo. \* p<0.05 em relação ao Basal; #p<0.05 em relação ao Pós; &p<0.05 em relação a 24h.

Não houve interações entre os grupos com o tempo para os marcadores sanguíneos CK ( $F = 1,240$ ,  $p = 0,311$ ) e LDH ( $F = 1,353$ ;  $p = 0,242$ ). Todavia, foram encontradas diferenças estatísticas dos valores basais de todos os grupos em relação ao tempo para CK ( $F = 21,216$ ,  $p < 0,05$ ) e LDH ( $F = 11,649$ ,  $p < 0,05$ ).

A análise da inferência baseada na magnitude para os marcadores sanguíneos está apresentada na figura 5.

**Figura 5** – Variação dos marcadores sanguíneos nos diferentes grupos.



Valores de Δ creatina quinase antes (Basal), logo após (Pós), 24 horas (24h) e 48 horas (48h) após o jogo.

<sup>b</sup>75% para 95% provavelmente (GB vs GC e GCrB vs GC em 24h; GB vs GC, GCrB vs GC, GCr vs GB e GCrB vs GCr em 48h); <sup>c</sup>95% a 99% muito provavelmente (GCrB vs GCr em 24h).

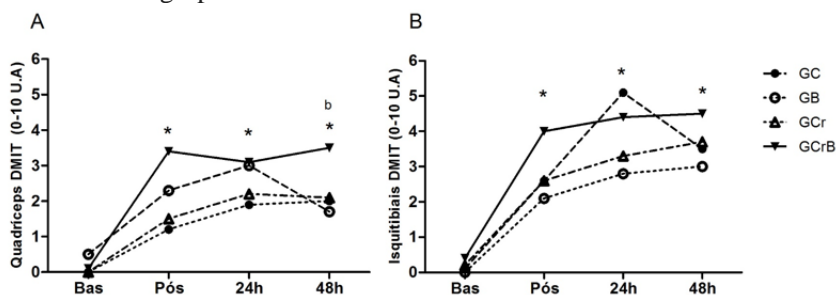
Valores de Δ lactato desidrogenase antes (Basal), logo após (Pós), 24 horas (24h) e 48 horas (48h) após o jogo. <sup>b</sup>75% para 95% provavelmente (GCr vs GC e GCrB vs GCr em 24h; GCr vs GB e GCrB vs GCr em 48h).

A análise para a CK (figura 5A) demonstrou que os valores do GB foram provavelmente maiores em 24h ( $80/16/4$ ;  $ES = 0.53$ ;  $90\% CI = -0.17$  a  $1.23 \pm 0.70$ ) e em 48h ( $86/11/3$ ;  $ES = 0.66$ ;  $90\% CI = -0.07$  a  $-1.39 \pm 0.73$ ) que os do GC, provavelmente maiores no GCrB em 24h ( $90/8/2$ ;  $ES = 0.67$ ;  $90\% CI = 0.05$  a  $1.29 \pm 0.62$ ) e 48h ( $80/16/4$ ;  $ES = 0.50$ ;  $90\% CI = -0.13$  a  $1.14 \pm 0.63$ ) que no GC, provavelmente menores no GCr em 48h ( $2/7/91$ ;  $ES = -0.84$ ;  $90\% CI = -1.67$  a  $0.01 \pm 0.83$ ) que no GB e muito provavelmente maiores no GCrB em 24h ( $97/3/0$ ;  $ES = 0.73$ ;  $90\% CI = 0.27$  a  $1.20 \pm 0.47$ ) e provavelmente maiores em 48h ( $93/6/1$ ;  $ES = 0.73$ ;  $90\% CI = 0.12$  a  $1.34 \pm 0.61$ ) que no GCr.

As análises referentes ao LDH (figura 5B) reportaram que os valores para o GCr foram *provavelmente* maiores em 24h (80/17/4; ES= 0.48; 90% CI= -0.12 to 1.08 ± 0.60) que os do GC e *provavelmente* menores em 48h (4/8/89; ES= -0.88; 90% CI= -1.85 to 0.09 ± 0.97) que os do GB, *provavelmente* menores no GCrB em 24h (4/9/87; ES= -0.76; 90% CI= -1.65 to 0.12 ± 0.89), porém *provavelmente* maiores em 48h (92/7/1; ES= 0.63; 90% CI= 0.12 a 1.13 ± 0.51) que no GCr. Para os demais grupos e tempos os valores reportados foram *incertos* e com *effect size* trivial.

A figura 6 apresenta o comportamento dos marcadores de dor muscular de início tardio para quadríceps e ísquios-tibiais dos quatro grupos.

**Figura 6** – Comportamento da dor muscular de início tardio (DMIT) nos diferentes grupos.



Valores da dor muscular de início tardio do quadríceps (figura 5A) e dos ísquios-tibiais (figura 5B) antes (Basal), logo após (Pós), 24 horas (24h) e 48 horas (48h) após o jogo.

\*Diferença significativa do Basal para o Pós (< 0,001; < 0,001) 24h (< 0,001, < 0,001) e 48h (p = 0,001, < 0,001) para quadríceps e ísquios-tibiais respectivamente.

<sup>b</sup>75% para 95% *possivelmente* (GCrB vs GC e GCrB vs GCr em 48h).

Foram encontradas diferenças estatísticas em relação ao tempo em ambos os grupos tanto para a DMIT do quadríceps (F = 3,793; p < 0,05) quanto para a DMIT dos ísquios-tibiais (F=21,387; p = 0,05). Porém não houveram interações entre os grupos (F = 0,693; p = 0,714 / F = 0,289; p = 0,976) para DMIT de quadríceps e ísquios-tibiais respectivamente. A análise da inferência baseada na magnitude (figura 5A) para a DMIT do quadríceps demonstrou que os valores do GCrB foram *provavelmente*

maiores em 48h que no GC (86/9/5; ES= 0.83; 90% CI= -0.17 a  $1.83 \pm 1.0$ ) e no GCr (82/14/4; ES= 0.57; 90% CI= -0.14 a  $1.27 \pm 0.71$ ). Para os demais grupos e tempos os valores reportados foram *incertos* e com *effect size* trivial.

## 5. DISCUSSÃO

O principal objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos da calça impregnada com biocerâmica e da crioterapia na recuperação muscular após um jogo simulado em jogadores de futebol amador. Assim, foram analisados os efeitos de um jogo simulado de futebol sobre os marcadores indiretos de dano muscular (*sprints*, SJ, CMJ, DMIT, CK e LDH), e a influência de métodos de recuperação divididos em quatro diferentes grupos: Controle (GC), Biocerâmica (GB), Crioterapia (GCr) e Crioterapia+Biocerâmica (GCrB). Os principais achados deste estudo foram: (1) a biocerâmica pode reduzir o desempenho de velocidade (*Sprint* 20m) após 48h o exercício; (2) a combinação da crioterapia com a biocerâmica parece atenuar a perda de desempenho nos saltos (SJ e CMJ) 24h após o exercício; (3) por outro lado, em 48h a combinação dos métodos parece ser prejudicial para os saltos (SJ e CMJ); (4) a biocerâmica parece aumentar as concentrações séricas de CK e LDH após o exercício; (5) a combinação da crioterapia com a biocerâmica pode aumentar a DMIT no quadríceps em 48h.

A caracterização da amostra (idade, estatura, massa corporal, % gordura,  $PV_{T-CAR}$  e  $FC_{máx}$ ) não apresentou diferença estatística entre os grupos (tabela 1), demonstrando homogeneidade entre os atletas, tanto no que diz respeito às características morfológicas quanto as de desempenho máximo de potência aeróbia.

Além disso, as cargas internas ( $FC_{média}$ , PSE da sessão) e externas (Distância percorrida; Distância percorrida  $\geq 20$  km/h; n° de *sprints*) durante o jogo simulado não foram diferentes entre os grupos (tabela 2), de forma que a intensidade dos estímulos, o volume da sessão e o estresse fisiológico e mecânico promovido pelo protocolo de dano muscular foram similares para todos grupos. O que pode não interferir no tempo necessário para a recuperação total de cada atleta, visto que, a recuperação é complexa e influenciada por fatores como o histórico de treinamento, dieta, sono, idade, predominância de tipo de fibra muscular, além de aspectos psicológicos/mentais (NÉDÉLEC et al., 2012; REILLY, THOMAS; EKBLUM, 2005).

A carga interna do jogo simulado, obtida por meio da  $FC_{média}$ , apresentou valores de 165 bpm durante o jogo, o qual corresponde a 85,3 % da  $FC_{máx}$  obtida no T-CAR, quando analisamos todos os grupos juntos. O estudo de Ascensão et al. (2008) com atletas amadores adultos, reportou valores semelhantes aos encontrados neste estudo, sendo  $FC_{média}$  de 173 bpm, equivalente à 87,1% da  $FC_{máx}$ , adicionalmente o estudo de Coelho et al. (2008), com atletas da categoria juvenil de um clube da série

A do campeonato brasileiro, reportou valores médios de FC de 166 bpm. Essas diferenças podem ser explicadas pelo idade e nível de treinamento dos atletas, entretanto a intensidade do jogo deste estudo está coerente com a intensidade reportada em estudos com futebol, a qual fica em torno de 80 – 90% da  $FC_{máx}$  (ASCENSÃO et al., 2008; BANGSBO; MOHR; KRUSTRUP, 2006; HELGERUD et al., 2001; REILLY, T, 1994; STØLEN et al., 2005).

A média dos valores da PSE do jogo (carga interna) encontrada neste estudo, obtido 15 min. após o jogo simulado, foi de  $615,00 \pm 183,02$  u.a., valores similares aos reportados no estudo de Impellizzeri et al. (2004), o qual analisou 476 sessões de atletas da categoria júnior com o objetivo de validar o uso da PSE, e dentre as sessões analisadas os autores reportaram valores de  $625,00 \pm 60,00$  u.a. após jogos de 90 min..

Atualmente as evidências científicas sugerem que a utilização da PSE da sessão é uma ferramenta de baixo custo, simples e confiável para o monitoramento das cargas de treinamento/jogo, além de possuir correlações com FC, concentração de lactato, resposta imune e fadiga (ALEXIOU; COUTTS, 2008; IMPELLIZZERI et al., 2004; NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010).

Quanto a carga externa imposta pelo modelo de dano, a distância total percorrida no jogo simulado foi de  $8651,96 \pm 1700,73$  m, destes  $304,36 \pm 214,02$  m foram percorridos na forma de *sprints* ( $\geq 20$  km/h).

No estudo de Rowsell et al. (2011), foram encontradas distâncias percorridas de  $8227 \pm 339$  m à  $9950 \pm 478$  m dentro de um torneio de futebol com jogadores da categoria júnior, valores semelhantes a um estudo com atletas de elite adultos que reportou distâncias entre  $9752 \pm 241$  m à  $9842 \pm 269$  m (MOHR et al., 2016), mas inferiores a distância total percorrida por jogadores da 1ª divisão da UEFA ( $11,288 \pm 734$  m) (ANDRZEJEWSKI et al., 2012), da Espanha ( $11393 \pm 1016$  m) (DI SALVO et al., 2007) e do Brasil ( $10012 \pm 1024$  m) (BARROS et al., 2007) independentemente da intensidade e posição.

Estudos prévios demonstraram que jogadores de futebol percorrem de 8 a 12 km por partida (BANGSBO; KRUSTRUP, 2008; HENNIG; BRIEHLE, 2000; RAMPININI et al., 2007), podendo variar conforme a posição, idade, nível competitivo e metodologia utilizada (análise de vídeo ou GPS).

Dentro das ações executadas pelos atletas durante o jogo, os *sprints* costumam representar apenas 1 – 3% destas ações (HOFF; HELGERUD, 2004), entretanto as acelerações, desacelerações e mudanças de direção oriundos destas ações de alta intensidade contribuem para a acidose metabólica e o consequente prejuízo para as



fibras musculares, reduzindo a capacidade de gerar tensão e a afinidade do oxigênio com a hemoglobina (BERTUZZI et al., 2009).

A diferença de critérios adotados para determinar ações de *sprints* dificulta a comparação entre estudos, todavia, Mohr et al. (2016) verificaram em seu estudo que os atletas percorrem distâncias de  $268\pm 48$  a  $320\pm 37$  m na forma de *Sprint* numa competição de 1 semana, e o acúmulo destas ações pode interferir no desempenho da próxima partida. Andrzejewsky et al. (2012) relataram distâncias médias de *sprint* de  $255\pm 138$  m para atletas da liga UEFA, já para atletas espanhóis, Di Salvo et al. (2007) encontraram a distância de  $337\pm 62$ , e para atletas brasileiros, Barros et al. (2007) reportaram a distância de  $437\pm 171$  m durante os jogos.

A análise da demanda do jogo simulado demonstrou que o protocolo de dano deste estudo gerou estresse fisiológico e mecânico similar aos demais estudos com futebol, mostrando que as repostas foram próximas a jogos com atletas deste desporto e que o protocolo cumpriu seu propósito de induzir dano muscular, determinado por meio dos marcadores indiretos. As diferenças encontradas entre os estudos citados podem se dar pelo nível competitivo e rotina dos atletas, visto que os sujeitos do nosso estudo são atletas universitários e treinam apenas 2 vezes por semana, pela idade e pelas diferentes metodologias adotadas.

O resultado mais expressivo encontrado neste estudo foi em relação ao tempo, no qual todos os marcadores de danos musculares (SJ, CMJ, *Sprint*, DOMIT, CK e LDH) permaneceram alterados em relação aos valores basais (após 48h do término do jogo simulado).

Os resultados sustentam a hipótese I, na qual era esperado que houvesse diferença significativa dos valores basais nas variáveis de desempenho (SJ, CMJ, *Sprint* e DOMIT) e sanguíneas (CK e LDH) em relação aos valores pós jogo. Tanto os marcadores de desempenho quanto os sanguíneos apresentaram redução da *performance* e concentrações séricas elevadas depois do jogo, corroborando com os estudos de Ascensão et al. (2008) e Elias et al. (2013) que demonstraram que 48h à 72h não são suficientes para que os valores dos marcadores de dano (desempenho e sanguíneos) retornem as suas condições basais.

Tais achados refletem os maiores riscos de lesões, *overtraining* e consequente queda de *performance* (DA SILVA; MACEDO, 2011; SMITH, 2000) dos atletas no jogo seguinte e no decorrer da temporada caso o tempo de recuperação não seja respeitado, fato que se deve à grande demanda que um jogo de futebol implica, principalmente, sobre o metabolismo aeróbio (ANDRZEJEWSKI et al., 2012; BANGSBO; KRUSTRUP, 2008), o qual aumenta o débito cardíaco, o fluxo sanguíneo,

a liberação de catecolaminas, o tráfico de leucócitos, e também as altas exigências contráteis excêntricas típicas da modalidade (ASCENSÃO et al., 2008; MOHR et al., 2016).

Os marcadores neuromusculares de saltos e *sprint* são frequentemente usados como meios confiáveis de quantificar o dano muscular induzido pelo exercício (ASCENÇÃO et al., 2011; NÉDÉLEC et al., 2012; ELIAS et al., 2013). No presente estudo, nenhum método de recuperação foi capaz de alterar de maneira significativa a cinética das respostas destes marcadores. Contudo, os resultados demonstram que o GB teve seu desempenho diminuído para o *Sprint* em comparação ao GC 48h após o jogo. Em adição, para as variáveis de potência muscular (SJ e CMJ), os resultados apontam um efeito favorável a combinação da biocerâmica com a crioterapia (GCrB) em atenuar a queda de performance 24h após o jogo, entretanto em 48h os resultados são desfavoráveis ao GCrB em relação aos grupos que utilizaram métodos isolados (biocerâmica/GB e crioterapia/GCr).

Estudos com crioterapia divergem sobre os efeitos no desempenho físico após o exercício. O estudo de White et al. (2014), após um protocolo composto por 12 *sprints* máximos de 120 m com homens fisicamente ativos, demonstrou que a crioterapia (IAF - 10min./10°C) foi capaz de reestabelecer a potência muscular (SJ) em 48h. Ainda em acordo com a premissa de que a crioterapia pode influenciar positivamente a potência muscular, o estudo de Abaidia et al. (2016) mostrou que a crioterapia de imersão em água fria (IAF) é mais eficaz na recuperação de CMJ do que a crioterapia de corpo inteiro (CCI) em 72h pós exercício.

Um estudo com atletas de futebol profissional, encontrou resultados eficazes para os marcadores de desempenho físico, no qual o protocolo (IAF - 14min/12°C) foi capaz de reestabelecer a capacidade anaeróbia (*Sprint*) e a potência muscular (SJ e CMJ) 48h após o término da partida (ELIAS et al., 2013). Já no estudo de Ascensão et al. (2011), uma sessão de crioterapia (IAF - 10min./10°C) resultou na atenuação da diminuição da CVM 24h após um jogo de futebol, mas não mostrou efeito para a habilidade de *Sprint* (20 m), SJ e CMJ, achados que corroboram em parte com o presente estudo. Os autores sugerem que os resultados apoiam a sensibilidade específica de um teste de desempenho muscular mais contrátil dependente, como é o caso da CVM em comparação com o *sprint* e os saltos.

A pesquisa de Rowsell et al. (2009) com atletas da categoria júnior, também não observou melhoras para as variáveis de velocidade e potência muscular com a utilização de crioterapia dentro de um torneio

de futebol de 4 dias com o protocolo composto por IAF de 5 x 1mim/10°C.

O estudo de Hausswirth et al. (2011) comparou o efeito isolado da crioterapia de corpo inteiro (CCI), da emissão de infravermelho longo (EIL – lâmpadas) e da recuperação passiva após um protocolo de dano muscular composto por uma corrida simulada em esteira. A crioterapia foi capaz de recuperar a capacidade de CVM, a percepção de dor e de cansaço em 1h após o exercício, enquanto a EIL recuperou a CVM em 24h e a dor em 48h, não sendo capaz de modificar a recuperação do cansaço percebido. A crioterapia ainda aumentou os valores da percepção de bem-estar 24h após o exercício quando comparado com o momento pós exercício, entanto os valores da EIL para o bem-estar foram superiores aos do pós exercício apenas em 48h.

Ainda não estão claros os efeitos dos MBEIL em humanos após o exercício físico para os marcadores de desempenho, todavia o estudo preliminar de Cidral-Filho et al. (2014) atrelado a atletas de basquetebol, mostrou efeitos positivos na utilização desse tipo de tratamento no aumento da flexibilidade, da força muscular da mão e na capacidade respiratória após 4 semanas de uso (uso crônico), diferentemente do nosso estudo no qual a utilização se deu por 2 dias.

Além disso, o estudo de Leung et al. (2013), avaliou os efeitos fisiológicos do material biocerâmico sobre a regulação parassimpática e simpática em atletas e não-atletas durante três avaliações: teste de degrau de Harvard (HST), taxa de metabolismo de repouso (TMR) e teste de corrida em esteira (TRT - 30min. a 6km/h c/ inclinação de 2%). Os autores relataram que os MBEIL aumentaram a ativação parassimpática nos sujeitos não-atletas e diminuíram a ativação simpática nos atletas no teste de degrau, verificado por meio do cálculo da variabilidade da FC. Quanto ao metabolismo de repouso, o grupo placebo apresentou média de consumo de oxigênio maior que o grupo biocerâmica, e durante o teste de esteira, o grupo biocerâmica apresentou uma tendência de maior estabilização das variáveis mensuradas durante o teste (temperatura, PSE, FC e frequência respiratória). Fatos que podem vir a contribuir com a *performance* em treinamentos e competições predominantemente aeróbicas, como é o caso do futebol.

Cabe ressaltar que foi encontrado apenas um estudo publicado relacionando a utilização de materiais biocerâmicos impregnados em tecidos (calça) com a recuperação pós-exercício, e este trabalho teve como objetivo verificar os efeitos deste método nos marcadores de dano muscular após um protocolo de pliometria em jogadores de futebol. Os autores verificaram que os MBEIL não modificaram a cinética das

respostas de SJ e CMJ no período de 72 h após o exercício. No estudo citado, o protocolo de dano muscular (10 x 10 DJ) não gerou queda de desempenho para estes marcadores, motivo pelo qual os autores entendem que o método pode não ter apresentado efeitos positivos para o desempenho (LOTURCO et al., 2016).

Estudos prévios do nosso grupo de pesquisa ainda não publicados com homens fisicamente ativos após um protocolo de dano muscular composto por de 3 séries de 30 repetições à 60%/s concêntrica/excêntrica de quadríceps com 30 segundos de recuperação entre as séries, e a utilização da calça impregnada com MBEIL imediatamente após, 24h, 48h e 72h depois do protocolo, sempre por um período de 2h, apresentaram diminuição no desempenho de CVM nos momentos pré 24h e pós 48h para o grupo experimento em relação ao grupo placebo (controle).

Dados que corroboram com os nossos achados, os quais sugerem que o uso contínuo da biocerâmica (duas noites seguidas) pode prejudicar o desempenho (*Sprint*, SJ e CMJ) 48h após o exercício.

No nosso estudo, a utilização da crioterapia de forma isolada não produziu efeitos nos marcadores de desempenho muscular, em contrapartida, a calça impregnada com biocerâmica associada a crioterapia pode ser uma opção viável em termos de recuperação dentro de competições com jogos em dias seguidos, visto que esta estratégia apresentou a menor queda de desempenho 24h após o jogo para a altura de ambos os saltos. Confirmando em parte a hipótese II deste estudo, na qual esperava-se que o GCrB tivesse os melhores resultados quanto ao desempenho físico dentre os grupos, em contrapartida, como já mencionando, 48h após o jogo, o GCrB apresentou as piores respostas de desempenho físico (SJ e CMJ).

Embora algumas evidências científicas tenham sido relatadas sobre os efeitos biológicos e os mecanismos dos materiais biocerâmicos sobre o desempenho muscular, grande parte se deu por observações clínicas. Entretanto alguns pesquisadores demonstraram que mediadores inflamatórios, como o fator de necrose tumoral *alfa* (TNF- $\alpha$ ), podem inibir a força de contração nos músculos esqueléticos a nível miofibrilar, (HARDIN et al., 2008) e explicar parcialmente a perda de potência muscular e diminuição do desempenho.

Informação que pode nos ajudar a entender o motivo pelo qual a diminuição do desempenho foi atenuada em 24h (SJ e CMV) e potencializada em 48h (*Sprint*, SJ e CMJ). Partindo da premissa que a biocerâmica é capaz de produzir calor e aumentar a microcirculação periférica (YANG et al., 2010), e que este aumento da circulação está

relacionado a maior mobilização de células leucocitárias para o tecido lesado, principalmente macrófagos (DA SILVA; MACEDO, 2011), podemos especular que o acúmulo da utilização da biocerâmica pode ter contribuído para a quimiotaxia de citocinas e outras células que mediam a resposta inflamatória, como o TNF- $\alpha$ , e conseqüentemente ter prejudicado o desempenho.

Em relação as variáveis sanguíneas, CK e LDH, duas substâncias intramusculares, são costumeiramente usadas como potentes marcadores de dano muscular quando atravessam a membrana sarcoplasmática, de modo que quando encontradas em maior quantidade na corrente sanguínea indicam dano na membrana muscular (FOSCHINI; PRESTES; CHARRO, 2007).

As microlesões musculares em decorrência do jogo de futebol, principalmente das ações excêntricas (saltos, acelerações, trocas de direção e frenagens) e do volume total da atividade, implicam em uma magnitude das concentrações sanguíneas de proteínas como CK e LDH. Estudos com o futebol tem feito uso de CK para controlar a carga de treino/jogo e o estresse metabólico desencadeado pelas partidas afim de monitorar a periodização e intervir na rotina dos atletas, evitando lesões e *overtraining* (LAZARIM et al., 2009; MORANDI et al., 2011).

No nosso estudo, as concentrações sanguíneas destas enzimas proteicas permaneceram acima dos valores de referência até 48h após o jogo, e a CK apresentou seu pico em 24h, com valores médios de 1235,00 U/L, que quando comparados com estudos com atletas profissionais da primeira divisão do futebol brasileiros, são superiores (MORANDI et al. 2001).

O estudo de Morandi et al. (2011) com atletas profissionais teve como objetivo analisar a cinética da concentração plasmática de CK em coletas durante a temporada competitiva, para isso foram coletadas amostras nos momentos 12-20h, 36-48h, 60-65h e 90-110h após jogos, e encontraram picos de CK no momento 12-20h com valores médios de 785,8 $\pm$ 95,5 U/L. Além disso observaram que o treinamento interfere na cinética das concentrações deste marcador de dano, pois os valores no momento 60-65h foram de 299,1 $\pm$ 30,5 U/L, valores que os autores entendem serem normais para o período competitivo. Com o mesmo objetivo, Lazarim et al. (2009) analisaram 128 jogadores profissionais durante o campeonato Brasileiro e determinaram o limite superior de CK representado pela faixa de 1338 U/L a 975 U/L, o qual seria uma zona limítrofe para o aparecimento de lesões e queda de desempenho, além de permitir de forma individual a medição de qual ponto o atleta se encontrada e auxiliar na prescrição das cargas de treino.

Ascensão et al. (2008), em seu estudo com o objetivo de analisar o estresse fisiológico de uma partida amistosa em jogadores da segunda divisão, encontraram picos de CK entre 24 e 48h após o jogo, com valores equivalentes a aproximadamente 800 U/L. Os autores também verificaram que após 72h os valores de CK ainda eram superiores aos de referência, corroborando com a ideia de que se faz necessária a utilização de métodos de recuperação no futebol (NÉDÉLEC et al., 2012; REILLY, THOMAS; EKBLUM, 2005). Altas concentrações destas proteínas intramusculares no meio extracelular indicam indiretamente lesão de sarcolema, e estão relacionadas com o aparecimento de DMIT (BEZERRA et al., 2016), de inflamação e de estresse oxidativo (CRUZAT et al., 2007; DA SILVA; MACEDO, 2011). Entretanto é prudente reportar que estas proteínas apresentam grandes variações, dependente da individualidade biológica do atleta, do nível de treinamento, do esporte e do momento dentro da temporada, assim deve-se tomar certos cuidados ao utilizar este tipo de marcador de maneira coletiva e ao compara-lo com outros estudos em contextos diferentes.

A hipótese III deste estudo não foi confirmada, visto que a utilização da crioterapia (GCr e GCrB) não proporcionou um efeito de vasoconstrição suficiente para que fosse evitado o menor extravasamento de CK e LDH, como esperado. Ao que parece, as características vasodilatadoras oriundas do calor dos MBEIL exacerbaram o extravasamento de CK, e quando combinada com a crioterapia potencializaram ainda mais esse efeito, já para o LDH, a combinação parecer atenuar o aumento das concentrações em 24h mas em 48h tem um comportamento similar ao da CK.

Ascensão et al. (2011), com o objetivo de verificar os efeitos de uma sessão de crioterapia nos marcadores indiretos de dano muscular, realizaram um estudo com vinte jogadores da liga portuguesa de futebol da categoria júnior, que foram divididos em um grupo crioterapia (IAF - 10min./10°C) e outro IAT (10min./35°C). A IAF apresentou menores concentrações de CK em 24h e 48h, de Mb em 24h e de proteína C-reativa em 30min e 24h após o jogo quando comparado com a IAT.

Entretanto Rowsell et al. (2009) durante um campeonato de futebol com 4 jogos em dias seguidos com atletas da categoria júnior, observaram que as concentrações de CK e LDH aumentaram ao decorrer do tempo e que a IAF (5 x 1min./10°C) e a IAT (5 x 1min./34°C) não apresentaram diferenças para estas variáveis, nem para as variáveis relacionadas a inflamação.

Os efeitos da biocerâmica foram testados em alguns estudos quanto os marcadores sanguíneos. Loturco et al. (2016) após um

protocolo de pliométrie com 21 atletas de futebol, encontraram aumento nas concentrações séricas de CK, e depois da utilização de uma calça com MBEIL por 3 dias não verificaram diferença para esta variável quando comparado ao grupo placebo.

Nosso estudo ainda não publicado, mostrou que após um protocolo de dano muscular para quadríceps e com o uso de 2h da calça com MBEIL, não foram observadas diferenças para CK, entretanto os valores apontam que o grupo que usou a biocerâmica apresentou menores concentrações plasmáticas de LDH em 24hs, mas maiores em 48h quando comparado com o grupo placebo (controle), comportamento similar ao do presente estudo.

Uma explicação possível para o aumento de CK e LDH seria devido aos efeitos vasodilatadores da biocerâmica (LIN, CHIH-CHING et al., 2007), os quais contribuem para a passagem de substâncias pelas células endoteliais por meio da diapedese, por ter sido aplicada em maior predominância do que a crioterapia (relação de 2:1).

Estudos tem atribuído ao tipo de exercício e a sobrecarga sofrida pelo organismo à magnitude do dano muscular, que acomete as linhas Z, o sarcolema, os túbulos T e as miofibrilas, e acarreta no extravasamento de enzimas e proteínas, e à uma leucocitose temporária que possui relação com a sinalização da dor (FOSCHINI et al., 2007). A dor causada pelas microlesões musculares induzidas pelo exercício físico frequentemente tem seu pico entre 24 e 48 horas após o exercício (ASCENSÃO et al., 2011; CRUZAT et al., 2007), podendo desaparecer em 72h após jogos de futebol (ASCENSÃO et al., 2008; BEZERRA et al., 2016). (BEZERRA et al., 2016)

Quanto a DMIT, os grupos que sofreram intervenção com biocerâmica e/ou crioterapia (GB, GCr e GCrB) não apresentaram diminuição de dor ao longo do tempo, contrariando a nossa hipótese IV, na qual acreditava-se que os grupos que sofressem intervenção quanto os métodos de recuperação teriam um menor grau de dor em relação ao grupo controle. Ao contrário do esperado, a combinação dos dois métodos (GCrB) aumentou a dor em 48h em comparação ao GC e ao GCr para o quadríceps.

Mesmo alguns estudos tendo encontrando diminuição da dor após o uso da crioterapia (ASCENSÃO et al., 2011; ROWSELL et al., 2011; ELIAS et al., 2013), outros corroboram com os nossos achados, nos quais a crioterapia não foi capaz de atenuar a dor (KAHANOV et al., 2012; WHITE et al., 2014). Já os MBEIL apresentaram efeitos analgésicos em estudos com humanos com objetivos terapêuticos

(LEUNG et al., 2012) e com o objetivo de recuperação muscular após o protocolo de 100 DJ em 48h e 72h (LOTURCO et al., 2016).

Por fim o estudo que comparou a eficácia da crioterapia (CCI), da EIL (lâmpadas) e da recuperação passiva após uma trilha simulada em corredores de resistência altamente treinados, mostrou que a condição EIL diminuiu a dor em 1h e a condição crioterapia em 48h após o uso dos respectivos métodos de recuperação em comparação com os valores logo após o exercício. (HAUSSWIRTH et al., 2011).

No presente estudo, o efeito concorrente da biocerâmica aos efeitos da crioterapia podem explicar parcialmente o aumento da DMIT em 48h no grupo que combinou ambos os tratamentos (GCrB).

Os mecanismos responsáveis pelo aparecimento da DMIT tem sido extensivamente discutidos na literatura, porém a teoria de Armstrong (1984) ainda é bem aceita, e relaciona a DMIT ao processo inflamatório. A explicação do autor cita que após um estresse mecânico, substâncias vasodilatadoras são liberadas pelo tecido lesado, logo após, inicia-se o influxo de leucócitos para o local injuriado. Os neutrófilos são a primeira subpopulação a chegar e dar início ao processo de fagocitose para posterior regeneração do tecido. Em seguida, monócitos migram para o local e quando saem do sangue e chegam ao tecido, são chamados de macrófagos, liberando subprodutos (prostaglandinas, histaminas, cininas e K+) os quais são os possíveis sinalizadores da dor. Além disso, o acúmulo de substâncias no interstício também contribui para o aparecimento de dor, as quais comprimem as terminações nervosas levando a sensação da DMIT (ARMSTRONG, 1984).

Estudos tem sugerido o uso de mais de um método de recuperação após uma sessão aguda de exercícios no futebol (NÉDÉLEC et al., 2013; REILLY, THOMAS; EKBLÖM, 2005). No presente estudo, associar a calça impregnada com biocerâmica com a crioterapia mostrou-se prejudicial no desempenho neuromuscular em 48h mas atenuou a queda em 24h, e aumentou a percepção de dor no quadríceps em 48h, além de aumentar as concentrações séricas de CK e LDH, estas últimas que podem promover adaptações ao treinamento e não necessariamente serem prejudiciais.

No entanto, a falta de padronização quanto as quantidades de MBEIL impregnados nos tecidos e o tempo de exposição ao referido método precisam ser melhor investigadas, afim de determinar a dose-resposta ideal para que sejam observados seus efeitos no organismo após exercícios físicos intensos. Assim, são necessários novos estudos para elucidar estas questões utilizando outras metodologias e contextos (ex. adaptações ao treinamento), como em outros esportes (ex. corrida,



ciclismo, rugby) e quanto a outros parâmetros (ex. PV, Economia de corrida,  $VO_{2\text{máx}}$ ), por exemplo.



## 6. CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que um jogo simulado de futebol de 90 min. apresenta ações excêntricas suficientes para gerar dano muscular de forma que possa comprometer o desempenho muscular (*sprints*, SJ e CMJ), aumentar as concentrações de proteínas intramusculares (CK e LDH) na corrente sanguínea e causar dor muscular durante as 48h após do término da partida.

A utilização da calça impregnada com biocerâmica por 6 à 8h durante duas noites de sono e da crioterapia na forma de imersão em água fria na posição sentada por 10 min. à 10C°, não foram capazes de modificar a cinética da recuperação dos marcadores indiretos de dano muscular durante o período do estudo. No entanto, a associação da biocerâmica com a crioterapia resultou em um efeito rebote para a potência muscular, apresentando benefícios em 24h e prejuízos em 48h, além de aumentar as concentrações séricas dos marcadores sanguíneos e o aparecimento de desconforto muscular.

Com base nos resultados obtidos neste estudo, novas pesquisas são necessárias para melhor compreender os efeitos dos MBEIL na linha da recuperação muscular e nas adaptações relacionadas ao treinamento.

Em resumo, 48h de repouso não são suficientes para a recuperação total dos atletas de futebol amador, exigindo um período maior entre um jogo e outro, independentemente de usar os métodos analisados neste estudo de forma associada ou isolada, ou promover uma recuperação passiva.



## **7. LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

As limitações do presente estudo foram: (1) a falta de precisão no controle sobre a rotina de alimentação, sono e nível de repouso dos atletas (AVDs); (2) o não acompanhamento dos atletas até 72h após o jogo simulado por falta de disponibilidade da equipe e logística; (3) a falta de um teste mais contrátil dependente (CVM); (4) a amostra, quando distribuída entre os grupos, não ser tão grande e (5) as demandas do jogo não terem sido completamente iguais para todos os grupos.



## REFERÊNCIAS

- ABAÏDIA, A.-E. et al. Recovery From Exercise-Induced Muscle Damage: Cold Water Immersion Versus Whole Body Cryotherapy. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, p. 1-23, 2016.
- ALEXIOU, H.; COUTTS, A. J. A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 3, n. 3, p. 320-330, 2008.
- AMORIM, A. G.; TIRAPEGUI, J. Aspectos atuais da relação entre exercício físico, estresse oxidativo e magnésio. **Revista de Nutrição**, v. 21, n. 5, p. 563-575, 2008.
- ANDERSSON, H. M.; RASSAT, T; NILSSON, J.; PAULSEN, G; GARTHE, I.; KADI, F. Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, n. 2, p. 372-380, 2008.
- ANDRZEJEWSKI, M.; CHMURA, J.; PLUTA, B.; KASPRZAK, A. Analysis of motor activities of professional soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 6, p. 1481-1488, 2012.
- ARMSTRONG, R. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 16, n. 6, p. 529-538, 1984.
- ASCENSÃO, A.; LEITE, M.; REBELO, A. N.; MAGALHÃES, S.; MAGALHÃES, J. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. **Journal of sports sciences**, v. 29, n. 3, p. 217-225, 2011.
- ASCENSÃO, A. REBELO, A.; OLIVEIRA, E.; MARQUES, F.; PAREIRA, L.; MAGALHÃES, J. Biochemical impact of a soccer match—analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. **Clinical biochemistry**, v. 41, n. 10, p. 841-851, 2008.
- ASSUMPCAO, C. D. O.; LIMA, L. C. R.; OLIVEIRA, F. B. D.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Exercise-induced muscle damage and running economy in humans. **The Scientific World Journal**, v. 2013, 2013.

BAGNATO, G. L.; MICELI, G.; ATTERITANO, M.; MARINO, N.; BAGNATO, G. F. Far infrared emitting plaster in knee osteoarthritis: a single blinded, randomised clinical trial. **Reumatismo**, v. 64, n. 6, p. 388-394, 2012.

BAILEY, D. M.; ERITH, S. J.; GRIFFIN, P. G.; DOWSON, A.; BREWER, D. S.; GANT, N.; WILLIAMS, C. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. **Journal of sports sciences**, v. 25, n. 11, p. 1163-1170, 2007.

BANGSBO, J.; KRUSTRUP, P. 55 Physical demands and training of top-class soccer players. **Science and football VI**, p. 318, 2008.

BANGSBO, J.; MOHR, M.; KRUSTRUP, P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. **Journal of sports sciences**, v. 24, n. 07, p. 665-674, 2006.

BARROS, R. M. L.; MISUTA, M. S.; MENEZES, R. P.; FIGUEROA, P. J.; MOURA, F. A.; CUNHA, S. A.; ANIDO, R.; LEITA, N. J. Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. **Journal of Sports Science and Medicine**, p. 233-242, 2007.

BERTON, R. P. D. B.; LIBARDI, C. A.; CONCEIÇÃO, M. S.; BONGANHA, V.; NOGUEIRA, F. R. D.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T.; CAVAGLIERI, C. R.; MADRUGADA, V. A. Dano muscular: resposta inflamatória sistêmica após ações excêntricas máximas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 26, n. 3, p. 367-374, 2012.

BEZERRA, J. A.; SILVA, R. P. M.; JÁCOME, J. G.; FARIAS, N. S.; LIMA, J. A. F.; MARTINS, F. S. B.; SANTOS, J. A. R. Respostas da crioterapia na sensação subjetiva de dor muscular após jogo de futebol. **Revista Brasileira de Futebol (The Brazilian Journal of Soccer Science)**, v. 8, n. 1, p. 54-61, 2016.

BIEUZEN, F.; BRISWALTER, J.; EASTHOPE, C.; VERCRUYSSSEN, F.; BERNARD, T.; HAUSSWIRTH, C. Effect of wearing compression stockings on recovery after mild exercise-induced muscle damage. **International journal of sports physiology and performance**, v. 9, n. 2, p. 256-264, 2014.



BILLAT, V. L.; FLECHET, B.; PETIT, B.; MURIAUX, G. KORALSZTEIN, J. P. Interval training at VO<sub>2</sub>max: effects on aerobic performance and overtraining markers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 31, p. 156-163, 1999.

BRENTANO, M.; MARTINS, K. L. A review on strength exercise-induced muscle damage: applications, adaptation mechanisms and limitations. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 51, n. 1, p. 1-10, 2011.

BRUNELLI, D. T., RODRIGUES, A.; LOPES, W. A.; GÁSPARI, A. F.; BONGANHA V.; MONTAGNAER, P. C.; BORIN, J. P.; CAVAGLIERI, C. R. Monitoring of immunological parameters in adolescent basketball athletes during and after a sports season. **Journal of sports sciences**, v. 32, n. 11, p. 1050-1059, 2014.

CARMINATTI, L.; LIMA-SILVA, A.; DE-OLIVEIRA, F. Aptidão Aeróbia em esportes intermitentes: evidências de validade de construto e resultados em teste incremental com pausas. **Rev Bras Fisiol Exerc (resumo)**, v. 3, n. 1, p. 120, 2004.

CIDRAL-FILHO, F. J.; JARVIS, M.; MIDTTUN, C.; MARTINS, D. F. Effect of Far Infrared Emitted by Bioceramics on Clinical Measures of Physical Fitness. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 20, n. 5, p. A71-A71, 2014.

CIDRAL-FILHO, F. J.; MARTINS, D. F. Neurobiological mechanisms and perspectives on far-infrared emitting ceramic materials for pain relief. **Journal Yoga Physical Therapy**, v. 4, n. 159, p. 2, 2014.

CONRADO, L. A. L.; MUNIN, E. Reductions in body measurements promoted by a garment containing ceramic nanoparticles: a 4-month follow-up study. **Journal of cosmetic dermatology**, v. 12, n. 1, p. 18-24, 2013.

COOKE, M. B.; RYBALKA, E.; WILLIAMS, A. D.; CRIBB, P. J.; HAYES, A. Creatine supplementation enhances muscle force recovery after eccentrically-induced muscle damage in healthy individuals. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2009.

CRUVINEL, W. D. M.; MESQUITA JÚNIOR, D.; ARAÚJO, J. A. P.; CATELN, T. T. T.; DE SOUZA, A. W. S.; DA SILVA, N. P.; ANDRADE, L. E. C. Sistema imunitário: Parte I. Fundamentos da imunidade inata com ênfase nos mecanismos moleculares e celulares da resposta inflamatória. **Revista Brasileira Reumatologia**, v. 50, n. 4, p. 434-447, 2010.

CRUZAT, V. F.; ROGERO, M. M.; BORGES, M. C.; TIRAPUEGI, J. Aspectos atuais sobre estresse oxidativo, exercícios físicos e suplementação. **Revista Brasileira Medicina Esporte**, v. 13, n. 5, p. 336-42, 2007.

DA SILVA; MACEDO, D. V. Exercício físico, processo inflamatório e adaptação: uma visão geral. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 13, n. 4, p. 320-328, 2011.

DA SILVA, J. F.; GUGLIELMO, L. G. A.; FLORIANO, L. T.; ARIANS, F. B.; DITTRICH, N. Aptidão aeróbia e capacidade de sprints repetidos no futebol: comparação entre as posições. **Revista Motriz**, v. 15, n. 4, p. 861-870, 2009.

DE MORAES BERTUZZI, R. C. Metabolismo do lactato: uma revisão sobre a bioenergética e a fadiga muscular. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 11, n. 2, p. 226-234, 2009.

DE NARDI, M.; LA TORRE, A.; BARASSI, A.; RICCI, C.; BANFI, G. Effects of cold-water immersion and contrast-water therapy after training in young soccer players. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 51, n. 4, p. 609-615, 2011.

DE SOUZA, C. T.; DE MEDEIRO, C.; DA SILVA, L. A.; SILVEIRA, T. C.; SILVEIRA, P. C.; DE PINHO, C. A.; SCHEFFER, D. P. D.; PINHO, R. A. Avaliação sérica de danos musculares e oxidativos em atletas após partida de futsal. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 12, n. 4, p. 269-274, 2010.

DELESTRAT, A.; CALLEJA-GONZÁLES, J; HIPPOCRATE, A.; CLARKE, N. D. Effects of sports massage and intermittent cold-water immersion on recovery from matches by basketball players. **Journal of sports sciences**, v. 31, n. 1, p. 11-19, 2013.

DI SALVO, V.; BARON, R.; TSCHAN, H.; MONTERO, F. J. C.; BACHL, N.; PIGOZZI, F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. **International journal of sports medicine**, v. 28, n. 03, p. 222-227, 2007.

DOS SANTOS, A. N. B. **Efeitos da Radiação no Infravermelho Longo em Pacientes Portadores de Síndrome da Fibromialgia**. 2006. Dissertação de Mestrado, UNIVAP.

DUFFIELD, R.; MURPHY, A.; KELLETT, A.; REID, M. Recovery from repeated on-court tennis sessions: combining cold-water immersion, compression, and sleep recovery interventions. **International journal of sports physiology and performance**, 2014.

ELIAS, G. P.; WYCKELSMAN, V. L.; VARLEY, M. C.; MACKENNA, M. J.; AUGHEY, R. J. Effectiveness of water immersion on postmatch recovery in elite professional footballers. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 8, n. 3, p. 243-54, 2013.

EMER, A. A., MADEIRA, F., CIDRAL-FILHO, F. J., MARTINS, D. F. Effect of Far Infrared Emitted by Bioceramics on Parameters of Physical Performance in Mice. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 20, n. 5, p. A34-A34, 2014.

FAULKNER, J. A. Physiology of swimming and diving. **Exercise Physiology**, p. 415-446, 1968.

FORTE, W. C. N. **Imunologia: do básico ao aplicado**. 2. Porto Alegre: Artmed, 2007.

FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M. A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 9, n. 1, p. 101-6, 2007.

FREITAS, V. H.; DE SOUZA, E. A.; OLIVEIRA, R. S.; PEREIRA, L. A.; NAKAMURA, F. Y. Efeito de quatro dias consecutivos de jogos sobre a potência muscular, estresse e recuperação percebida, em jogadores de futsal. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 28, n. 1, p. 23-30, 2014.

FREITAS, V. H. D.; NAKAMURA, F. Y.; ANDRADE, F. C.; PEREIRA, L. A.; COIMBRA, D. R.; FILHO, M. G. B. Pre-competitive physical training and markers of performance, stress and recovery in young volleyball athletes. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 17, n. 1, p. 31-40, 2015.

HARDIN, B. J. CAMPBELL, K. S.; SMITH, J. D.; ARBOGAST, S.; SMITH, J.; MOYLAN, J. S.; REID, M. B. TNF- $\alpha$  acts via TNFR1 and muscle-derived oxidants to depress myofibrillar force in murine skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 3, p. 694-699, 2008.

HAUSSWIRTH, C.; LOUIS, J.; BIEUZEN, F.; POURNOT, H.; FOURNIER, J., FILLIARD, J. R.; BRISSWALTER, J. Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. **PloS one**, v. 6, n. 12, p. e27749, 2011.

HELGERUD, J.; ENGEN, L. C.; WISLOFF, U.; HOFF, J. Aerobic endurance training improves soccer performance. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 33, n. 11, p. 1925-1931, 2001.

HENNIG, E.; BRIEHLE, R. Game analysis by GPS satellite tracking of soccer players. **Archives of Physiology and Biochemistry**, v. 108, n. 1-2, p. 44-44, 2000.

HODY, S.; ROGISTER, B.; LEPRINCE, P.; WANG, F.; CROISIER, J. L. Muscle fatigue experienced during maximal eccentric exercise is predictive of the plasma creatine kinase (CK) response. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 23, n. 4, p. 501-507, 2013.

HOFF, J.; HELGERUD, J. Endurance and strength training for soccer players. **Sports medicine**, v. 34, n. 3, p. 165-180, 2004.

HOOPER, S. L.; MACKINNON, L. T.; HOWARD, A.; GORDON, R. D.; BACHMANN, A. W. Markers for monitoring overtraining and recovery. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 1995.

IMPELLIZZERI, F. M.; RAMPININI, E.; COUTTS, A. J.; SASSI, A.; MARCORA, S. M. Use of RPE-based training load in soccer. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 36, n. 6, p. 1042-1047, 2004.

JUNIOR, L. PINTO, E. C.; BARONI, B. M.; ROSSI, R. P.; GODOI, V.; MARCHI, T.; TOMAZONI, S. S.; ALMEIDA, P.; SALVADOR, M.; GROSSELLI, D. A fototerapia com diodo emissor de luz (LEDT) aplicada pré-exercício inibe a peroxidação lipídica em atletas após exercício de alta intensidade: um estudo preliminar. **Revista brasileira de medicina do esporte**, v. 17, n. 1, p. 8-12, 2011.

KAHANOV, L.; EBERMAN, L. E.; WASIK, M.; ALVEEY, T. Exertional rhabdomyolysis in a collegiate american football player after preventive cold-water immersion: a case report. **Journal of athletic training**, v. 47, n. 2, p. 228, 2012.

KOVACS, M. S.; BAKER, L. B. Recovery interventions and strategies for improved tennis performance. **British journal of sports medicine**, v. 48, n. Suppl 1, p. i18-i21, 2014.

LAZARIM, F. L. ANTUNES-NETO, J. M. F; DA SILVA, F. O. C.; NUNES, L. A.S.; BASSINI, A.; CAMERON, L. C.; ALVEZ, A. A.; BREZIKOFER, R.; DE MACEDO, D. V. The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 1, p. 85-90, 2009.

LEEDER, J.; GISSANE, C.; VAN SOMEREN, K.; GREGSON, W.; HOWATSON, G. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. **British journal of sports medicine**, p. bjsports-2011-090061, 2011.

LEEDER, J. D.; VAN SOMEREN, K.; BELL, P. G.; SPENCE, J. R.; JEWELL, A. P.; GAZE, D.; HOWATSON, G. Effects of seated and standing cold water immersion on recovery from repeated sprinting. **Journal of sports sciences**, n. ahead-of-print, p. 1-9, 2015.

LEUNG, T.-K; LIN, J. M; CHIEN, H. S.; DAY, T. C. Physiological effects of bioceramic material: harvard step, resting metabolic rate and treadmill running assessments. **Chinese Journal of Physiology**, v. 56, n. 6, p. 334-340, 2013.

LEUNG, T.-K; LIN, J. M; CHIEN, H. S.; DAY, T. C. Biological effects of melt spinning fabrics composed of 1% bioceramic material. **Textile Research Journal**, v. 82, n. 11, p. 1121-1130, 2012.

LIN, C.-C.; CHANG, C. F.; LAI, M. Y.; CHEN, T. W.; LEE, P. C.; YANG, W. C. Far-infrared therapy: a novel treatment to improve access blood flow and unassisted patency of arteriovenous fistula in hemodialysis patients. **Journal of the American Society of Nephrology**, v. 18, n. 3, p. 985-992, 2007.

LIN, C.-C.; LEE, C.-L.; LUNG, C.-C. Antioxidative Effect of Far-Infrared Radiation in Human. **Journal of Public Health**, v. 2, n. 2, p. 97-102, 2013.

LOTURCO, I.; ABAD, C.; NAKAMURA, F. Effects of far infrared rays emitting clothing on recovery after an intense plyometric exercise bout applied to elite soccer players: a randomized double-blind placebo-controlled trial. **Biologic Sport**, v. 33, n. 3, p. 277-283, 2016.

MACALUSO, F.; ISAACS, A. W.; MYBURGH, K. H. Preferential type II muscle fiber damage from plyometric exercise. **Journal of athletic training**, v. 47, n. 4, p. 414, 2012.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F.; KATCH, V. **Fisiologia do Exercício: Energia, nutrição e desempenho humano**. 6ª. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MOHR, M.; DRAGANIDIS, D.; CHATZINIKOLAOU, A.; BARBERO-ALVAREZ, J. C.; CASTAGNA, C.; DOUROUDOS, I.; AVLONITI, A.; MARGELI, A.; PAPASSOTIRIOU, I.; FLOURIS, A. D. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. **European journal of applied physiology**, v. 116, n. 1, p. 179-193, 2016.

MORANDI, R. F.; COELHO, D. B.; DE MELO, M. A.; SILAMI-GARCIA, E. Cinética da creatina quinase em jogadores de futebol profissional em uma temporada competitiva. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 13, n. 3, p. 189-194, 2011.

MOREIRA, A.; COSTA, E. C.; COUTTS, A. J.; NAKAMURA, F. Y.; DA SILVA, D. A.; AOKI, M. S. Cold water immersion did not accelerate recovery after a futsal match. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 21, n. 1, p. 40-43, 2015.

NAKAMURA, F. Y.; MOREIRA, A.; AOKI, M. S. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável?-doi: 10.4025/reveducfis. v21i1. 6713. **Journal of Physical Education**, v. 21, n. 1, p. 1-11, 2010.

NEDELEC, M.; MCCALL, A.; CARLING, C.; LEGALL, F.; BERTHOIN, S.; DUPONT, G. The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 6, p. 1517-1523, 2014.

NÉDÉLEC, M.; MCCALL, A.; CARLING, C.; LEGALL, F.; BERTHOIN, S.; DUPONT, G Recovery in soccer. **Sports medicine**, v. 42, n. 12, p. 997-1015, 2012.

\_\_\_\_\_. Recovery in Soccer: Part II—Recovery Strategies (Review Article). **Sports medicine**, v. 43, n. 1, p. 9-22, 2013.

NETO, C. L. G.; MACROSKI, C. L.; DE ANDRADE, P. J. A.; MAIOR, A. S.; SIMÃO, R. A ATUAÇÃO DO CICLO ALONGAMENTO-ENCURTAMENTO DURANTE AÇÕES MUSCULARES PLIOMÉTRICAS **Journal of Exercise and Sport Sciences**, v. 1, n. 1, 2005.

NIEMAN, D. C. Exercise effects on systemic immunity. **Immunology and Cell Biology**, v. 78, n. 5, p. 496-501, 2000.

NIEMAN, D. C.; GILLITT, N. D.; SHANELY, R. A.; DEW, D.; MEANEY, M. P.; LUO, B. Vitamin D2 supplementation amplifies eccentric exercise-induced muscle damage in NASCAR pit crew athletes. **Nutrients**, v. 6, n. 1, p. 63-75, 2013.

PARK, J.-H.; LEE, S.; CHO, D. H.; PARK, Y. M.; KANG, D. H.; JO, I. Far-infrared radiation acutely increases nitric oxide production by increasing Ca<sup>2+</sup> mobilization and Ca<sup>2+</sup>/calmodulin-dependent protein kinase II-mediated phosphorylation of endothelial nitric oxide synthase at serine 1179. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 436, n. 4, p. 601-606, 2013.

PASTRE, C. M.; BASTOS, F. D.; NETTO JUNIOR, J.; VANDERLEI, L. C.; HOSHI, R. A. Métodos de recuperação pós-exercício: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Medicina do esporte**, p. 138-144, 2009.

PETERSEN, A. M. W.; PEDERSEN, B. K. The anti-inflammatory effect of exercise. **Journal of applied physiology**, v. 98, n. 4, p. 1154-1162, 2005.

PYNE, D. B. Exercise-induced muscle damage and inflammation: a review. **Australian journal of science and medicine in sport**, v. 26, p. 49-49, 1994.

RAMPININI, E.; BISHOP, D.; MARCORA, S. M.; BRAVO, D. F.; SASSI, R.; IMPELLIZZERI, F. M. Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. **International journal of sports medicine**, v. 28, n. 03, p. 228-235, 2007.

REILLY, T. Physiological aspects of soccer. **Biology of sport**, v. 11, n. 1, p. 3-20, 1994.

REILLY, T.; EKBLUM, B. The use of recovery methods post-exercise. **Journal of sports sciences**, v. 23, n. 6, p. 619-627, 2005.

RIBEIRO, S. M. R.; DE QUEIROZ, J. H.; PELUZIO, M. D. G.; COSTA, N. M. B.; DA MATA, S. L. P.; DE QUEIROZ, M. E. L. A formação e os efeitos das espécies reativas de oxigênio no meio biológico. **Bioscience journal**, v. 21, n. 3, 2006.

RODRIGUES, H. G.; DINIZ, Y. S.; FAINE, L. A.; ALMEIDA, J. A.; FERNANDES, A. A.; NOVELLI, E. L. B. Suplementação nutricional com antioxidantes naturais: efeito da rotina na concentração de colesterol-HDL. **Revista de Nutrição**, p. 315-320, 2003.

RODRIGUES, P.; WASSMANSDORF, R.; SALGUEIROSA, F. M.; NASCIMENTO, V. B.; DAROS, L. B.; WHARTON, L.; OSIECKI, R. et al. Time-course of changes in indirect markers of muscle damage responses following a 130-km cycling race. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 18, n. 3, p. 322-331, 2016.

ROSA, L.; VAISBERG, M. W. Influências do exercício na resposta imune. **Rev bras med esporte**, v. 8, n. 4, p. 167-72, 2002.

ROWSELL, G. J.; COUTTS, A. J.; REABURN, P.; HILL-HAAS, S. Effects of cold-water immersion on physical performance between



successive matches in high-performance junior male soccer players. **Journal of sports sciences**, v. 27, n. 6, p. 565-573, 2009.

\_\_\_\_\_. Effect of post-match cold-water immersion on subsequent match running performance in junior soccer players during tournament play. **Journal of sports sciences**, v. 29, n. 1, p. 1-6, 2011.

SANTOS, S. G. D. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Quantitativa Aplicada à Educação Física**. Florianópolis: Tribo da Ilha, 240p, 2011.

SHEPPARD, A. R.; SWICORD, M. L.; BALZANO, Q. Quantitative evaluations of mechanisms of radiofrequency interactions with biological molecules and processes. **Health physics**, v. 95, n. 4, p. 365-396, 2008.

SHIM, M. H.; PARK, C. H.; SHIM, H. S. Effect of ceramics on the physical and thermo-physiological performance of warm-up suit. **Textile Research Journal**, v. 79, n. 17, p. 1557-1564, 2009.

SMITH, L. L. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 2, p. 317-31, Feb 2000.

\_\_\_\_\_. TISSUE TRAUMA: THE UNDERLYING CAUSE OF OVERTRAINING SYNDROME? **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 18, n. 1, p. 185-193, 2004.

STØLEN, T.; CHAMARI, K.; CASTAGNA, C.; WISLOFF, U. Physiology of soccer. **Sports medicine**, v. 35, n. 6, p. 501-536, 2005.

SWENSON, C.; SWÄRD, L.; KARLSSON, J. Cryotherapy in sports medicine. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 6, n. 4, p. 193-200, 1996.

TIDBALL, J. G.; VILLALTA, S. A. Regulatory interactions between muscle and the immune system during muscle regeneration. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, v. 298, p. R1173-R1187, 2010.

VATANSEVER, F.; HAMBLIN, M. R. Far infrared radiation (FIR): Its biological effects and medical applications. **Photonics and Lasers in Medicine**, v. 1, n. 4, p. 255-266, 2012.

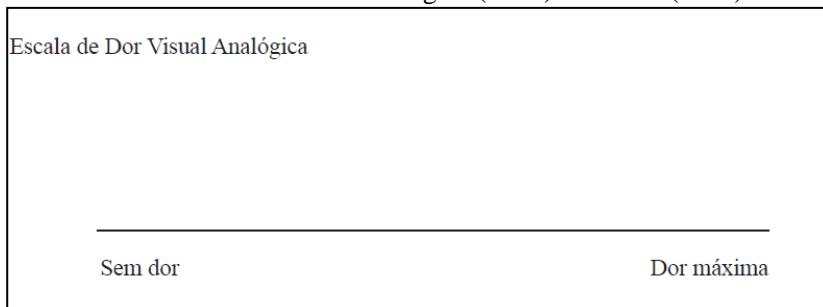
VIERCK, J.; O'REILLY, B.; HOSSNER, K.; ANTONIO, J.; BYRNE, K.; BUCCI, L.; DODSON, M. Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. **Cell biology international**, v. 24, n. 5, p. 263-272, 2000.

WHITE, G. E.; RHIND, S. G.; WELLS, G. D. The effect of various cold-water immersion protocols on exercise-induced inflammatory response and functional recovery from high-intensity sprint exercise. **European journal of applied physiology**, v. 114, n. 11, p. 2353-2367, 2014.

WHITE, G. E.; WELLS, G. D. Cold-water immersion and other forms of cryotherapy: physiological changes potentially affecting recovery from high-intensity exercise. **Extrem Physiol Med**, v. 2, n. 1, p. 26, 2013.

WILCOCK, I. M.; CRONIN, J. B.; HING, W. A. Physiological response to water immersion: a method for sport recovery? **Sports Med**, v. 36, n. 9, p. 747-65, 2006.

YANG, C.-S.; YEH, C. H.; TUNG, C. L.; CHEN, M. Y.; JIANG, C. H.; YEH, M. L. Impact of far-infrared ray exposure on the mechanical properties of unwounded skin of rats. **Experimental Biology and Medicine**, v. 235, n. 8, p. 952-956, 2010.

**ANEXOS****Anexo A-** Escala Visual Analógica (EVA) de Souza (2002).**Figura 7** – Escala Visual Análoga

## ANEXO B - Parecer Consubstanciado do CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA CATARINA - UFSC



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** EFEITO DO USO DA CALÇA IMPREGNADA COM BIOCERÂMICA E DA CRIOTERAPIA NA RECUPERAÇÃO MUSCULAR APÓS UM JOGO SIMULADO EM ATLETAS DE FUTEBOL AMADOR

**Pesquisador:** Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 51302315.2.0000.0121

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Santa Catarina

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.353.983

**Apresentação do Projeto:**

Trata o presente de um projeto de mestrado do Programa de Pós Graduação em Educação Física do Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina, que será desenvolvido pelo acadêmico Tiago Martins Coelho sob orientação de Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo, que assina a folha de rosto como pesquisador responsável, juntamente com Edison Roberto de Souza, diretor do referido Centro.

Pretende analisar e comparar os efeitos da calça impregnada com biocerâmica e da crioterapia na recuperação muscular após um jogo simulado em jogadores de futebol amador. Para tanto, participarão 32 atletas amadores do sexo masculino, maiores de 18 anos. A pesquisa inclui medidas antropométricas, variáveis de desempenho muscular, variáveis bioquímicas e variáveis de dor muscular

**Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:**

Analisar e comparar os efeitos da calça impregnada com biocerâmica e da crioterapia na recuperação muscular após um jogo simulado em jogadores de futebol amador.

**Endereço:** Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R. Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401  
**Bairro:** Trindade **CEP:** 88.040-400  
**UF:** SC **Município:** FLORIANÓPOLIS  
**Telefone:** (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 1.353.983

**Objetivo Secundário:**

Determinar e comparar o comportamento do desempenho muscular de membros inferiores (SJ, CMJ, MT, TM e IFF) antes e depois (30 min, 24h, 48h e 72 horas) do protocolo de dano muscular entre os grupos;  
Analisar e comparar as respostas bioquímicas (CK e LDH) antes e depois (30 min, 24h, 48h e 72 horas) do protocolo de dano muscular entre os grupos;  
Analisar e comparar as concentrações das respostas inflamatórias (TNF-, IL-6, IL-1, IL-10 e IL-4) antes e depois (30 min, 24h, 48h e 72 horas) do protocolo de dano muscular entre os grupos.  
Analisar e comparar os marcadores de DMIT antes e depois (24h, 48h e 72 horas) do protocolo de dano muscular entre os grupos\*

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

De acordo com o que foi literalmente citado no Projeto Básico apresentado:

**\*Riscos:**

Por se tratar de uma pesquisa com coleta venosa, existe a possibilidade do participante ter algum desconforto nesses momentos. Todavia cabe ressaltar que todas as coletas sanguíneas serão feitas por um profissional habilitado e capacitado. Quanto aos exercícios, é normal e esperado que os participantes venham a apresentar leve desconforto muscular em virtude da alta intensidade dos movimentos. A crioterapia é uma técnica de recuperação muscular que pode apresentar algum estresse ao organismo do participante, pois consiste na imersão em água fria. Entretanto a calça impregnada com biocerâmica não possui nenhum risco nem incômodo para o sujeito.

**Benefícios:**

Dentro os benefícios de participar da pesquisa, os participante estarão contribuindo para a ciência, tendo a oportunidade de experimentar técnicas de recuperação muscular, principalmente a calça com biocerâmica que é uma nova tecnologia nesse ramo. Além de terem conhecimento para num segundo momento usarem a crioterapia ou a biocerâmica em suas rotinas."

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Informações adicionais sobre a pesquisa estão devidamente descritas nos campos do presente Parecer e nos autos do Processo

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

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R. Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401  
Bairro: Trindade CEP: 88.040-400  
UF: SC Município: FLORIANOPOLIS  
Telefone: (48)3721-8094 E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 1.353.903

- (1) Folha de rosto
- (2) Formulário Projeto da Pesquisa - PB
- (3) Projeto de Pesquisa estruturado na Integra
- (4) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
- (5) Declaração de concordância expedida pela(s) Instituição(ões) envolvida(s)

**Recomendações:**

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

Considerando a documentação apresentada e o conteúdo da mesma, sou de parecer favorável a aprovação deste processo

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_629660.pdf	25/11/2015 16:41:48		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_Tiago.pdf	25/11/2015 16:37:09	Tiago Martins Coelho	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Tiago_C.pdf	25/11/2015 16:34:50	Tiago Martins Coelho	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_2015_TiagoComite.pdf	25/11/2015 16:32:52	Tiago Martins Coelho	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_Tiago.pdf	25/11/2015 16:30:52	Tiago Martins Coelho	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Processo: 1.353.953

FLORIANOPOLIS, 07 de Dezembro de 2015

---

Assinado por:  
Washington Portela de Souza  
(Coordenador)

**Endereço:** Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R. Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401  
**Bairro:** Trindade **CEP:** 88.040-400  
**UF:** SC **Município:** FLORIANOPOLIS  
**Telefone:** (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br







**APÊNDICE A - TCLE**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
CENTRO DE DESPORTOS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, da pesquisa intitulada: **EFEITO DO USO DA CALÇA IMPREGNADA COM BIOCERÂMICA ASSOCIADA A CRIOTERAPIA NA RECUPERAÇÃO MUSCULAR APÓS UM JOGO SIMULADO EM ATLETAS DE FUTEBOL AMADOR**, a ser realizada no Laboratório de Esforço Físico (LAEF) e no campo do complexo esportivo do Centro de Desportos (CDS) ambos localizados na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A pesquisa tem como objetivo analisar e comparar os efeitos da calça impregnada com biocerâmica e da crioterapia na recuperação muscular após um jogo simulado em jogadores de futebol amador e justifica-se pelo fato de estar contribuindo para a ciência buscar estratégias eficazes para acelerar o processo de recuperação muscular tanto em indivíduos ativos quanto em atletas.

A participação não é obrigatória e não envolve nenhum gasto para você, e todos os materiais necessários serão providenciados pelos pesquisadores. Não haverá nenhuma forma de compensação financeira, no entanto, no caso de eventuais danos decorrentes da participação na pesquisa, está garantido o direito de indenização. Os pesquisadores se responsabilizam pelo esclarecimento sobre a metodologia do estudo antes e durante o período da pesquisa, inclusive, garantindo à você o recebimento de uma cópia impressa deste documento (TCLE), sendo garantido também que a qualquer momento você possa desistir de participar e retirar seu consentimento. Com a adesão ao estudo, você ficará disponível para a pesquisa em 6 visitas ao CDS, num período máximo de duas semanas.

Na 1ª visita serão mensuradas a sua massa corporal, estatura e o % de gordura, além da familiarização com os testes de desempenho muscular, que serão compostos por saltos e *sprints*. Nesta vista você ainda será submetido ao T-CAR, que é um teste de caráter incremental de esforço máximo, com estágios de 90 segundos de duração em sistema “ida e volta”. O teste iniciará com velocidade de  $9,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (distância inicial de 15 m) com incrementos de  $0,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada estágio até a exaustão

voluntária, mediante aumentos sucessivos de 1 m a partir da distância inicial.

Na 2ª visita, você será submetido a uma coleta sanguínea de 5 ml da veia cubital do braço direito e a testes de desempenho muscular. Para executar o *squat jump* (SJ), você partirá de uma posição estática de 90° de flexão de joelhos, pés paralelos e mãos na região supra-ilíaca, caracterizando um movimento puramente ascendente. No *Counter movement jump* (CMJ), você partirá de uma posição ereta e será permitido efetuar a fase descendente do salto e posterior transição para a fase ascendente, as mãos deverão permanecer na região supra-ilíaca. Você também realizará a 2 *sprints* de 20 m com um período de recuperação de 1 m entre cada *sprint*.

Na 3ª visita, você e os demais atletas realizarão um jogo simulado composto por 2 períodos de 45 min. com 15 min. de intervalo entre os tempos, o jogo acontecerá num campo com dimensões oficiais. Após 30 min. o jogo, serão refeitas as coletas sanguíneas e os testes de desempenho muscular. E então, de acordo com o sorteio, você será submetido a um dos 4 tipos de técnica de recuperação muscular: 1) sentado por 45 min. 2) utilização da calça impregnada com materiais biocerâmicos emissores de infravermelho longo da marca BioPower® por 6 a 8 h durante 3 dias consecutivos. 3) imersão de membros inferiores em posição vertical em água fria por 10 min. a uma temperatura de 10C°(WHITE et al., 2014)(WHITE et al., 2014)(WHITE et al., 2014) controlada por um termômetro aquático. 4) Combinação da 2 c/ a 3, porém utilizará a calça apenas no primeiro dia.

Na 4ª e 5ª visita, você fará a coleta de sangue e os testes de desempenho. Por fim a 6ª visita será realizada apenas pelos grupos 1 e 2, na qual será realizada a coleta sanguínea e os testes de desempenho.

Tanto no T-CAR quanto no jogo simulado, você fará uso de um sistema de posicionamento global (GPS / K-sport) e de um monitor cardíaco (Polar, modelo S610i), os quais não apresentam nenhum risco.

Solicitamos que durante o período do estudo você evite o uso de cafeína, bebida alcoólica e qualquer tipo de medicamento, além de abster-se de exercícios físicos.

Para participar deste estudo você deve estar apto a realizar exercícios físicos de alta intensidade. Da mesma forma, deve estar ciente da possibilidade de ocorrência de desconforto gerado pelo esforço máximo dos testes e modelos experimentais, ou pelas coletas de sangue venosa, que serão realizadas na veia cubital do braço por um profissional habilitado e capacitado. O desconforto refere-se à picada da agulha, não requerendo nenhum cuidado especial posterior, além de existir a

possibilidade de náuseas, vômito e dores musculares em decorrência do esforço intenso realizado nos testes e experimentos. No entanto, menos de 1% da população americana apresenta desconforto durante este tipo de teste (*American College of Sports Medicine*). Será assegurada assistência à você tanto de forma imediata quanto integral em caso de danos decorrentes, direta ou indiretamente, pela pesquisa.

Quanto aos benefícios e vantagens em participar deste estudo, você contribuirá para o desenvolvimento da ciência, dando possibilidade a novas descobertas e ao avanço das pesquisas, além de ser informado sobre sua composição corporal e marcadores de desempenho muscular, a partir do repasse do relatório individual de sua avaliação.

As pessoas que o acompanharão serão o Prof. Dr. Luiz Guilherme A. Guglielmo, o doutorando Renan Felipe Hartmann Nunes, o mestrando Tiago Martins Coelho, a mestranda Marília Cavalcante Serpa, um profissional de enfermagem, além de alguns colaboradores do LAEF que cumprirão o que está disposto na resolução CNS 466/2012, caso algum dano venha ocorrer ao sujeito participante da pesquisa.

Salientamos, ainda, que você poderá retirar-se do estudo a qualquer momento, sem penalização alguma. Do contrário, solicitamos a sua autorização para o uso de seus dados para a produção de artigos técnicos e científicos e relatórios que poderão ser apresentados em eventos e/ou periódicos científicos. A sua privacidade será mantida por meio da não identificação do seu nome.

Agradecemos desde já a sua colaboração e participação.

## **CONTATOS:**

Prof. Mdo. Tiago Martins Coelho/Prof. Dr. Luiz Guilherme A. Guglielmo  
e-mail: [tiago\\_coelho\\_5@yahoo.com.br](mailto:tiago_coelho_5@yahoo.com.br)/e-mail: [luiz.guilherme@ufsc.br](mailto:luiz.guilherme@ufsc.br)  
Tel.: (047) 97007087/Tel. LAEF: (048) 3721-6247

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH-UFSC)  
Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II (Edifício Santa Clara), sala 902  
Rua Desembargador Vitor Lima, nº 222, Trindade, Florianópolis/SC.  
Tel.: (048) 3721-6094



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA



**TERMO DE CONSENTIMENTO PÓS-INFORMADO**

Declaro que fui informado, de forma clara e objetiva, sobre todos os procedimentos do projeto de pesquisa intitulado: **EFEITO DO USO DA CALÇA IMPREGNADA COM BIOCERÂMICA ASSOCIADA A CRIOTERAPIA NA RECUPERAÇÃO MUSCULAR APÓS UM JOGO SIMULADO EM ATLETAS DE FUTEBOL AMADOR.** Estou ciente que todos os dados a meu respeito serão sigilosos e que posso me retirar do estudo a qualquer momento. Assinando este termo, eu concordo em participar do estudo.

Nome \_\_\_\_\_ por \_\_\_\_\_ extenso

Assinatura \_\_\_\_\_

Florianópolis (SC) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo  
(Pesquisador Responsável / Orientador)

\_\_\_\_\_  
Prof. Mdo. Tiago Martins Coelho  
(Pesquisador Principal / Orientando)