



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DONIZETE CÍCERO XAVIER DE OLIVEIRA

**MARCADORES BIOQUÍMICOS, SUPLEMENTAÇÃO
ANTIOXIDANTE E A RELAÇÃO COM O DANO MUSCULAR,
DOMS, PERFORMANCE E ESTRESSE OXIDATIVO EM
ATLETAS DE FUTEBOL**

Londrina
2017

DONIZETE CÍCERO XAVIER DE OLIVEIRA

**MARCADORES BIOQUÍMICOS, SUPLEMENTAÇÃO
ANTIOXIDANTE E A RELAÇÃO COM O DANO MUSCULAR,
DOMS, PERFORMANCE E ESTRESSE OXIDATIVO EM
ATLETAS DE FUTEBOL**

Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr.Rafael Deminice.

Londrina
2017

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

Oliveira, Donizete.

MARCADORES BIOQUÍMICOS, ANTIOXIDANTES E A RELAÇÃO COM O DANO MUSCULAR, DOMS, PERFORMANCE E ESTRESSE OXIDATIVO EM ATLETAS DE FUTEBOL. / Donizete Oliveira. - Londrina, 2017.
126 f. : il.

Orientador: Rafael Deminice.

Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, , 2017.
Inclui bibliografia.

1. Dano muscular - Tese. 2. Futebol - Tese. 3. Suplementação antioxidante - Tese. 4. Desempenho esportivo - Tese. I. Deminice, Rafael. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. . III. Título.

DONIZETE CÍCERO XAVIER DE OLIVEIRA

**MARCADORES BIOQUÍMICOS, SUPLEMENTAÇÃO ANTIOXIDANTE
E A RELAÇÃO COM O DANO MUSCULAR, DOMS, PERFORMANCE
E ESTRESSE OXIDATIVO EM ATLETAS DE FUTEBOL**

Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Rafael Deminice
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Luiz Cláudio Reeberg Stanganelli
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Ademar Avelar de Almeida Junior
Universidade Estadual de Maringá – UEM

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

Prof. Dr. Alexandre Moreira
Universidade de São Paulo - USP

Londrina, 18 de agosto de 2017.

Dedico este trabalho a meu pai Osmar de Oliveira (*in memoriam*), minha mãe Maria Helena Xavier de Oliveira, meu irmão Denis Maicon Xavier de Oliveira e minha esposa Gabrielly Cristina Manarin de Oliveira.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que tem me dado força e determinação nesta caminhada e que vem abrindo muitas portas em minha vida, toda honra e glória!

À minha mãe, Maria Helena Xavier de Oliveira por todos os ensinamentos dados, educação, respeito e determinação a minha formação como ser humano, ensinando o valor do verdadeiro amor.

A meu pai Osmar de Oliveira (*in memoriam*), que infelizmente partiu antes de momentos importantes em minha vida! Mas sei que de alguma forma está comigo! Sempre me mostrou os caminhos e que o trabalho edifica o homem. Trabalhou com muito amor em prol de nossa família. Acho que consegui aprender ao menos um pouco como viver bem a vida. Aprendi muito com alguém que possuía apenas ensino fundamental, mas que sonhou ao meu lado com este título.

Ao meu irmão, Denis Maicon Xavier de Oliveira, que tem sempre buscado o crescimento profissional e pessoal constantemente, sempre ao meu lado.

A minha esposa Gabrielly Cristina Manarin de Oliveira, por privar-se de algumas coisas, para a conclusão deste trabalho. E acima de tudo, pelo amor e doação em todos os momentos de nossa vida.

Ao Sensei Tuka, responsável pela minha entrada e permanência no judô o que foi crucial para o sucesso que tenho conseguido durante a minha vida, tanto profissionalmente como na minha formação como pessoa.

A todos que me ajudaram nessa difícil caminhada até o final deste trabalho! Meus familiares e amigos, Sandra e Dimas Manarin, Fábio Belisário, Alan, Netto Navarro, Rogério Nunes entre outros que não caberiam nestes agradecimentos e principalmente meu tio Odari (Ico) pelas várias noites perdidas em minhas viagens e momentos que nos proporcionou a vida toda.

Ao Prof. Dr. Rafael Deminice pela orientação, amizade, empenho e dedicação dispensado ao desenvolvimento deste trabalho, pela oportunidade e principalmente pelo exemplo fantástico de pessoa e de profissional.

Ao amigo e Prof. Ariobaldo Frisselli, pela oportunidade do trabalho junto aos atletas sob sua orientação e a oportunidade de ter as portas abertas em todo o trabalho.

Aos Prof. Dr. Alexandre Moreira, Profa. Dr. Fabiana Andrade Machado, Prof. Dr. Luiz Cláudio Reeberg Stanganelli, Prof. Dr. Ademar Avelar de Almeida Junior, Prof. Dr. Antônio Carlos Dourado, Prof. Dr. Marcelo Papoti e meu amigo Prof. Dr. Fabricio Azevedo Voltarelli, membros da banca examinadora nas fases de qualificação e defesa.

A todos os amigos do laboratório de Bioquímica do Exercício pelo apoio nas coletas e discussões para a melhoria do trabalho.

Aos professores do PPGP em educação física UEM/UEL, que com grande mérito contribuíram com a nobre tarefa de mediar o conhecimento, em especial Prof. Dr. Edilson Serpenoli Cyrino.

A todos os professores e amigos do Departamento de Ciências do Esporte da UEL, pelo aprendizado e colaboração, em especial Prof. Dr. Hélio Surassuelo Junior, Prof. Ddo. Pedro Lanaro, Prof. Dr. Luiz Alberto Garcia de Freitas, Prof. Dr. Abdallah Achour Junior, Prof. Dr. Sérgio Alencar Parra, Prof. Dr. Carlos Alberto Veiga Brunieira, Prof. Dr. Arli Ramos de Oliveira, Prof. Dr. Felipe Arruda Moura, Profa. Dda. Cleide Marlene Vilauta, Prof. Dr. Evanil Antônio Guarido, Prof. Dr. Hécio Rossi Gonçalves e Prof. Dr. Marcos Augusto Rocha.

Aos Professores e amigos das instituições onde trabalhei e estudei, escola Estadual Antônio de Almeida Prado (Iepê-SP), UNESP de Presidente Prudente, IEDA – Assis em especial Profa. Maria Eulália e Prof. Dr. Marcelo Ferraz; UEM – Ivaiporã, UniFil em Londrina, em especial Profa. Dda. Rosana Sohaila Teixeira Moreira e da Universidade Estadual de Londrina e Departamento de Ciências do esporte.

Em Fim, a todos, e de coração, o meu muito obrigado!

“VERÁS QUE O FILHO TEU NÃO FOGE A LUTA.....”

HINO NACIONAL BRASILEIRO

OLIVEIRA, Donizete Cícero xavier de. **Marcadores bioquímicos, antioxidantes e a relação com o dano muscular, DOMS, performance e estresse oxidativo em atletas de futebol.** 126 f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Educação Física UEM/UEL) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

RESUMO

Tanto marcadores bioquímicos, quanto estratégias de recuperação acelerada após a promoção de dano muscular, DOMS e performance após treinos e competições, são estudados em atletas, assim como a relação destes fatores com o estresse oxidativo, e principalmente com a performance esportiva. Entre as diferentes estratégias utilizadas para este fim, a suplementação nutricional ganha destaque, sendo que, a suplementação com antioxidantes, apesar de utilizada há algum tempo, ainda não apresenta consenso em relação à sua eficácia sobre estas variáveis. Desta forma, este trabalho foi dividido em quatro estudos, realizados em quatro momentos diferentes de coleta: (1) No estudo 1, verificou-se o efeito da familiarização sobre testes motores aplicados a jogadores de futebol. Os resultados demonstraram que tarefas de menor complexidade e que demandam menor organização motora, necessitam de menos sessões de familiarização. O teste de salto vertical parece não ser afetado pela familiarização, entretanto o teste de potência de corrida (RAST) apresentou necessidade de ao menos uma sessão e o teste de agilidade T, ao menos duas sessões de familiarização. (2) No estudo 2, objetivou-se avaliar o efeito de uma sessão de treino constituída de séries de agachamento e treino de futebol, sobre os níveis de marcadores de peroxidação lipídica e dano muscular, DOMS e performance em testes motores. Observou-se que a sessão de treino foi capaz de elevar DOMS e CK, entretanto não foi suficiente para promover aumento nos níveis de marcadores de estresse oxidativo, nem reduzir a performance dos jogadores nos testes motores durante a semana de recuperação. (3) No estudo 3, o objetivo foi investigar o efeito da suplementação antioxidante (vitamina C e E) sobre marcadores de estresse oxidativo e de dano muscular, DOMS e performance em atletas de futebol submetidos a um protocolo de dano muscular. Os resultados demonstraram que apesar de inibir o estresse oxidativo, induzido pelo protocolo do estudo, a suplementação antioxidante não foi capaz de melhorar a performance e que também não reduziu o dano muscular avaliado por CK e DOMS, quando comparado ao grupo placebo. (4) Por fim, o estudo 4 objetivou comparar os níveis circulantes de CK obtidos por punção venosa com amostras capilares, coletadas do lóbulo da orelha, após elevação desta substância induzida por um jogo simulado de futebol. Os dados demonstram que amostras de sangue retiradas do lóbulo da orelha, podem ser consideradas uma alternativa confiável em substituição à punção venosa na determinação de mudanças nos níveis de CK plasmática resultantes de um jogo simulado de futebol. De forma geral, conclui-se que a correta administração de testes motores em jogadores de futebol, bem como o monitoramento de diferentes indicadores de recuperação muscular (como por exemplo níveis de marcadores bioquímicos e DOMS) após jogos e treinos, podem ser determinantes no controle da recuperação nestes atletas. Entretanto, a suplementação antioxidante parece não ter efeito na redução do tempo de recuperação de jogadores com danos musculares.

Palavras-chave: Creatina quinase. Vitamina C. Vitamina E. Desempenho esportivo.

OLIVEIRA, Donizete Cícero Xavier de. **Markers of oxidative stress and its relation with muscle damage, DOMS, performance and oxidative stress**. 2017. 126 p. Thesis (Post-Graduation Program stricto sensu in Physical Education UEM / UEL) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

ABSTRACT

Biochemical markers and accelerated recovery strategies after promoting muscle damage, DOMS and performance after training and competitions, has been studied in athletes, as well as the relationship of these factors with oxidative stress and especially with sports performance. Among the different strategies used for this purpose, nutritional supplementation is highlighted, and antioxidant supplementation, although used for some time, still does not present a consensus regarding its efficacy on these variables. In this way, this work was divided in four studies, performed at four different times of collection: (1) In study 1, the effect of familiarization on motor tests applied to football players was verified. The results showed that tasks of less complexity and requiring less motor organization require fewer familiarization sessions. The vertical jump test does not seem to be affected by familiarization; However, the running power test (RAST) showed need for at least one session, and the T agility test at least two familiarization sessions. (2) In study 2, the aims of this study were to evaluate the effect of a training session, consisting of squatting series followed a soccer training, on the levels of lipid peroxidation markers and muscle damage, DOMS and performance in motor tests. It was observed that a training session could raise DOMS and CK, however it was not enough to promote increase in the levels of oxidative stress markers, nor to reduce the performance of the players in the motor tests during the recovery week. (3) In study 3, the aim was to investigate the effect of antioxidant supplementation (vitamin C and E) on markers of oxidative stress and muscle damage, DOMS and performance in football athletes submitted to a muscle damage protocol. The results demonstrated that despite inhibiting the oxidative stress induced by the muscle damage protocol, antioxidant supplementation was not able to improve performance, nor did it reduce the muscle damage evaluated by CK and DOMS when compared to the placebo group. (4) Finally, study 4 aimed to compare the circulating levels of CK obtained by venipuncture with blood samples collected from the earlobe after elevation of this substance induced by a simulated football game. The data demonstrate that blood samples taken from the earlobe can be considered a reliable alternative to venipuncture in determining changes in plasma CK levels resulting from a simulated football game. In general, it is concluded that the correct administration of motor tests in football players, as well as the monitoring of different indicative of muscle recovery (such as levels of biochemical markers and DOMS) after games and training, may be determinant in the control recovery and improvement of physical fitness in these athletes. However, antioxidant supplementation seems to have no effect in reducing the recovery time of these players due to muscle damage.

Key words: Creatine kinase. Vitamin C. Vitamin E. Sports performance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Estudo 1 (Figura 1) – Teste de performance. Teste de salto vertical (a), teste T de agilidade (b), teste de illinois (c) e teste RAST (d)	25
Estudo 1 (Figura 2) – Plotagem de <i>Bland & Altman</i> para comparações entre as sessões de avaliação na qual ocorreu a estabilização do desempenho para os testes de salto vertical, T de agilidade, e RAST (potência relativa máxima, média e índice de fadiga).....	29
Estudo 2 (Figura 1) – Desenho Experimental	43
Estudo 2 (Figura 2) – Altura do salto vertical (a) potência relativa média no teste RAST (b), índice de fadiga no RAST (c) e tempo no teste T de agilidade	48
Estudo 3 (Figura 1) – Desenho experimental	63
Estudo 3 (Figura 2) – Concentração plasmática de a) alfa-tocoferol e b) ácido ascórbico nos grupos ANT e PLA, coletados no momento pré	69
Estudo 3 (Figura 3) – Concentração plasmática média de CK nos momentos pré, 24h, 48h e 72h	70
Estudo 3 (Figura 4) – Balanço redox, avaliado pela razão GSH/GSSG	76
Estudo 3 (Figura 5) – Análise dos testes de performance a) Salto vertical, b)Teste de agilidade, c) RAST potência relativa média e d) RAST índice de fadiga.....	78
Estudo 4 (Figura 1) – Comportamento da concentração plasmática de CK determinada usando amostras sanguíneas capilar e venosa antes (pré) e 24h e 48h após a sessão de treinamento	95
Estudo 4 (Figura 2) – Correlação de Pearson (r e linha contínua), Coeficiente <i>Lin</i> (<i>pc</i> e linha pontilhada) e plotagem de <i>Blant & Altman</i> de CK determinada utilizando amostra sanguínea capilar e venosa geral (A e B), Pré (C e D), 24 h (E e F) e 48h (G e H) após a sessão de treinamento.....	97

LISTA DE TABELAS

Estudo 1 (Tabela 1) – Valores médios (\pm DP) para os testes de salto vertical, T de agilidade, e RAST (potência relativa máxima, média e índice de fadiga) nas quatro sessões de avaliação	27
Estudo 1 (Tabela 2) – Valores de coeficiente de correlação intraclass (CCI), média das diferenças (MD), e coeficiente de variação (CV%) entre as sessões de avaliação para os testes de salto vertical, T de agilidade e RAST (potência relativa máxima, média e índice de fadiga)	28
Estudo 2 (Tabela 1) – DOMS determinado pré e 24, 48 e 72h após a sessão de treinamento	46
Estudo 2 (Tabela 2) – Marcadores de dano muscular e estresse oxidativo determinado pré e 24, 48 e 72h após a sessão de treinamento	47
Estudo 3 (Tabela 1) – Características gerais dos voluntários do grupo suplementados com antioxidantes e com placebo	60
Estudo 3 (Tabela 2) – Ingestão dietética avaliada em 3 dias não consecutivos durante a 2 ^a semana de avaliação	68
Estudo 3 (Tabela 3) – DOMS avaliada pela escala EVA	71
Estudo 3 (Tabela 4) – Marcadores de estresse oxidativo	73
Estudo 3 (Tabela 5) – Marcadores antioxidantes	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1 RM	Uma Repetição Máxima
ANT	Grupo suplementação antioxidante
AOPP	Em inglês: <i>Advanced Oxidation Protein Products</i> ou em português: Produtos avançados de oxidação proteica
AVC	Em inglês: <i>Area Under Curve</i> ou em português: Área sob a curva.
CK	Creatina quinase
CMJ	Em inglês: <i>Counter Movement Jump</i> ou em português salto contra movimento.
DNA	Em inglês: <i>deoxyribonucleic acid</i> ou ADN, em português: ácido desoxirribonucleico
DOMS	Em inglês: <i>Delayed Onset Muscle Soreness</i> ou DMIT, em português: Dor Muscular de Início Tardio.
EROs	Espécies Reativas de Oxigênio
EVA	Escala visual analógica
FOX1	Hidroperóxidos totais
FRAP	em Inglês: <i>Ferric Reducing / Antioxidant potential</i> ou em português: Potencial antioxidante redutor férrico
GSH	Glutathiona reduzida
GSSG	Glutathiona oxidada
IDR24H	Inquérito dietético recordatório de 24 horas
LDH	Lactato desidrogenase
MDA	Malondialdeido
PLA	Grupo Placebo
PSE	Percepção subjetiva de esforço
RAST	Em inglês: <i>Running Anaerobic Sprint Test</i> ou em português teste de corrida rápida anaeróbia
TBARS	Ácido Tiobarbitúrico
UEL	Universidade Estadual de Londrina-PR
AU	em inglês <i>arbitrary units (AU)</i> ou em português Unidades Arbitrárias (UA)
UI	Unidades Internacionais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVO	17
2.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3	HIPÓTESES	18
4	ESTUDOS	19
4.1	ESTUDO 1. EFEITO DA FAMILIARIZAÇÃO NA ESTABILIZAÇÃO DA PERFORMANCE EM TESTES ESPECÍFICOS PARA JOGADORES DE FUTEBOL.....	19
4.1.1	Resumo.....	19
4.1.2	Abstract.....	20
4.1.3	Introdução.....	21
4.1.4	Métodos	23
4.1.5	Resultados	26
4.1.6	Discussão	30
4.1.7	Conclusão	33
4.1.8	Referências.....	34
4.2	ESTUDO 2. FOOTBALL TRAINING SESSION CAUSES ELEVATE CREATINE KINASE AND DELAYED-ONSET MUSCULAR SORENESS BUT NOT IMPAIRS PERFORMANCE DURING RECOVERY IN YOUNG PLAYERS.....	40
4.2.1	Resumo.....	40
4.2.2	Abstract.....	40
4.2.3	Introduction	41
4.2.4	Materials and Methods.....	42
4.2.5	Results	46
4.2.6	Discussion.....	48
4.2.7	Conclusion	51
4.2.8	References.....	52
4.3	ESTUDO 3. EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE ANTIOXIDANTES SOBRE DANO MUSCULAR, ESTRESSE OXIDATIVO, DOMS, E PERFORMANCE EM JOGADORES DE FUTEBOL.....	56

4.3.1	Resumo.....	56
4.3.2	Abstract.....	57
4.3.3	Introdução.....	58
4.3.4	Métodos.....	59
4.3.5	Resultados.....	67
4.3.6	Discussão.....	78
4.3.7	Conclusão.....	82
4.3.7	Referências.....	83
4.4	ESTUDO 4. VENOUS VERSUS CAPILLARY SAMPLING FOR CREATINE KINASE ASSAY: EFFECTS OF A SIMULATED FOOTBALL MATCH.....	90
4.4.1	Resumo.....	90
4.4.2	Abstract.....	91
4.4.3	Introduction.....	92
4.4.4	Materials and methods.....	93
4.4.5	Results.....	94
4.4.6	Duscussion.....	98
4.4.7	Conclusion.....	99
4.4.8	Pratical applications.....	99
4.4.9	References.....	100
5	CONCLUSÕES FINAIS DA TESE.....	102
6	REFERÊNCIAS.....	103
	APÊNDICES.....	117
	APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	118
	ANEXOS.....	120
	ANEXO A – Aprovação do comite de ética em pesquisa.....	121
	ANEXO B – Escala para avaliação de DOMS.....	125
	ANEXO C – Ficha de avaliação do inquérito dietético recordatório de 24h.....	126
	ANEXO D – Escala de Percepção subjetiva de Esforço adaptada de Foster (1998).....	129

1. INTRODUÇÃO

As ações durante o jogo de futebol apresentam fortes componentes excêntricos (NÉDELEC et al., 2013), promovendo fadiga muscular e estresse fisiológico (MOHR et al., 2016). Essas características estão associadas ao dano muscular (LASKOWSKI et al., 2011), que possivelmente tem estreita relação com dor muscular tardia, queda de performance e elevação de espécies reativas de oxigênio (EROS) (ASCENSÃO et al., 2008) nos dias subsequentes a treinos intensos ou competições (MOHR et al., 2016). Desta forma, visto que, jogadores de futebol têm uma rotina intensa de jogos e treinamentos, os parâmetros fisiológicos e bioquímicos relacionados ao estresse oxidativo e dano muscular, são normalmente alterados ao longo da temporada e nos períodos de recuperação por até 72 horas após jogos ou treinos intensos (ASCENSÃO et al., 2008; MAGALHÃES et al., 2010). Além disso, jogadores de futebol participam em média de 50 a 80 jogos por temporada e têm de três a quatro dias de recuperação entre uma partida e outra (EKSTRAND; WALDE; HAGGLUND, 2004; MOHR et al., 2016). Este parece ser um tempo relativamente curto para recuperação completa dos jogadores (FATOUROS et al., 2010) e por consequência, há queda de rendimento nos treinamentos e jogos subsequentes, sendo que este tempo curto de recuperação está associado ao aumento no número de lesões musculares que acometem estes jogadores (ASCENSÃO et al., 2008; DUPONT et al., 2010).

Por esse motivo, a utilização de marcadores bioquímicos que indicam dano muscular e estresse oxidativo, assim como a determinação dos níveis de dor muscular de início tardio (DOMS do inglês *Delayed Onset Muscle Soreness*), tem sido foco de diversos estudos na área do esporte de rendimento, em especial no futebol (ASCENSÃO et al., 2008; MOHR et al., 2016; NÉDELEC et al., 2012, ROWLANDS et al., 2012). Entre os marcadores sanguíneos mais utilizados a creatina quinase (CK) e a lactato desidrogenase (LDH) (BRANCACCIO; GIUSEPPEL IPPIANI; MAFFULLI, 2010), têm ganhado destaque nos últimos anos por estarem relacionados à dor muscular (MOHR et al., 2016) e à redução da força muscular e do rendimento esportivo (MOHR et al., 2016; DELI et al., 2017). Assim sendo, um melhor entendimento do comportamento destas variáveis no processo de recuperação após jogos e treinos, bem como a busca por estratégias de avaliação que sejam mais fidedignas, adequadas, menos invasivas e com melhor custo-

benefício, parecem relevantes a fim de se criar intervenções para prevenção e redução do tempo de recuperação do dano muscular em jogadores de futebol.

Além dos clássicos e estudados marcadores CK e LDH, a utilização de marcadores de estresse oxidativo na área esportiva tem ganho atenção nos últimos anos (FISHER-WELLMAN; BLOOMER, 2009). O estresse oxidativo representa um desequilíbrio entre a produção e remoção de espécies reativas de oxigênio (EROs) e a capacidade do organismo em remover agentes estressores. Pode representar também a capacidade de reparar os danos causados por este aumento na produção de EROs (PINGITORE et al., 2015; VALKO et al., 2007). De acordo com Cruzat et al. (2007), o exercício intenso que promova dano muscular pode estar fortemente associado a elevação em marcadores de estresse oxidativo. Tal elevação está relacionada ao aumento de catecolaminas, mediadores inflamatórios, aumentando as xantinas-oxidases e EROs, quadro este que pode estar associado ao maior dano muscular (PETRY et al., 2013).

À medida que o esporte se torna mais competitivo, a recuperação mais rápida após o dano muscular no futebol tem se tornando importante, (NÉDÉLEC et al., 2012). A alta intensidade nas competições está frequentemente associada ao aparecimento de DOMS, processo inflamatório e microlesões. Também está relacionada à consequente diminuição no desempenho esportivo nos dias subsequentes ao esforço (CHEVION et al., 2003; FATOUROS et al., 2010). Assim sendo, tanto marcadores de estresse oxidativo, quanto de DOMS, estão envolvidos nos níveis de fadiga e de recuperação tecidual após um treinamento intenso ou competição (CHEVION et al., 2003; DJORDEVIC et al., 2012; DEMINICE et al., 2009, 2013).

Para uma boa recuperação do tecido muscular podem ser necessárias até 96 horas após o exercício, devido às microlesões, elevação da proteólise e da instalação do processo inflamatório, quadro em que se observa aumento de agentes estressores (CRUZAT et al., 2007). A literatura tem apresentado que a elevação do estresse oxidativo tem sido associada a uma recuperação prejudicada pós-exercício e que pode aumentar o tempo de recuperação entre as sessões de treino ou jogos (PEAKE; SUZUKI; COOMBES, 2007). Com base nestas informações, atletas têm utilizado suplementação antioxidante como uma das estratégias a fim de viabilizar a recuperação muscular (SOUSA; TEIXEIRA; SOARES, 2014).

O ácido ascórbico (vitamina C) e α -tocoferol (vitamina E) são importantes agentes antioxidantes exógenos e de fácil manipulação, sendo encontrados na alimentação natural (RODRIGUES; GUIMARÃES, 2013). Estudos têm apresentado atenuação em marcadores de estresse oxidativo (GARLIPP-PICCHI et al., 2013;) de peroxidação lipídica e DOMS (ROENGRIT et al., 2014; SILVA et al., 2010), após suplementação com tais compostos em algumas modalidades.

Em face do exposto, cabe ressaltar que ainda existem diversas lacunas na literatura a respeito da adequação dos testes de performance que englobem a análise da recuperação muscular após exercícios que acarretam dano muscular, o efeito de uma sessão de treino de futebol sobre indicadores de dano muscular, o estresse oxidativo e redução da performance, bem como, o efeito de suplementos antioxidantes (vitamina C e E) sobre o balanço redox e na recuperação em jogadores de futebol.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a relação entre indicadores de dano muscular, DOMS, balanço redox e performance no período de recuperação após os esforços simulados de jogo e treinamento de futebol.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Verificar se o processo de familiarização em testes utilizados em jogadores de futebol pode interferir efetivamente na estabilização do desempenho dos atletas.
- 2) Determinar a relação entre as alterações nos marcadores de estresse oxidativo, dano muscular e DOMS em resposta a uma sessão de treinamento de futebol, e associação com possíveis mudanças na recuperação em uma semana no desempenho de jovens jogadores.
- 3) Investigar o efeito da suplementação de vitamina C e E sobre os níveis de marcadores de estresse oxidativo, dano muscular, DOMS e performance em atletas submetidos a um protocolo de dano muscular.
- 4) Determinar se a amostragem de sangue capilar proporciona medidas representativas da atividade da creatina quinase (CK) em comparação com a punção venosa em resposta a níveis sanguíneos elevados de CK induzidos por jogo simulado de futebol.

3. HIPÓTESES

A hipótese do presente estudo foi determinada de acordo com os objetivos propostos. Assim as hipóteses deste trabalho são:

- 1) O processo de familiarização pode influenciar na análise da performance em testes motores em jogadores de futebol;
- 2) Uma sessão de treino de futebol pode elevar indicadores de dano muscular e estresse oxidativo, bem como pode reduzir a performance motora nos dias subsequentes;
- 3) A suplementação de antioxidantes (vitaminas C e E) reduz marcadores de estresse oxidativo, indicadores de dano muscular, DOMS e melhora a performance de jogadores de futebol após um protocolo de dano muscular;
- 4) A atividade da CK determinada por meio da coleta de sangue do lóbulo da orelha pode ser utilizada para avaliar recuperação após um jogo de futebol quando comparada a atividade da CK, a qual é determinada por meio de coleta da veia antecubital.

4. ESTUDOS.

4.1 ESTUDO 1. OLIVEIRA, Donizete Cícero Xavier de; GONÇALVES, Hécio Rossi; DENARDI, Renata Alvares; OLIVEIRA, Vitor Hugo Fernandes; DEMINICE, Rafael. **Efeito da familiarização na estabilização da performance em testes específicos para jogadores de futebol.** Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

4.1.1 Resumo

INTRODUÇÃO: Alguns estudos têm observado a importância do procedimento de familiarização na estabilização da performance em testes motores em atletas, de forma que este processo deve ser adequado a cada teste, a fim de se evitar erros na avaliação e, em consequência, na organização e planejamento de um programa de treinamento. A análise deste parâmetro é importante também no futebol, visto que diversas equipes utilizam os dados na seleção e preparação física de jogadores. **OBJETIVO:** O objetivo deste estudo foi verificar se o processo de familiarização em testes utilizados em jogadores de futebol pode interferir efetivamente na estabilização do desempenho dos atletas. **MÉTODOS:** 25 jogadores ($16,9 \pm 0,3$ anos; $70,2 \pm 9,4$ kg; $176,0 \pm 7,0$ cm e $11,8 \pm 2,2\%$ de gordura corporal) em fase competitiva do campeonato paranaense sub-19 foram avaliados em quatro dias consecutivos (Sessões I, II, III e IV), nos quais foi aplicada uma bateria de testes de performance (Salto Vertical utilizando plataforma de salto Smartspeed®, teste T de agilidade e teste de potência RAST, utilizando foto célula Hidrofit®). **RESULTADOS:** Pôde-se observar que o teste de salto vertical não apresentou diferença significativa entre os momentos, entretanto, para o teste de RAST a estabilização da performance ocorreu a partir da segunda sessão, sem diferenciação para o índice de fadiga. Na análise do teste de T agilidade, observou-se estabilização da performance apenas na terceira sessão de testes. **CONCLUSÃO:** Sugere-se que para uma avaliação adequada dos testes supracitados em jogadores de futebol, parece necessário a realização de ao menos duas sessões prévias de familiarização da tarefa para o teste T de agilidade, e pelo menos uma sessão prévia para avaliar a potência com a utilização do RAST. Por outro lado, para o teste de salto vertical, não foi observado efeito da familiarização da tarefa sobre a performance.

Palavras-chave: Familiarização, Avaliação física, Testes motores, Desempenho esportivo

4.1 STUDY1. OLIVEIRA, Donizete Cícero Xavier de; GONÇALVES, Hécio Rossi; DENARDI, Renata Alvares; OLIVEIRA, Vitor Hugo Fernandes; DEMINICE, Rafael. **Effect of Familiarization on the stabilization of performance in specific tests for soccer players.** State University of Londrina, Londrina, 2017.

4.1.2 Abstract

INTRODUCTION: Some studies have observed the importance of the familiarization procedure to the performance evaluation tests in athletes, so that this process must be adequate for each test, in order to avoid errors in the evaluation and, consequently, in the organization and planning of a program training. The analysis of this parameter is important also in soccer, since several teams use the data in the selection and physical preparation of players. **OBJECTIVE:** The aims of this study was to verify if the process of familiarization in tests used in soccer players, can interfere effectively in the performance analysis of the athletes. **METHODS:** 25 players (16.9 ± 0.3 years, 70.2 ± 9.4 kg, 176.0 ± 7.0 cm and $11.8 \pm 2.2\%$ body fat) in the competitive phase of the sub-19, were evaluated on four consecutive days (Sessions I, II, III and IV), in which a battery of performance tests was applied (Vertical Jump using Smartspeed® jump platform, Agility T test and RAST power test, using Photo cell Hidrofit®). **RESULTS:** It was observed that the vertical jump test did not show significant difference between the moments, however for the RAST test, the performance stabilization occurred from the second session, with no difference for the fatigue index. In the analysis of the T agility tests performance was observed only in the third test session. **CONCLUSION:** It is suggested that for an adequate evaluation of the above tests in soccer players, at least two previous sessions of task familiarization for the agility T tests and at least one previous session for the power evaluation using RAST. On the other hand, for the vertical jump test, no effect of task familiarization on performance was observed.

Key words: Familiarization, Physical evaluation, Motor tests, Sports performance.

4.1.3 Introdução

Tanto profissionais quanto pesquisadores da área de Educação Física e Esporte, com frequência aplicam testes de laboratório ou de campo para medir os níveis de desempenho motor e de aptidão física (MORROW et al., 2015). A seleção de testes adequados é essencial, pois, os resultados obtidos podem não ser fidedignos, a menos que se tenha níveis adequados de reprodutibilidade e confiabilidade, e os procedimentos para as avaliações sejam aplicados corretamente (HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001; TOMAC; HRASKI, 2016; TSIGILIS; THEODOSIOU, 2008).

No futebol, são realizadas avaliações dos componentes aeróbio e anaeróbio no início e durante a temporada, com o intuito de explicitar as condições dos atletas e servir como parâmetros de treinamento (IMPELLIZZERI; RAMPININI; MARCORA, 2005). Entretanto, em muitos casos esses testes são realizados sem a devida preocupação com o processo de familiarização com a tarefa realizada, o que pode gerar um fator de confusão nas análises (BAUMGARTNER, 1969; CAVAZZOTTO et al., 2014). Isto porque durante o período de familiarização, os indivíduos podem ajustar-se à tarefa e mudar o resultado da avaliação.

Considerando este processo de familiarização, a complexidade da tarefa pode ser uma variável interveniente na estabilização do desempenho de testes motores, conforme apontam Silva-Batista e colaboradores (2011). Quando discutem a importância da familiarização, estes autores, atribuem à complexidade da tarefa a discrepância de resultados entre as sessões de avaliação, indicando que a quantidade de sessões de familiarização para que ocorra a estabilização do desempenho em testes de força máxima é um ponto relevante.

Para diferenciar a quantidade de sessões de familiarização necessárias o pesquisador deve considerar a complexidade da mesma, que se refere ao número de partes ou componentes que formam determinada tarefa, assim como a organização da tarefa que se refere à forma como as partes ou componentes desta tarefa se interagem e ao nível de processamento de informação exigido durante o seu desempenho (NAYLOR; BRIGGS, 1963). Neste sentido, quanto mais componentes a tarefa tiver, maior será sua complexidade e quanto maior a interação destes componentes, maior a organização exigida (UGRINOWITSCH; BENDA, 2011).

Compreende-se que a combinação das ações se torna mais complexa quando se incorporam duas ou mais unidades de ação motora, ou seja, quando se pensa em combinação de ações motoras saltar, correr, mudar de direção, são necessários novos caminhos e/ou respostas motoras (MOREIRA, 2010; SCHMIDT; LEE, 2014). Neste contexto, percebe-se que com relação aos testes motores, que alguns podem ser considerados mais complexos do que outros e isso poderia influenciar no processo de familiarização.

Baumgartner (1969) já observava que a avaliação realizada sem um período de familiarização pode gerar diferença no resultado de um teste ou variável analisada. Em atividades como o treinamento de força, por exemplo, já é consenso a necessidade da realização de duas a quatro sessões prévias de familiarização para definição dos níveis máximos de performance (RITTI-DIAS et al., 2005, 2011; SILVA-BATISTA et al., 2011).

Deste modo, parece importante considerar o efeito da familiarização a tarefa no desempenho motor dos testes, estabelecendo-se um número adequado de sessões de familiarização para que ocorra a estabilização do desempenho. Para determinar a quantidade ideal de sessões deve-se considerar a experiência dos indivíduos, a complexidade e a organização da tarefa, e o tipo de teste utilizado. Parece não haver evidências científicas em relação à quantidade ideal de tentativas de prática para a realização do processo de familiarização em jogadores de futebol.

Considerando-se a importância da avaliação desses parâmetros para os jogadores e o fato que a forma como os profissionais e pesquisadores sistematizam a aplicação dos testes não está suficientemente clara na literatura, o objetivo deste estudo foi verificar se o processo de familiarização da tarefa em testes utilizados em jogadores de futebol, pode interferir efetivamente na análise de desempenho dos atletas.

4.1.4 Métodos

Participantes do estudo

Participaram voluntariamente deste estudo 25 jogadores de futebol do sexo masculino, saudáveis e treinados de uma equipe da categoria sub-19 da cidade de Londrina-PR, Brasil. Todos os jogadores pertenciam à equipe de futebol Junior Team, a qual disputava o campeonato paranaense de categorias de base. A idade média dos jogadores era de $16,9 \pm 0,3$ anos, massa corporal de $70,2 \pm 9,0$ kg, estatura de $176,0 \pm 7,0$ cm e gordura corporal de $11,8 \pm 2,2\%$. Os participantes treinavam aproximadamente duas horas, de cinco a seis dias na semana no campo, além do treinamento resistido (musculação), realizado três vezes na semana com duração aproximada de uma hora, sendo que na semana dos testes não houve nenhum jogo que pudesse fadiga muscular aos jogadores. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina sob parecer número 1.428.377 e cumpriu com a declaração de Helsinki (2008) (Folha de Aprovação no Anexo A). Todos os voluntários assinaram um termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A) previamente ao início das avaliações. Nenhum dos participantes era fumante ou ingeria qualquer tipo de medicamento ou suplementação alimentar há pelo menos dois meses prévios ao início do estudo.

Avaliação antropométrica e composição corporal

As avaliações antropométricas, massa corporal e estatura foram realizadas por meio de balança acoplada a um estadiômetro, com precisão de 100g e 1 mm (Filizola®, São Paulo, Brasil). A avaliação da composição corporal se deu pelo método conhecido como espessura de dobras cutâneas, as quais foram mensuradas por adipômetro científico Lange®, de acordo com as padronizações estabelecidas por Lohman, Roche e Martorell (1988). Foi utilizada a equação proposta por Jackson e Pollock (1978) para densidade corporal e equação de Siri (1961) para estimativa do percentual de gordura corporal.

Avaliação dos testes motores

Os testes motores aplicados foram os seguintes: a) Teste de Salto vertical (CMJ – *conter movement jump* em português salto contramovimento), b) teste T de agilidade, e c) teste RAST (*Running Anaerobic Sprint Test*, em português Teste de corrida ou *sprint* anaeróbio) para avaliação da potência, conforme apresentado na Figura 1.

No teste de salto vertical (Figura. 1a), o jogador realizava três saltos utilizando a técnica de CMJ, ou seja, o atleta se posicionava em pé, com os membros inferiores em extensão e efetuava uma semi-flexão dos joelhos (90° graus), seguido de um salto vertical, adaptado de Komi e Bosco (1978), porém com auxílio dos membros superiores conforme utilizado por Moreira et al.(2008) em jogadores de futebol. Os saltos foram realizados com intervalo de dois minutos entre cada salto e o maior valor foi considerado. Para a realização do teste T de agilidade (Figura. 1b), conforme descrito por Guincho et al. (2007), foram colocados quatro cones em um formato em T com cinco metros de distância entre cada um deles. Este circuito o atleta deveria percorrer no menor tempo possível, sendo realizada duas tentativas, com 2 minutos de intervalo entre cada tentativa e anotado o menor tempo de realização. O teste de potência RAST, proposto por Zacharogiannis, Paradisis e Tziortzis (2004) foi realizado como descrito por Zagato, Beck e Gobatto (2009), de forma que os atletas realizaram seis tiros de corrida com 35 metros de distância em circuito de ir e voltar, com intervalos de 10 segundos entre cada tiro (Figura 1c).

Os percursos e as orientações foram realizados por meio de demonstração e explicação (instrução verbal) do processo de forma prévia. Todos os testes foram aplicados por quatro dias consecutivos, com intervalo de 24 horas entre as sessões, para avaliar o efeito da prática no desempenho durante o processo de familiarização. A ordem dos atletas para a realização dos testes foi aleatorizada com auxílio do software Excel. Os voluntários puderam ingerir água *ad libitum* durante os testes e efetuaram aquecimento prévio, como de rotina, por aproximadamente 15 minutos, composto por alongamentos e corrida leve. Os atletas mantiveram a rotina de treinamento durante o período do estudo, entretanto com carga reduzida de intensidade, priorizando os treinamentos técnico e tático. Para o teste de salto vertical foi utilizada plataforma de salto (Smartspeed®, Fusion Sport, Austrália) e

para avaliação dos testes de RAST e teste T de agilidade foi utilizado o sistema de foto células (Hidrofit®, Brasil).

Nos testes, o valor de estabilização da performance foi determinado a partir da consistência do desempenho, sem diferença entre as sessões considerando o resultado da análise de ANOVA. Ou seja, quando a performance estava estabilizada, não havendo diferença entre duas sessões seguidas ou considerada a sessão com pico de rendimento.

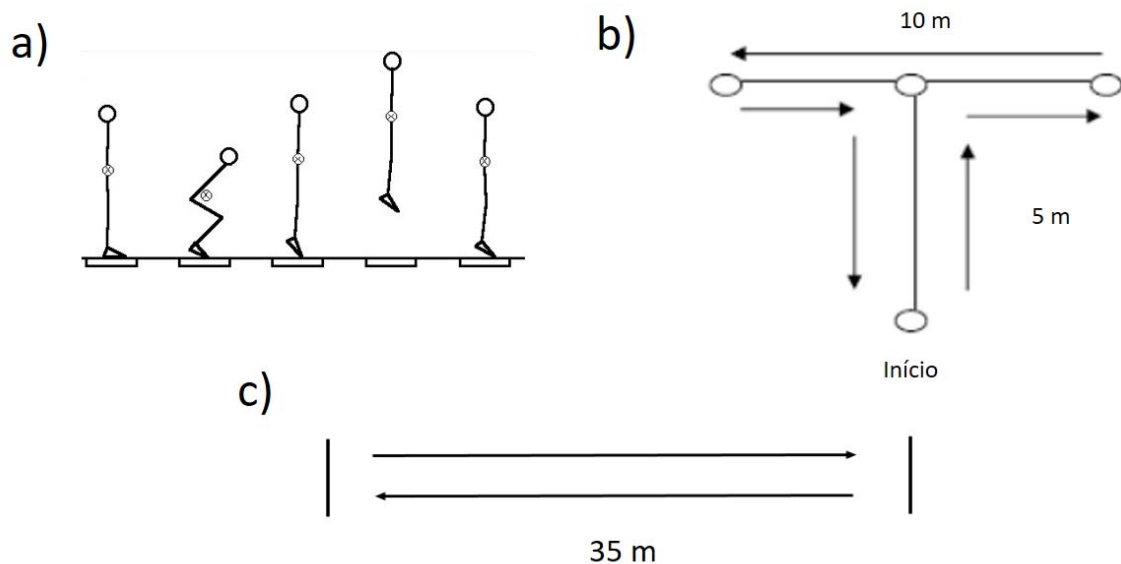


Figura 1. Testes de performance. (a) Teste de Salto vertical, (b) Teste T de agilidade, (c) Teste RAST.

Análise estatística

Inicialmente, os dados foram analisados a partir de procedimentos descritivos (média \pm desvio padrão), seguidos da análise da normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk. As comparações entre as diferentes sessões de avaliação foram realizadas por meio da análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas. O teste *post hoc* de Bonferroni foi empregado para a identificação das diferenças específicas nos momentos em que os valores de F encontrados foram superiores ao critério de significância estatística estabelecido ($P < 0,05$). A estimativa do coeficiente de correlação intraclass (CCI) e os seus respectivos intervalos de confiança (IC 95%) foram calculados baseados em medição única, concordância absoluta, e modelo de efeitos mistos bidirecionais, sendo assumido baixa reprodutibilidade valores menores que 0,50, valores entre 0,50 a 0,75 moderada reprodutibilidade, valores entre 0,75 e 0,90 boa reprodutibilidade e valores acima de 0,90 como excelente reprodutibilidade, conforme descrito por Koo e Li (2016). O viés e o limite de concordância entre as sessões de avaliação foram analisados mediante os procedimentos propostos por *Bland & Altman* (1986). Os dados foram tabulados e analisados no pacote estatístico GraphPad Prism 6 e SPSS 22.0.

4.1.5 Resultados

A Tabela 1 apresenta os valores médios e desvio padrão para os testes de salto vertical, T de agilidade e RAST (potência relativa máxima, média e índice de fadiga) nas quatro sessões de avaliação. Para o teste de salto vertical, não foram observadas diferenças entre as sessões de avaliação, ocorrendo a estabilização do desempenho logo na primeira sessão (Sessão 1: $42,9 \pm 6,1$ vs. Sessão 2: $43,2 \pm 5,6$ cm). Para o teste T de agilidade foram observadas diferenças até a terceira sessão de avaliação, sendo que ocorreu a estabilização entre a terceira e quarta sessões (Sessão 3: $9,1 \pm 0,5$ vs. Sessão 4: $9,1 \pm 0,4$ seg). Para o RAST potência relativa máxima e potência relativa média, não houve diferença entre a segunda e terceira sessões de avaliação (Potência relativa máxima Sessão 2: $10,5 \pm 1,5$ vs. Sessão 3: $10,7 \pm 2,0$ W/kg, Potência relativa média Sessão 2: $8,2 \pm 1,2$ vs. Sessão 3: $8,4 \pm 1,6$ W/kg). Para o índice de fadiga, não foi observada diferença entre as sessões de avaliação.

Tabela 1. Valores médios (\pm DP) para os testes de salto vertical, T de agilidade, e RAST (potência máxima, média e índice de fadiga) nas quatro sessões de avaliação

Sessão	Salto vertical (cm)	T de agilidade (seg)	RAST potência máxima (W/kg)	RAST potência média (W/kg)	RAST índice de fadiga (%)
1	42,9 \pm 6,1	9,6 \pm 0,3	9,3 \pm 1,4	7,3 \pm 1,0	7,8 \pm 3,0
2	43,2 \pm 5,6	9,3 \pm 0,4*	10,5 \pm 1,5*	8,2 \pm 1,2*	8,8 \pm 2,7
3	43,9 \pm 6,2	9,1 \pm 0,5*#	10,7 \pm 2,0*	8,4 \pm 1,6*	9,2 \pm 3,5
4	44,2 \pm 5,6	9,1 \pm 0,4*#	9,5 \pm 1,9#§	7,7 \pm 1,3#§	7,5 \pm 3,3

*Diferença significativa em relação a sessão 1; #Diferença significativa em relação a sessão 2; §Diferença significativa em relação a sessão 3. ($P < 0,05$). Todos os 25 jogadores foram inclusos em todas as análises.

Na Tabela 2, são apresentados os valores de coeficiente de correlação intraclasse e média das diferenças. Também são apresentados, os coeficientes de variação entre as sessões de avaliação para os testes de salto vertical, T de agilidade, e RAST (potência relativa máxima, média e índice de fadiga). Para o teste de salto vertical, a performance já estava estabilizada na sessão 1, tendo em vista o alto coeficiente de correlação com a sessão 2. Além disto, não houve diferença estatísticas entre as médias e foi verificado baixo coeficiente de variação. Para os outros testes, nas sessões nas quais ocorreram a estabilização, foram verificados os maiores valores de coeficiente de correlação, além dos menores valores de diferença e de coeficiente de variação.

Por fim, a Figura 2 apresenta a plotagem de *Bland & Altman* para comparações entre as sessões de avaliação na qual ocorreu a estabilização do desempenho para os testes de salto vertical (sessões 1 e 2), T de agilidade (sessões 3 e 4), RAST (potência relativa máxima, média e índice de fadiga) (sessões 2 e 3). A análise é estabelecida pela relação entre os valores médios entre os momentos confrontados (eixo x) e a diferença individual de cada sujeito entre os momentos (eixo y).

Tabela 2. Valores de coeficiente de correlação intraclassa (CCI), média das diferenças (MD) e coeficiente de variação (CV%) entres as sessões de avaliação para os testes de salto vertical, T de agilidade, e RAST (potência relativa máxima, média e índice de fadiga)

	CCI (IC 95%)	MD	CV%
Salto vertical (cm)			
Sessões 1-2	0,93 (0,84 a 0,96)	0,31	0,72%
Sessões 2-3	0,96 (0,92 a 0,98)	0,79	1,82%
Sessões 3-4	0,95 (0,89 a 0,97)	0,20	0,44%
T de agilidade (seg)			
Sessões 1-2	0,68 (-0,03 a 0,88)	-0,32	-3,30%
Sessões 2-3	0,88 (0,43 a 0,96)	-0,22	-2,37%
Sessões 3-4	0,89 (0,77 a 0,95)	0,01	0,07%
RAST potência máxima (W/kg)			
Sessões 1-2	0,80 (-0,17 a 0,94)	1,19	12,83%
Sessões 2-3	0,91 (0,80 a 0,96)	0,21	2,00%
Sessões 3-4	0,87 (0,45 a 0,95)	-0,93	-8,68%
RAST potência média (W/kg)			
Sessões 1-2	0,80 (-0,17 a 0,95)	0,90	12,22%
Sessões 2-3	0,90 (0,77 a 0,95)	0,15	1,80%
Sessões 3-4	0,90 (0,35 a 0,97)	-0,70	-8,34%
RAST índice de fadiga (%)			
Sessões 1-2	0,75 (0,43 a 0,89)	1,06	13,60%
Sessões 2-3	0,78 (0,51 a 0,90)	0,29	3,31%
Sessões 3-4	0,62 (0,17 a 0,83)	-1,64	-17,89%

As sessões de avaliação nas quais ocorreu a estabilização da carga estão destacadas em negrito.

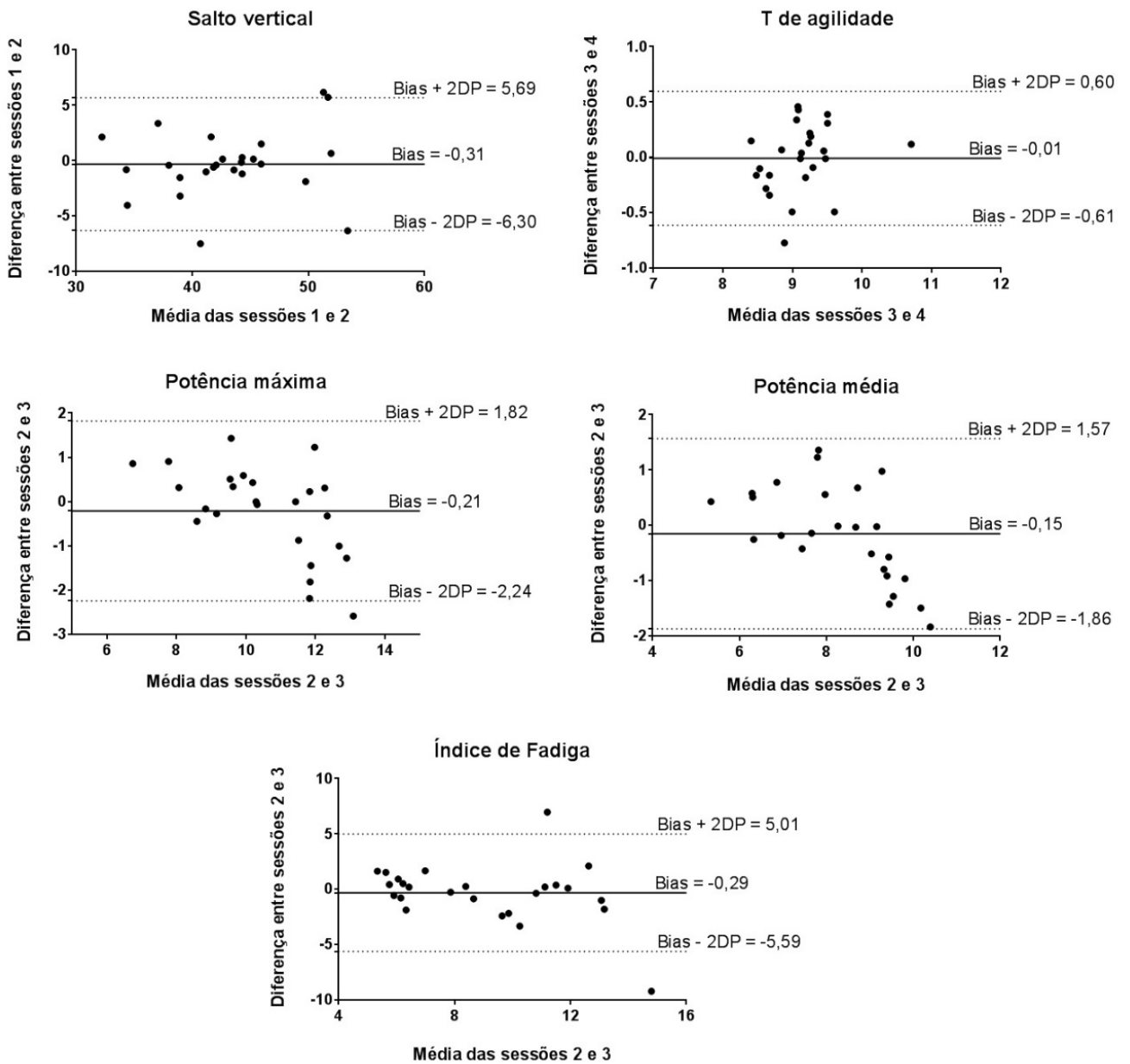


Figura 2. Plotagem de *Bland & Altman* para comparações entre as sessões de avaliação na qual ocorreu a estabilização do desempenho para os testes de salto vertical, T de agilidade, e RAST para potência relativa máxima, média e índice de fadiga.

4.1.6 Discussão

Com base nos resultados encontrados pode-se afirmar que os principais achados deste trabalho foram: a) testes com menor complexidade (um único elemento), como o salto vertical, parecem não necessitar de sessões prévias de familiarização; b) testes que exigem um maior número de ações motoras como correr várias vezes, por exemplo, o RAST, parecem ser necessários ao menos uma sessão de familiarização; c) no entanto, em testes que demandam combinação de ações motoras, ou seja, que exigem maior complexidade e organização, como no teste de T de agilidade, onde há corrida, aceleração, desaceleração e mudança de direção, são necessárias ao menos duas sessões de familiarização.

O salto vertical é uma das ações motoras mais utilizadas, sendo considerada muito importante para o desenvolvimento em vários esportes (FERREIRA; CARVALHO; SZMUCHROWSKI, 2008), entre eles o futebol (MOREIRA et al., 2008). Vários autores testaram a validade e confiabilidade de instrumentos que avaliaram a altura do salto (CRONIN; HING; MCNAIR, 2004; GARCÍA-LÓPEZ et al., 2005), sendo encontrados bons resultados para diferentes ferramentas de análise. Estudos conduzidos por Moir et al. (2004, 2005) e Loturco et al. (2016) encontraram resultados semelhantes aos achados do presente estudo, nos quais não se observaram variação entre uma sessão e outra para o salto vertical. Ou seja, a altura de salto não sofreu variação significativa em nenhuma das quatro sessões de teste. Desta forma, parece não haver necessidade de sessões prévias de familiarização para determinar potência de salto em atletas jovens do futebol. Esse dado corrobora com trabalho de Arteaga et al. (2000) no qual reportaram não haver necessidade de familiarização para o CMJ avaliado em seis sessões de teste separadas, o que aponta para o alto grau de reprodutibilidade do teste.

A menor necessidade de familiarização no teste de salto pode ser explicada pela menor complexidade e necessidade de organização do teste, tendo em vista que o processo de familiarização está associado à facilidade de execução da técnica e número de ações motoras envolvidas, ao menos em testes de força (CRONIN e HENDERSON, 2004).

O teste RAST parece ser uma importante ferramenta de avaliação, pois, alguns estudos apontam correlação entre o teste, a alta intensidade de corrida e velocidade desempenhada por jogadores (PEKAS; TRAJKOVIĆ; KRISTIČEVIĆ,

2016). Neste teste, observou-se melhora na performance da sessão II em relação a sessão I, que se manteve, sem diferença para a sessão III. Esta mudança parece sugerir que uma sessão de familiarização pode ser suficiente para efetiva avaliação neste teste. Na análise das potências máxima e média, houve melhora da performance na sessão II se comparada a sessão I, porém, sem diferença da sessão II para a III. Houve redução da potência relativa (máxima e média) na sessão IV. Uma das hipóteses para a redução da performance na quarta sessão de testes é que à medida que o desempenho foi crescendo e houve a repetição da mesma rotina de avaliação por vários dias, o interesse e a disposição dos atletas tenha diminuído de modo que não mantiveram o rendimento elevado observado nas sessões anteriores, pois, deixaram de se empenhar, conforme sugerido em um estudo semelhante sobre familiarização de 1 RM realizado por Silva-Batista et al. (2011), no qual também observaram redução na carga em testes após atingir o pico de performance.

Em outro estudo, Toluoso et al. (2015) observaram efeito do uso de substância placebo na melhora da performance no RAST, o que indica o efeito da estimulação neural e da motivação no resultado dos testes. Em outro estudo Mohr et al. (2016) utilizaram o teste RSA (*Repeated Sprint Ability* em português *sprints* repetidos máximos) composto por *Sprints* repetidos (5x30m) após três jogos. Os autores observaram uma redução da performance nos dias subsequentes, porém sem diferença no grupo controle, que não participou dos jogos, o que sugere que não houve efeito da familiarização entre as diferentes sessões de testagem. Entretanto, observando os dados do presente estudo, sugere-se ao menos uma sessão prévia de familiarização para o RAST.

Em estudo realizado por Glaister et al. (2007) não foi observada a necessidade de familiarização em testes de *Sprint* repetido, entretanto, os mesmos avaliaram em intervalos de sete dias entre cada sessão e não em dias consecutivos como foi realizado no presente estudo, pois, o protocolo consistia de 12 *sprints* de 35 metros com 35 segundos de intervalo, o que confere características diferentes para a análise. Ainda em outros achados de Glaister et al. (2009), observou-se a necessidade de pelo menos uma sessão de familiarização em um teste de oito *sprints* de 40 metros com 20 segundos de recuperação. Apesar de protocolos diferentes, a performance apresentou comportamento semelhante ao que foi encontrado na análise de dados do presente estudo.

Andrade et al. (2014) testaram a reprodutibilidade do RAST na grama, com 14 jogadores e apesar de não significativo os valores de potência encontrados no reteste (24h) foram maiores que no pré-teste, o que sugere a necessidade de novos estudos para melhor avaliar os efeitos da familiarização sobre este teste. De qualquer forma, parece sensato realizar ao menos uma sessão prévia para que o avaliado passe pela familiarização, conforme observado no presente estudo.

No teste T de agilidade só houve estabilização da performance a partir do terceiro dia de avaliação. Houve melhora da sessão II comparada I, melhora da sessão III comparada a sessão II, sem diferença entre as sessões III e IV. Desta forma, parece haver um pico, ou estabilização nos resultados dos testes de agilidade a partir da terceira sessão (melhoria da performance até a sessão III). Não foram encontrados estudos que compararam o desempenho em testes de agilidade em dias subsequentes como no presente estudo. Entretanto Beekhuizen et al. (2009) avaliaram o efeito da aprendizagem no teste hexagonal de agilidade e observou platô na segunda sessão de teste, realizada duas horas após a primeira, sem diferença para uma terceira sessão realizada 48h depois. Alguns estudos também apresentaram a proposta de avaliar o número de sessões necessárias para a familiarização em testes de 1 RM, e nestes estudos também se observou a necessidade da realização de 2 a 4 sessões para estabilização da carga (RITTI-DIAS et al., 2005; SILVA-BATISTA et al., 2011). Assim como no estudo de Vrbik et al. (2016) em que os resultados indicam que testes motores realizados em crianças, também alcançaram estabilização a partir da terceira sessão de avaliação.

É razoável considerar que os mecanismos envolvidos na familiarização dos testes motores, sejam semelhantes as primeiras semanas de um treinamento de força, nas quais há uma adaptação, como a melhora na coordenação intra e intermuscular (SILVA-BATISTA et al., 2011), assim como melhora na adaptação neuromuscular (aumento no recrutamento das unidades motoras de alto limiar, melhor ação da musculatura sinergista e/ou estabilizadora em certos movimentos, frequência e disparo de potencial de ação, e conseqüentemente na coordenação motora) (GABRIEL; KAMEN; FROST, 2006; OKANO et al., 2008).

Um estudo proposto por Hakkinen et al. (1998), observaram aumento do sinal eletromiográfico de extensores de joelho tanto em homens, como em mulheres, independente da faixa etária e dos níveis de condicionamento, justificando o aumento de força no início de um programa de treino, e este aumento nos níveis de

força pode estar associado ao efeito de familiarização e melhor performance nos testes, assim como quantidade de ações envolvidas. Ainda de acordo com Katic et al. (2012), quanto maior a complexidade da tarefa maior a importância da repetição para a familiarização e conseqüentemente maior o número de sessões necessárias para estabilização da performance, o que está de acordo com os achados deste trabalho.

O teste T, assim como o Rast são compostos por maior número de ações motoras, respectivamente, correr em diferentes direções e correr o mesmo trecho seguidamente, em seis momentos, em relação ao salto vertical, o que oferece indicativos que o número de ações motoras envolvidas na tarefa podem interferir no processo de familiarização.

4.1.7 Conclusão

Tomados em conjunto, os achados do presente estudo indicam que o processo de familiarização tem influência sobre alguns dos testes de performance motora em jogadores de futebol. O teste T que avalia agilidade, por ser uma tarefa mais complexa e que demanda de maior organização motora, como agilidade e mudança de direção, parece necessitar de pelo menos duas sessões, enquanto o RAST que exige apenas uma única ação motora, mas realizada repetidamente, necessita de apenas uma sessão. Já para o teste de salto vertical não foi observado efeito da familiarização na performance dos jogadores.

4.1.8 Referências

- ANDRADE, DE V. L. et al. Reproducibility of running anaerobic sprint test (rast) for soccer players. **The journal of sports medicine and physical fitness**, v. nov 6, n. 1–2, p. 34–8, 2014.
- ARTEAGA, R. et al. Reliability of jumping performance in active men and women under different stretch loading conditions. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 40, n. 1, p. 26–34, 2000.
- BAUMGARTNER, T. A. Stability of Physical Performance Test Scores: Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation: Vol 40, No 2. **Research Quartely. American Association for Health, Physical education and Recreation**, v. 40, n. 2, p. 257–261, 1969.
- BEEKHUIZEN, K. S. et al. Test-retest reliability and minimal detectable change of the hexagon agility test. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 23, n. 7, p. 2167–2171, out. 2009.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Regression analysis. **The Lancet**, v. 327, n. 8486, p. 908–909, abr. 1986.
- CAVAZZOTTO, T. G. et al. Efeito da aprendizagem no desempenho de repetidos testes de Wingate. **Revista brasileira de ciências do esporte**, v. 36, n. 1, p. 59–69, mar. 2014.
- CRONIN, J. B.; HENDERSON, M. E. Maximal strength and power assessment in novice weight trainers. **The Journal os strength and conditioning and research**, v. 18, n. 1, p. 48–52, 2004.
- CRONIN, J. B.; HING, R. D.; MCNAIR, P. J. Reliability and validity of a linear position transducer for measuring jump performance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 18, n. 3, p. 590–3, 2004.
- FERREIRA, J. C.; CARVALHO, R. G. S.; SZMUCHROWSKI, L. A. Validade e confiabilidade de um tapete de contato para a mensuração da altura do salto vertical. **Revista brasileira de biomecânica**, v. 9, n. 17, p. 39–45, 2008.

- GABRIEL, D. A.; KAMEN, G.; FROST, G. Neural adaptations to resistive exercise: Mechanisms and recommendations for training practices. **Sports Medicine**, v. 36, n. 2, p. 133–149, 2006.
- GARCÍA-LÓPEZ, J. et al. The validation of a new method that measures contact and flight times during vertical jump. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 4, p. 294–302, 2005.
- GLAISTER, M. et al. Familiarization and reliability of multiple sprint running performance indices. **Journal of strength and conditioning research**, v. 21, n. 3, p. 857–9, ago. 2007.
- GLAISTER, M. et al. Familiarization, reliability, and comparability of a 40-m maximal shuttle run test. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 8, p. 77–82, 2009.
- GUINCHO, A. D. DE C. Relação entre três testes de agilidade: Teste T, Teste 505 e Teste ZIG-ZAG: influência do estatuto maturacional, idade cronológica e idade de treino na performance dos três testes.". **Monografia: Faculdade do Porto**, 2007.
- HÄKKINEN, K. et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 84, n. 4, p. 1341–1349, 1998.
- HOPKINS, W. G.; SCHABORT, E. J.; HAWLEY, J. A. Reliability of power in physical performance tests. **Sports medicine**, v. 31, n. 3, p. 211–234, 2001.
- IMPELLIZZERI, F. M.; RAMPININI, E.; MARCORA, S. M. Physiological assessment of aerobic training in soccer. **Journal of sports sciences**, v. 23, n. 6, p. 583–92, 2005.
- JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **The British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497–504, 1978.
- KATIC, R.; BALA, G.; BAROVIC, Z. Gender differentiations of cognitive-motor functioning in prepubertal and pubertal children. **Collegium antropologicum**, v. 36, n. 2, p. 563–572, 2012.
- KOMI, P.; BOSCO, C. Utilization of stores elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 10, n. 4, p. 261–265, 1978.

- KOO, T. K.; LI, M. Y. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. **Journal of Chiropractic Medicine**, v. 15, n. 2, p. 155–163, 2016.
- LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. Anthropometric standardization reference manual. **Human Kinetics Books**, p. 177, 1988.
- LOTURCO, I. et al. 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. **Biology of Sport**, v. 33, n. 3, p. 277–283, 2016.
- MOIR, G. et al. Influence of Familiarization on the Reliability of Vertical Jump and Acceleration Sprinting Performance in Physically Active Men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 2, p. 276, maio 2004.
- MOIR, G. et al. The influence of familiarization on the reliability of force variables measured during unloaded and loaded vertical jumps. **Journal of strength and conditioning research**, v. 19, n. 1, p. 140–145, 2005.
- MOREIRA, A. et al. Reprodutibilidade e concordância do teste de salto vertical com contramovimento em futebolistas de elite da categoria sub-21. **Revista de Educação Física/UEM**, v. 19, n. 3, p. 413–421, 2008.
- MOREIRA, R. S. T. **Análise da combinação de padrões fundamentais de movimento em crianças com diferentes níveis de desenvolvimento sob duas condições de restrição da tarefa**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Londrina. 2010.
- MORROW, J. R. et al. **Measurement and evaluation in human performance**. 5 edition ed. [s.l.] Human Kinectis, 2015.
- MOHR, M. et al. 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.
- NAYLOR, J. C.; BRIGGS, G. E. Effects of task complexity and task organization on the relative efficiency of part and whole training methods. **Journal of experimental psychology**, v. 65, n. 3, p. 217–224, 1 mar. 1963.

- OKANO, A. H. et al. Comportamento da força muscular e da área muscular do braço durante 24 semanas de treinamento com pesos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 10, n. 4, p. 379–385, 4 jan. 2008.
- PEKAS, D.; TRAJKOVIĆ, N.; KRISTIČEVIĆ, T. Relation between fitness tests and match performance in junior soccer players. **Sport Science**, v. 9, n. 2, p. 88–92, 2016.
- RITTI-DIAS, R. M. et al. Influência do processo de familiarização para avaliação da força muscular em testes de 1-RM. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, v. 11, n. 1, p. 34–38, 2005.
- RITTI-DIAS, R. M. et al. Influence of previous experience on resistance training on reliability of one-repetition maximum test. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 5, p. 1418–1422, 2011.
- SCHMIDT, R.; LEE, T. D. **Motor learning and performance: From principles to application**. Fifth edit ed. [s.l.] Human Kinectis, 2014.
- SILVA-BATISTA, C. et al. Efeito da familiarização na estabilização dos valores de 1RM para homens e mulheres. **Motriz. Revista de Educacao Fisica**, v. 17, n. 4, p. 610–617, 2011.
- SIRI, W. E. **Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods**. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ATErAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA223&dq=siri+1961+body+composition&ots=wBkjXLt3LS&sig=DzslnSXgNJSR3_vXmEXurVAgu44#v=onepage&q=siri+1961+body+composition&f=false>. Acesso em: 17 dez. 2016.
- TOLUSSO, D. V. et al. Placebo effect: influence on repeated intermittent sprint performance on consecutive days. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 7, p. 1915–1924, jul. 2015.
- TOMAC, Z.; HRASKI, Z. Influence of Familiarization of Preschool Children With Motor Tests on Test Results and Reliability Coefficients. **Perceptual and motor skills**, v. 0, n. 0, p. 1–20, 19 set. 2016.
- TSIGILIS, N.; THEODOSIOU, A. The Influence of Multiple Administration of a Psychomotor Test on Performance and Learning. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 22, n. 6, p. 1964–1968, nov. 2008.

- UGRINOWITSCH, H.; BENDA, R. N. Contribuições da aprendizagem motora: a prática na intervenção em educação física. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 25, p. 25–35, 2011.
- VRBIK, I. et al. The Influence of Familiarization on Physical Fitness Test Results in Primary School-aged Children. **Pediatric Exercise Science**, p. 1–19, 21 out. 2016.
- WILLIAMS, J. R. **The Declaration of Helsinki and public health** **Bulletin of the World Health Organization**, 2008. Disponível em:
<<http://www.scielosp.org/pdf/bwho/v86n8/22.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2017
- ZACHAROGIANNIS, E. ; PARADISIS, G.; TZIORTZIS, S. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity an evaluation of tests of anaerobic power and capacity. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 36, n. 5, 2004.
- ZAGATTO, A. M.; BECK, W. R.; GOBATTO, C. A. Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 23, n. 6, p. 1820–1827, set. 2009.

4.2 ESTUDO 2. OLIVEIRA, Donizete Cícero Xavier de; FRISSELLI, Ariobaldo; DEMINICE, Rafael. **Sessão de treinamento de futebol eleva creatina quinase e DOMS mas não reduz performance durante semana de treinamento em jovens jogadores.** Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

4.2.1 Resumo

INTRODUÇÃO: Diversos estudos têm demonstrado a elevação da dor muscular de início tardio (DOMS), estresse oxidativo e redução da performance após um jogo de futebol. Entretanto, pouco se sabe sobre a associação de indicadores de dano muscular e performance em resposta a uma sessão de treino no futebol. **OBJETIVO:** Determinar a relação entre as alterações nos marcadores de estresse oxidativo, dano muscular e DOMS em resposta a uma sessão de treinamento; e associação com possíveis mudanças na recuperação em uma semana no desempenho de jovens jogadores de futebol. **MÉTODOS:** Dezenove jogadores com $16,7 \pm 1,0$ anos foram incluídos no estudo. Após avaliação inicial para verificar o balanço redox e marcadores de dano muscular, DOMS e testes de performance (salto vertical, teste T de agilidade e Teste de potência anaeróbia RAST), os atletas foram submetidos a uma rotina de treino composta por séries de agachamento, seguidos por um jogo simulado de futebol de 45 minutos. Os atletas foram reavaliados em 3 dias consecutivos (24h, 48h e 72h após a sessão de treino) durante a semana de recuperação. **RESULTADOS:** Uma elevação nos scores de DOMS no quadríceps e posterior de coxa ($P < 0,05$) e na concentração de CK foi observada de 24 até 72h após a sessão de treinamento. Entretanto, apesar da elevação de DOMS e de marcador de dano muscular (CK), não foi observado mudança na performance no salto vertical, Teste de potência RAST e teste T de agilidade durante a semana de recuperação. Além disso, nenhuma mudança nos marcadores de estresse oxidativo analisados foi observada durante o período de recuperação, assim como para o marcador LDH. **CONCLUSÃO:** A sessão de treinamento com simulação de jogo promoveu elevação de CK e DOMS, mas não foi suficiente para reduzir a performance durante a semana de recuperação.

Palavras-chave: Futebol, Dano muscular, Estresse oxidativo, Performance esportiva.

4.2 STUDY 2. OLIVEIRA, Donizete Cícero Xavier de; DEMINICE, Rafael. **Football training session causes elevated creatine kinase and delayed-onset muscular soreness but does not impair performance during training week in young players.** State University of Londrina, Londrina, 2017.

4.2.2 Abstract

BACKGROUND: Studies have demonstrated elevated delayed-onset muscular soreness (DOMS), oxidative stress and impaired performance after a football match. However, little is known about the association of muscle damage markers and performance as a result of a training session. The aims of this study were to determine the relationship between changes in oxidative stress markers, muscle damage, DOMS, and their relation with performance in response to a session of football training during a 1-week recovery period of young football players. **METHODS:** Nineteen young football players aged 16.7 ± 1.0 years were included in the study. After initial evaluation for basal levels of oxidative stress and muscle damage markers, DOMS and performance testing (Vertical Jump, Agility T test and RAST potency test), the athletes were submitted to a routine training session composed of squatting exercises, followed by a simulated football match of 45 minutes. Athletes were reevaluated for 3 consecutive days (24h, 48h, and 72h after the training session) during the recovery week. **RESULTS:** An elevated DOMS score in the quadriceps and posterior thigh ($P < 0.05$) and serum CK was observed 24h to 72h after the training session. Despite elevated DOMS and CK muscle damage markers, no changes in the vertical jump test, RAST potency test, or agility T test were observed during the recovery week. In addition, no changes in the oxidative stress markers analyzed MDA, AOPP, and GSH were observed during the recovery week. **CONCLUSION:** Training sessions with simulated matches promote elevation in CK and DOMS, but not sufficient to impair physical performance during the recovery week.

Key words: Soccer, Muscle damage, Oxidative stress, Sport performance.

4.2.3 Introduction.

A football match may subject the athletes to high intensity moments, where sprints, jumps, acceleration, deceleration and rapid changes of direction, occur repeatedly; actions related to muscle damage promotion (MOHR et al., 2016). Indeed, these actions during a competitive football match can promote fatigue and physiological stress in muscle tissue, excessive muscle damage and delayed-onset muscular soreness (DOMS) in the days subsequent to the match (MOHR et al., 2016; NÉDELEC et al., 2012). Elevated muscle damage and DOMS are generally associated with reduced physical performance in the days of recovery (NÉDELEC et al., 2013), decreasing athletes competition appearance and in critical cases, leading to muscle and joint injuries (DUPONT et al., 2010; EKSTRAND; WALDE; HAGGLUND, 2004). However, little is known about the fatigue and damage-potential of a training session of football.

Football players, especially young athletes, may play 2 to 3 matches a week during the competition season. Moreover, 2 to 3 days between matches could be insufficient for total recovery (FATOUROS et al., 2010; MOHR et al., 2016), especially as one or two training sessions are frequently performed during the 2 to 3 days of recuperation. Training sessions between matches include individual stretching and strength exercises as well as field technical and tactical development exercises (SCOTT et al., 2012). According to Bangsbo, Mohr and Krstrup (2006), a professional player's training week is composed of 10 training sessions on average with 80 minutes of duration and an intensity of 75% of maximal heart rate, with several peaks of intensity.

Recently, several blood markers have been studied such as fatigue, muscle damage or recuperation state indicators to help coaches and physiologists to monitor the evolution, overreaching, and overtraining state of athletes (ASCENSÃO et al., 2008; MAGALHÃES et al., 2010). Among the markers used, creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH) have been largely used in football practices as markers of muscle damage (ISPIRLIDIS et al., 2008; NÉDELEC et al., 2013). In addition, oxidative stress and redox imbalance, firstly studied in disease appearance and progression, has now been demonstrated to be associated with physiological stress promoted by exercise training and sports competition (FISHER-WELLMAN; BLOOMER, 2009; POWERS; RADAK; JI, 2016).

Thus, studies have demonstrated elevated plasma markers of muscle damage, DOMS, oxidative stress and impaired performance after a football match (ASCENSÃO et al., 2008; MOHR et al., 2016). However, little is known about the association of muscle damage markers and performance as a result the intensity of the training session during recovery. Thus, the aim of the present study was to determine the relationship between changes in oxidative stress markers, muscle damage and DOMS in response to a session of football training; and their association with possible changes during a 1-week performance recovery period in young players.

4.2.4 Materials and Methods.

Experimental design

All athletes were invited to attend the Laboratory of Exercise Biochemistry of the State University of Londrina and after signing a free and informed consent, were evaluated according to body composition and anthropometry. The athletes were then submitted to blood collection and physical tests on 4 consecutive days. On the day 2 (Pre), the basal levels of blood markers and performance tests were determined after a 72h rest. The participants were then submitted to a total time training session of approximately 150 minutes' duration, consisting of the performance tests, 3 sets of 30 squats with jumps and 25 meters of squat with jump, followed in the sequence being a simulated soccer game of 45 minutes. The simulated match contained arbitration and organization by the team's own coaches. Subsequently, blood collection and performance tests were performed 24h, 48h and 72h after the training session (Figure 1). All tests and collections were performed by the same researchers, with the same periods of the day, rest time, and feeding conditions throughout the experiment.

The study was initiated only after approval by the research ethics committee of the State University of Londrina, approval # 1.428. 377 on February 29, 2016 and complied with the Helsinki Declaration (2008).

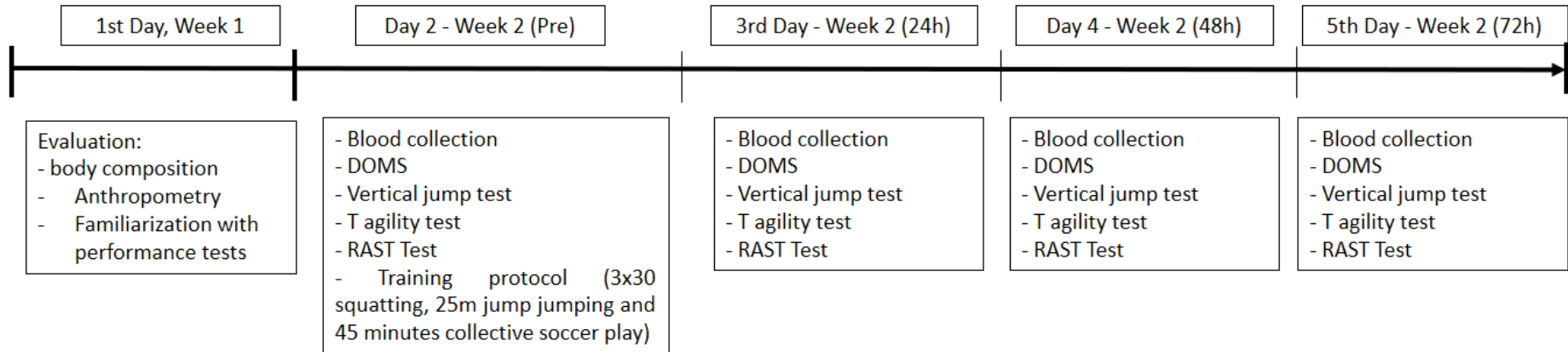


Figure 1. Experimental study design.

Participants.

Participating in this study were 19 male football players from an under-19 category soccer team in the city of Londrina-PR, Brazil. The team was in the early stages of the competition season. The athletes presented the following characteristics: 16.7 ± 1.0 years, 70.5 ± 7.9 (kg) body mass, 179.0 ± 7.7 (cm) height, and $11.7 \pm 1.8\%$ fat mass. The team competed for the state championship of Paraná, Brazil in the under-19 category. Athletes had a training routine based on 2 hours of training daily, 5 to 6 days in the week. The athletes also performed strength training 3 times a week with 1 h/day duration. The athletes were familiarized with all tests in the weeks prior to the study, which presented intra-class correction coefficient (95%) above 0.9 and a coefficient of variation of less than 5% between sessions for all tests. Subjects were nonsmokers, and had not taken any type of medication or food supplementation for a minimum period of 2 months prior the start of the study.

Anthropometric measurements

Body mass and height were evaluated by a scale coupled to a stadiometer (Filizola ®, São Paulo, Brazil). Body composition evaluation was performed by the skinfold method, measured using Lange® scientific adipometer, according to standardizations established by Lohman, Roche and Martorell (1988) and the 7-fold equation of Jackson and Pollock (1978), followed by the Siri equation (1961) were used to estimate the percentage of body fat.

Performance tests

The battery of performance tests was performed at the pre-test (before the training protocol) and 24h, 48h and 72h after the simulated match. Performance tests consisted of recognized football applied test such as the Counter Movement jump test (CMJ), agility T test, and running-based anaerobic sprint test (RAST). The CMJ was performed using a Smartspeed® (Fusion Sport, Australia) jump platform, considering the highest value of three attempts, with 2 a minute interval between each jump. The T agility test was performed as described by Guincho et al. (2007), where 4 cones were placed in a T-shape with a 5 meter distance between each,

forming a circuit in which the athlete was required to run in the shortest time possible. The better of the two attempts was recorded. The RAST test (ZACHAROGIANNIS; PARADISIS; TZIORTZIS, 2004) was performed as described by Zagatto, Beck and Gobatto (2009), with 6 sprints of 35 meters at maximum speed with a 10 second interval between each sprint. Both the agility T test and RAST were evaluated using Hidrofit® (Brazil) photocells. A 5-minute interval was provided between all tests. The tests followed the same sequence every day, as well as the order of the players, which was previously randomized.

Biochemical analyzes

Plasma CK and LDH enzymes activity, used as markers damage, were measured using commercial kits from Labtest® (Lagoa Santa, Minas Gerais, Brazil), Circulation advanced oxidation protein products (AOPP) and malondialdehyde (MDA), markers of oxidative damage, were measured according to proposal by Witko-Sarsat et al. (1996) and Spirlandeli, Deminice and Jordão (2014), respectively. Reduced glutathione (GSH) plasma concentration was determined as described by Rahman, Kode and Biswas (2006), and used to determine imbalanced redox state. All biochemical analyzes were performed through plate reading in an Epoch microplate spectrophotometer (BioTeck®, instruments, Winnoski, WT, USA). All analyzes were done in duplicate and the intra assay coefficients of variation were less than 5% for all analysis.

DOMS evaluation

For the evaluation of DOMS, a 10-point visual analogue scale was used, marked from "no pain" (0) to "worst possible pain" (10) (Annex B). Athletes were asked to mark their level of pain on the DOMS scale by maintaining a half squatting position, as described by Miyama and Nosaka (2004), with pressure exerted by the evaluator's index and middle fingers on the evaluated muscles femoral quadriceps, calf, abdomen, and posterior thigh. The athletes were previously familiarized with the DOMS scale.

Statistical analysis

Data are presented as mean and standard deviation. For the data normality analysis, the Shapiro-Wilk test and the Mauchly sphericity test was used. When necessary the Greenhouse-Geisser correction was used. The data were compared using the ANOVA one-way tests for repeated measures. The Sidak test (post hoc) for level of significance for multiple comparisons was used when necessary to identify differences between sampling times during the recovery week. In all cases, values of $P < 0.05$ were considered significant. The SPSS 22.0 statistical package was used for all data analysis.

4.2.5 Results

Table 1 presents the data of DOMS determined pre and 24, 48, and 72h after the training session. The data demonstrated a significantly increase ($P < 0.05$) in DOMS in the quadriceps femoral muscle, posterior thigh muscles, and the sum of muscle groups studied. No significant changes were found in DOMS calf and abdomen muscle scores.

Table 1. DOMS determined pre and 24, 48 and 72h after the training session.

Muscle groups	Pre	24h	48h	72h
Quadriceps	0.1±0.3	0.7±0.8*	2.7±1.5*#	1.5±1.2*
Calf	0.1±0.3	0.1±0.3	0.1±0.2	0.2±0.5
Posterior thigh	0.1±0.3	0.6±0.7	2.5±1.4*#	1.3±1.2*
Abdomen	0.0±0.2	0.2±0.5	0.2±0.7	0.4±0.6
Σ	0.3±0.6	1.6±1.1*	5.4±2.3*#	3.4±2.7*

Values expressed in arbitrary units (AU) in mean ± Standard Deviation. * Significant difference of the moment Pre. # Significant difference for 24h ($P < 0,01$). Σ Sum of DOMS in muscle groups.

Table 2 shows the markers of muscle damage and oxidative stress determined before and 24, 48, and 72 hours after training session with simulated match. The training session proposed was able to induced a significant increase

($P < 0.01$) in the plasma concentration of CK, which remained elevated for up to 72h. However, the same was not demonstrated for the circulating concentration of LDH or any markers of oxidative stress measured.

Table 2. Markers of muscle damage and oxidative stress determined pre, 24, 48 and 72h after the training session.

Groups	Pre	24h	48h	72h
<i>Muscle Damage</i>				
CK (U/L)	147.3 ± 60.0	404.0 ± 214.0*	381.0 ± 171.0*	427.0 ± 207.0*
LDH (U/L)	138.7 ± 28.0	155.8 ± 33.0	149.2 ± 46.0	137.8 ± 33.0
<i>Oxidative stress</i>				
MDA (µmol/g pt)	10.1 ± 3.2	9.3 ± 1	8.9 ± 2.0	9.5 ± 0.0
AOPP (µmol/g pt)	1150.0 ± 194.0	1095.0 ± 270.0	1098.0 ± 217.0	1272 ± 237.0
GSH (µmol/L)	835.0 ± 292.0	757.0 ± 204.0	756.0 ± 204.0	779.0 ± 169.0

Values expressed ± mean and Standard Deviation. g pt= grams of protein.

* Significant difference to the moment Pre ($P < 0.01$).

Figure 2 presents the results of the 3 performance tests performed at pre and 24h, 48h, and 72h after the training session. No significant differences were demonstrated for the power indicator of the lower limbs analyzed by the vertical jump test, mean power (Watts/kg) or fatigue index (watts/second) during the RAST test. The athletes had a shorter execution time in the T agility test at 48h and 72h compared to pre and 24h (Figure 2).

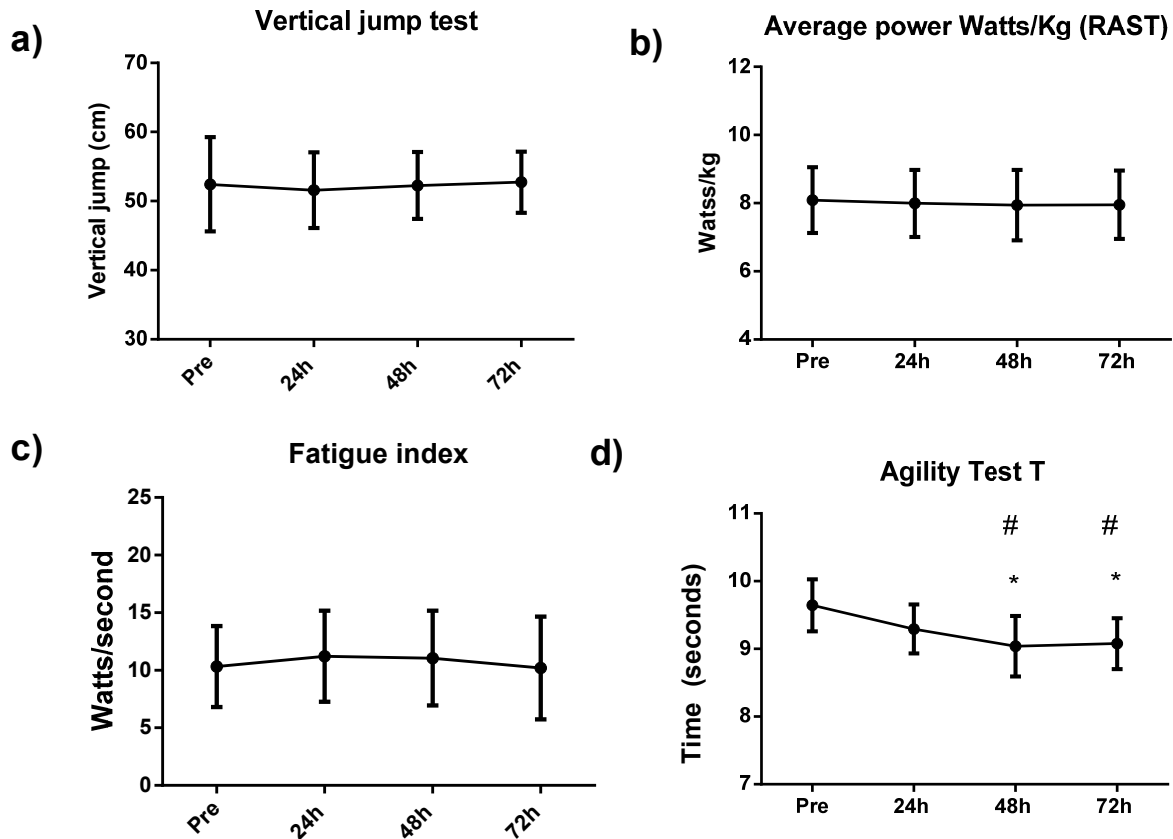


Figure 2. Vertical jump height (a), mean power in the RAST test (b), fatigue index in RAST (c) and time in the agility T test. The data are presented in mean \pm SD. N = 19. * Difference of pre, # difference of 24h. P < 0.05.

4.2.6 Discussion

The main results of this study were: (A) the elevation of circulating CK concentration was related with the appearance of DOMS after a training session with a simulated football match; (B) however, the elevation of CK and DOMS at the observed levels did not promote reduced agility, jump or running power performance; (C) also, no difference in plasma concentration of oxidative stress markers was observed after the training session.

In the present study, the proposed training session, composed of squats exercises followed a simulated football match was able to promote CK and DOMS elevation. It is known that a competitive football match is able to elevate CK and DOMS up to 48h after the match (ASCENSÃO et al., 2008; MOHR et al., 2016). To the best of our knowledge, this is the first study to demonstrate that a routine training session is able to promote significant changes in skeletal muscle markers of damage.

Serum CK levels are classically used as a tool in the diagnosis of myocardial infarction as raised levels are closely associated with cell damage and muscle cell disruption (BAIRD et al., 2012). Since it is related to heart muscle damage, CK has been extensively studied as a skeletal muscle damage marker following physical exercise. Studies have demonstrated intensive exercise causes a greater disruption or injury to the muscle tissues which may cause CK to leak from cells into blood serum (CLARKSON; HUBAL, 2002; ROMAGNOLI et al., 2016). Although several studies have demonstrated great increases in serum CK after different exercise modalities, there is still, however, a significant discussion in the literature about the use of CK blood levels as a single tool to identify muscle damage. As an alternative, other additional indirect indices of muscle damage such as DOMS have been utilized in many studies (BAIRD et al., 2012, MOHR et al. 2016). DOMS reflects the sensation of discomfort or pain in specific muscular groups following exercise, which can be measured using a visual scale. Thus, the elevated CK and DOMS demonstrated in the present study, after the proposed exercise and football training indicate that it was enough to promote some muscle damage.

However, despite elevated CK and DOMS, athletes did not demonstrate decreased physical performance during the recovery week determined by specialized football tests. This may seem controversial, since pain and discomfort induced by muscle tissue disruption can cause reduced muscle force, swelling, and reduced range of movement (LEE et al., 2002). However, the magnitude of elevated CK and DOMS demonstrated in our study appears to be small, or not intense enough to cause impaired performance. Ascensão et al. (2008) demonstrated a reduction in the strength of the lower limbs for up to 72 hours after a competitive football match, evaluated by isokinetic force and 20 meter sprint. This small reduction in performance was accompanied by an increase in the concentration of CK and DOMS (CK and DOMS elevation peak of $\sim 800 \text{ UL}^{-1}$ and 4.0, respectively at 24h after the match). ISPIRLIDIS et al. (2008) also demonstrated reduced sprints and vertical jump

performance associated with elevated CK and DOMS (CK and DOMS elevation peak of ~800 U/L at 48h and 8 at 24h respectively at 24h after the match) up to 72h after a competitive football match. Silva et al. (2013) demonstrated elevated CK (~900 U/L) 24h after a football match that was coincident with reduced vertical jump performance. In fact, an official/competitive football match has been demonstrated to elevate CK to 800 to 900 U/L and DOMS to around scale 4 to 8, which promotes impaired performance in subsequent days (ASCENSÃO et al., 2008; ISPIRLIDIS et al., 2008; SILVA et al., 2013). However, despite the statistical significant elevation ($P < 0.05$) demonstrated in the present study, the elevation in CK and DOMS found after a training session with a simulated match was half that demonstrated after a competitive match (ASCENSÃO et al., 2008; ISPIRLIDIS et al., 2008; SILVA et al., 2013).

Indeed, the elevation of serum CK and DOMS in the absence of performance loss lead us to inquire whether raised CK after exercise does represent a degree of actual muscle damage or some form of alteration in cell membrane permeability, metabolic disturbance or other molecular reaction mechanism. Baird et al. (2012) suggested that the appearance of CK in serum following low- to moderate-intensity exercise represents a disturbance in muscle energy processes, but not muscle disruption or cell damage, as observed following myocardial infarction or other physical/structural damage. Other markers may be used together to determine the levels of injury induced by exercise related to impaired performance.

Reactive oxygen species (ROS) produced during exercise may also be involved in muscle damage related to inflammation and DOMS. Oxidative stress not only directly causes damage by oxidation of cell components (i.e., lipids, protein, DNA), but also acts as a regulator of inflammation (AOI et al., 2004). Prolonged and high intensity exercise leads to oxidative stress due to the increased ROS that signals for phagocytes infiltrate expressing cytokines, chemokines, and adhesion molecules, resulting in proteolysis, protein ultrastructural damage, and oxidative injury (KOZAKOWSKA et al., 2015). Indeed, oxidative stress and inflammation blood markers have been tested as additional measures to assist in quantifying and substantiating muscle disturbance parameters (LE MOAL et al., 2016; TAKAM et al., 2016). The present study, however, demonstrated that the oxidative stress markers analyzed (MDA, AOPP and GSH) did not change blood concentrations in response to the training session, despite the elevation of CK and DOMS. This highlights the

integrated complexity of the mechanisms of muscle damage and the indices used to measure it. CK, oxidative stress markers, and DOMS, which are mainly a result of micro-damage within the myocyte, may not necessarily lead to performance loss consequences.

The present study has one limitation that should be considered. We used a training session proposed as routine by the coaches; however, the intensity of the effort was not quantified during the training session, which does not enable us to directly compare our results with others using intensity or perception of effort scales.

4.2.7 Conclusion.

In conclusion, elevated CK blood concentration was related with an increased DOMS score after a training football session; the same was not demonstrated for oxidative stress markers tested. In addition, despite elevated DOMS and CK muscle damage markers, athletes did not experience a reduction in specific performance tests during the recovery week.

Conflicts of interest.

The present study does not present any type of conflict of interest.

4.2.8 References

- AOI, W. et al. Oxidative stress and delayed-onset muscle damage after exercise. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 37, n. 4, p. 480–487, 2004.
- ASCENSÃO, A. et al. Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. **Clinical Biochemistry**, v. 41, n. 10–11, p. 841–851, 2008.
- BAIRD, M. F. et al. Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 2012, p. 1–13, 2012.
- 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. 7, p. 665–674, 2006.
- CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists**, v. 81, n. 11 Suppl, p. S52–S69, 2002.
- DUPONT, G. et al. Effect of 2 Soccer Matches in a Week on Physical Performance and Injury Rate. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 9, p. 1752–1758, 2010.
- EKSTRAND, J.; WALDE, M.; HAGGLUND, M. A congested football calendar and the wellbeing of players: correlation between match exposure of European footballers before the World Cup 2002 and their injuries and performances during that World Cup. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, p. 493–497, 2004.
- FATOUROS, I. G. et al. Time-Course of Changes in Oxidative Stress and Antioxidant Status Responses Following a Soccer Game. **Journal of Strength & Conditioning Research (Lippincott Williams & Wilkins)**, v. 24, n. 12, p. 3278–3286, dez. 2010.
- FISHER-WELLMAN, K.; BLOOMER, R. J. Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history. **Dynamic medicine**, v. 8, p. 1, 2009.
- GUINCHO, A. D. DE C. Relação entre três testes de agilidade: Teste T, Teste 505 e Teste ZIG-ZAG: influência do estatuto maturacional, idade cronológica e idade de treino na performance dos três testes.". **Monografia: Faculdade do Porto**, 2007.

- ISPIRLIDIS, I. et al. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. **Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine**, v. 18, n. 5, p. 423–431, set. 2008.
- JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497–504, 1978.
- KOZAKOWSKA, M. et al. The role of oxidative stress in skeletal muscle injury and regeneration: focus on antioxidant enzymes. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, v. 36, n. 6, p. 377–393, 4 dez. 2015.
- LE MOAL, E. et al. Redox Status of Professional Soccer Players is Influenced by Training Load Throughout a Season. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 9, p. 680–686, 10 jun. 2016.
- LEE, J. et al. Eccentric exercise effect on blood oxidative-stress markers and delayed onset of muscle soreness. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 34, n. 3, p. 443–448, 2002.
- LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. Anthropometric standardization reference manual. **Human Kinetics Books**, p. 177, 1988.
- MAGALHÃES, J. et al. Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 1, p. 39–48, 16 jan. 2010.
- MIYAMA, M.; NOSAKA, K. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. **Journal of strength and conditioning research**, v. 18, n. 2, p. 206–211, 2004.
- MOHR, M. et al. 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.
- NÉDELEC, M. et al. Recovery in soccer: Part II-recovery strategies. **Sports Medicine**, v. 43, n. 1, p. 9–22, 16 jan. 2013.
- NÉDELEC, M. et al. Recovery in Soccer: Part I-post-match fatigue and time course of recovery. **Sports Medicine**, v. 42, n. 12, p. 997–1015, 2012.

POWERS, S. K.; RADAK, Z.; JI, L. L. Exercise-induced oxidative stress: past, present and future. **The Journal of Physiology**, v. 594, n. 18, p. 5081–5092, 15 set. 2016.

RAHMAN, I.; KODE, A.; BISWAS, S. Assay for quantitative determination of glutathione and glutathione disulfide levels using enzymatic recycling method. **Nature protocols**, v. 1, n. 6, p. 3159–65, jan. 2006.

ROMAGNOLI, M. et al. Changes in muscle damage, inflammation, and fatigue-related parameters in young elite soccer players after a match. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 56, n. 10, p. 1198–1205, out. 2016.

SCOTT, B. R. et al. A Comparison of Methods to Quantify the In-Season Training Load of Professional Soccer Players. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 5, n. March, p. 5, 2012.

SILVA, J. R. et al. Neuromuscular function hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, p. 2193–2201, 2013.

SIRI, W. E. **Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods**. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ATErAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA223&dq=siri+1961+body+composition&ots=wBkjXLt3LS&sig=DzslnSXgNJSR3_vXmEXurVAgu44#v=onepage&q=siri+1961+body+composition&f=false>. Acesso em: 17 dez. 2016.

SPIRLANDELI, A. L.; DEMINICE, R.; JORDAO, A. A. Plasma malondialdehyde as biomarker of lipid peroxidation: Effects of acute exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 1, p. 14–18, 2014.

TAKAM, R. D. M. et al. Effects of chronic strenuous physical exercise on oxidative stress and antioxidant capacity in Sub-Saharan African professional soccer players. **European Journal of Sports Medicine**, v. 3, n. 1, 2016.

WILLIAMS, J. R. **The Declaration of Helsinki and public health** **Bulletin of the World Health Organization**, 2008. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/bwho/v86n8/22.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2017

WITKO-SARSAT, V. et al. Advanced oxidation protein products as a novel marker of oxidative stress in uremia. **Kidney international**, v. 49, n. 5, p. 1304–1313, 1996.

ZACHAROGIANNIS, E. ; PARADISIS, G.; TZIORTZIS, S. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity an evaluation of tests of anaerobic power and capacity. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 36, n. 5, 2004.

ZAGATTO, A. M.; BECK, W. R.; GOBATTO, C. A. Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 23, n. 6, p. 1820–1827, set. 2009.

4.3 ESTUDO 3. OLIVEIRA, Donizete Cícero Xavier de; DEMINICE, Rafael. **Efeito da suplementação de antioxidantes sobre dano muscular, estresse oxidativo e performance em jogadores de futebol.** Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

4.3.1 Resumo

INTRODUÇÃO: Diversos estudos têm avaliado a utilização da suplementação de antioxidantes a fim de reduzir os efeitos de treinos de alta intensidade e competições esportivas no dano muscular, dor muscular de início tardio (DOMS) e estresse oxidativo, na tentativa de melhorar a performance esportiva e/ou reduzir o tempo de recuperação entre estes eventos. **OBJETIVO:** O objetivo do estudo foi investigar o efeito da suplementação de vitamina C e E sobre marcadores de estresse oxidativo, dano muscular, DOMS e performance em atletas submetidos a um protocolo de dano muscular. **MÉTODOS:** 21 jogadores de futebol ($16,8 \pm 1$ anos; $69,14 \pm 7$ kg; 176 ± 7 cm e $11,8 \pm 2,2\%$ de gordura corporal) em fase competitiva, foram divididos e suplementados por 15 dias com vitamina C e E (500 mg e 400 UI/dia; ANT) ou placebo (PLA). Os testes ocorreram em 5 dias consecutivos. No primeiro dia (pré), foram realizadas as coletas de sangue e a bateria de testes de performance (Salto Vertical, utilizando plataforma de salto smartspeed® teste T de agilidade e teste de potência RAST, utilizando foto célula hidrofite®). No segundo dia foi aplicado um protocolo de dano muscular com 100 saltos sobre uma caixa de 60 cm, seguido de protocolo de exaustão muscular com 4 séries de 80% de 1RM até exaustão (agachamento, extensora e flexora). Nos momentos 24h (terceiro dia), 48h (quarto dia) e 72h (quinto dia) foram realizados novamente os testes de performance e coleta sanguínea para avaliação da CK e marcadores de estresse. **RESULTADOS:** Foi observado maior concentração de CK e DOMS de 24 a 72h após o protocolo de dano muscular, entretanto sem diferença entre os grupos. O grupo ANT apresentou maior razão GSH/GSSG, aumento de FRAP e o grupo PLA apresentou elevação de TBAR em 24h e menor razão GSH/GSSG. A suplementação também não promoveu diferença entre os grupos na performance para nenhum dos testes avaliados. **CONCLUSÃO:** A suplementação de vitamina C e E promoveu melhor balanço redox, entretanto não melhorou a performance, assim como não reduziu dano muscular avaliado por CK e DOMS, quando comparado ao grupo placebo.

Palavras-chave: Vitamina C, Vitamina E, DOMS, Estresse oxidativo, Rendimento esportivo.

4.3.2 STUDY 3. OLIVEIRA, Donizete Cícero Xavier de; DEMINICE, Rafael. **Effect of antioxidant supplementation on muscle damage, oxidative stress and performance in Football players.** State University of Londrina, Londrina, 2017.

4.3.2 Abstract

INTRODUCTION: Several studies have evaluated the use of antioxidant supplementation to reduce the effects of high-intensity training and sports competitions on muscle damage, delayed onset muscle soreness (DOMS) and oxidative stress. In Attempts to increase sports performance and / or reduce recovery time between these events. **OBJECTIVE:** The objective of the study was to investigate the effect of vitamin C and E supplementation on markers of oxidative stress, muscle damage, DOMS and performance in athletes submitted to a muscle damage protocol. **METHODS:** 21 soccer players (16.8 ± 1 years, 69.14 ± 7 kg, 176 ± 7 cm and $11.8 \pm 2.2\%$ body fat) in the competitive phase, were divided and supplemented for 15 days with vitamin C and E (500 mg and 400 IU / day) or placebo. The tests were performed on 5 consecutive days, the first day (pre), blood collection and battery of performance tests (vertical jump, using a jumping platform smartspeed®, agility T test and RAST power rating test using hydrofit® photocell). On the second day, a muscle damage protocol was applied with 100 jumps over a 60-cm box, followed by a protocol of muscular exhaustion with 4 sets of 80% of 1RM until exhaustion (squat, extensor and flexor). At the 24h (third day), 48h (fourth day) and 72h (fifth day) the performance and blood collection tests were performed again for the evaluation of CK and oxidative stress markers. Subjects were previously familiar with all tests. **RESULTS:** It was observed a higher concentration of CK and DOMS from 24 to 72 hours after the muscle damage protocol, but with no difference between groups. The ANT group had a higher GSH / GSSG ratio and an increase in FRAP, and the PLA group had an increase in TBAR in 24h and a lower GSH / GSSG ratio. The supplementation also did not promote difference between groups in performance for any of the evaluated tests. **CONCLUSION:** Vitamin C and E supplementation promoted a better redox balance, but did not improve performance, nor did it reduce muscle damage evaluated by CK and DOMS when compared to the placebo group.

Key words: Soccer, Vitamin C, Vitamin E, DOMS, Oxidative stress, Sports performance.

4.3.3. Introdução

É conhecido que o exercício físico agudo aumenta as espécies reativas de oxigênio (EROs) e promove estresse oxidativo nos músculos e em outros tecidos. (POWERS; JACKSON, 2008; SPIRLANDELI; DEMINICE; JORDAO, 2014). Por esta razão, diversos estudos têm sugerido que o aumento nas concentrações de EROs é uma das causas do dano muscular e da redução na performance em atletas. (BECATTI et al., 2017; FINAUD et al., 2006; PINGITORE et al., 2015). Alguns autores indicam que existe uma forte associação entre a elevação de EROs e fadiga muscular, redução da performance e/ou *overtraining* (MARGONIS et al., 2007; PALAZZETTI et al., 2003; SLATTERY; BENTLEY; COUTTS, 2015)

De fato, é crescente nos últimos 20 anos, que a suplementação antioxidante tem sido sugerida a fim de proteger o organismo contra geração de EROs, estresse oxidativo e dano muscular, o que pode reduzir a fadiga, melhorar o desempenho esportivo e reduzir o tempo de recuperação muscular (BRAAKHUIS; HOPKINS, 2015; FISHER-WELLMAN; BLOOMER, 2009). Existem diferentes estudos que avaliaram estratégias com o intuito de reduzir o estresse oxidativo usando suplementação antioxidante. Algumas destas substâncias, entre elas vitaminas como o ácido ascórbico (vitamina C) e α -tocoferol (vitamina E), têm se apresentado como importantes agentes antioxidantes exógenos, de fácil manipulação e encontrados na alimentação natural (CÓRDOVA; NAVAS, 2000; GOLDFARB; MCKENZIE; BLOOMER, 2007; RODRIGUES; GUIMARÃES, 2013). Além disso, vários trabalhos têm apresentado atenuação em marcadores de estresse oxidativo (GARLIPP-PICCHI et al., 2013; PINGITORE et al., 2015; ZOPPI et al., 2006), de peroxidação lipídica e DOMS (ROENGRIT et al., 2014; SILVA et al., 2010) com suplementação antioxidante.

Dentre as modalidades esportivas em que uma recuperação rápida parece importante está o futebol, tendo em vista o extenso calendário e grande número de jogos aos quais as equipes são submetidas (NÉDELEC et al., 2013; NÉDÉLEC et al., 2012). O futebol é considerado um esporte com predominância do metabolismo aeróbio, com picos de alta intensidade (STØLEN et al., 2005). Apesar da predominância do metabolismo aeróbio, a ativação do metabolismo anaeróbio é de extrema importância, pois, *sprints*, saltos e mudanças rápidas de direção são determinantes na performance desta modalidade (CHMURA et al., 2017;

HELGERUD et al., 2001). Estas ações durante o jogo, apresentam fortes componentes excêntricos (NÉDÉLEC et al., 2012), que promovem desgaste muscular e estresse fisiológico (MOHR et al., 2016). Do mesmo modo, *sprints*, saltos e mudanças de direção têm sido associadas ao maior dano tecidual, elevação de creatina quinase (CK) (ASCENSÃO et al., 2008) e uma possível relação com DOMS, estresse oxidativo, além de queda na performance nos dias subsequentes a treinos intensos ou competições (MOHR et al., 2016).

Vários estudos têm demonstrado que a elevação de EROs contribui para a fadiga muscular durante o exercício e que o uso de suplementação antioxidante reduz os níveis de oxidantes em roedores (BRUTON et al., 2008; GOMEZ-CABRERA et al., 2010; MOOPANAR; ALLEN, 2005; RYAN et al., 2011). Parece, entretanto, que os antioxidantes não apresentam eficácia em diminuir a fadiga muscular ou melhorar a performance, apesar de promover um melhor balanço redox (GOMEZ-CABRERA; RISTOW; VIÑA, 2012; PINGITORE et al., 2015). A eficiência de uma dieta rica em antioxidante (como por exemplo a vitamina C e E) na performance esportiva está em debate (MCLEAY et al., 2017). Neste contexto o objetivo desse estudo foi verificar o efeito da suplementação com antioxidantes (vitamina E e C) sobre estresse oxidativo, DOMS e performance em jogadores de futebol, submetidos a um protocolo de dano muscular.

4.3.4 Métodos

Participantes

Os participantes voluntários deste estudo foram 21 jogadores de futebol do sexo masculino, saudáveis e treinados de uma equipe da categoria sub-19 da cidade de Londrina-PR, Brasil. As características gerais dos participantes estão apresentadas na Tabela 1. Todos os jogadores pertenciam a equipe de futebol Junior Team que disputava o campeonato paranaense de categorias de base, treinando aproximadamente 2 h/dia, de 5 a 6 dias na semana no campo, além do treinamento de força, musculação, realizado 3 vezes na semana com duração de aproximada de 1 hora. Os sujeitos foram familiarizados previamente em todos os testes utilizados na análise. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa

da Universidade Estadual de Londrina (UEL) sob parecer número 1.428.377 e cumpriu com a declaração de Helsinki (2008). Todos os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Nenhum dos participantes fumava, tomava qualquer tipo de medicamento ou suplementação alimentar há pelo menos 2 meses prévios ao início do estudo. Os jogadores foram divididos em 2 grupos: suplementado com antioxidantes (ANT) e outro grupo placebo (PLA). As características gerais dos participantes estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características gerais dos voluntários do grupo suplementado com antioxidantes (ANT) e com placebo (PLA).

Variável	ANT (n = 11)	PLA (n = 10)
Idade (anos)	16,7±0,3	17,0±0,3
Massa Corporal (Kg)	70,3 ±2,5	67,7 ±2,7
Estatura (cm)	173,3 ±1,7	180,6 ±2,3*
Gordura Corporal (%)	12,6 ±0,8	10,86±0,3

Dados apresentados em Média ± EP (Erro padrão da média). * Diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

Desenho do estudo

O estudo teve duração de 4 semanas (Figura 1). Na primeira semana, os jogadores visitaram o laboratório de bioquímica do exercício da UEL e realizaram as avaliações de composição corporal e antropometria, assim como os testes de 1RM (repetição máxima), para a caracterização da amostra. Na segunda semana foi feita a familiarização dos atletas aos testes de performance por quatro dias consecutivos. Os atletas foram divididos de forma aleatória por sorteio e em modelo duplo cego, em grupo suplementado com antioxidantes (ANT, n= 11) e outro grupo placebo (PLA, n=10). Ainda nessa semana, os atletas receberam potes numerados, contendo suplementos antioxidantes ou placebo, além das orientações para a ingestão, iniciando a suplementação.

Na terceira semana, os jogadores receberam e responderam ao inquérito dietético recordatório de 24 horas (IDR24h) (Anexo C) para análise da ingestão calórica total e das vitaminas C e E.

Na quarta semana, os jogadores passaram por uma avaliação no momento pré (dia 1), 24h (Dia 3), 48h (dia 4) e 72h (dia 5), iniciando com a coleta sanguínea, seguido da bateria de testes. No dia 2 (Pré), foi aplicado o protocolo de dano muscular.

Avaliação nutricional e antropométrica

As avaliações antropométricas, massa corporal e estatura, foram avaliadas por balança acoplada a um estadiômetro (Filizola ®, São Paulo, Brasil) e a avaliação da composição corporal foi realizada pelo método de dobras cutâneas, mensurada por adipômetro científico Lange®, de acordo com as padronizações estabelecidas por Lohman, Roche e Martorell (1988). A equação de Jackson e Pollock (1978) foi utilizada para estimar a densidade corporal e a equação de Siri (1961) para estimar o percentual de gordura corporal.

A ingestão alimentar habitual foi avaliada por meio de recordatório alimentar de 24 horas (IDR24H) por 3 dias não consecutivos, conforme descrito por Silva e Vasconcelos et al. (2013).

Suplementação antioxidante

A suplementação foi realizada de forma aleatória, utilizando método duplo-cego. Cada participante recebeu um frasco contendo suplemento antioxidante ou placebo, com número exato de cápsulas para a suplementação por duas semanas, identificado com nome, código de identificação e dosagem do suplemento. Ao grupo ANT, foi ofertada dose diária de 500mg de vitamina C e 400 UI (364 mg) de vitamina E, divididas em duas cápsulas, com instrução para serem ingeridas uma pela manhã e outra a noite. Tal dosagem foi utilizada em estudos anteriores (FISCHER et al., 2004; YFANTI et al., 2010). O grupo placebo seguiu o mesmo procedimento recebendo cápsulas de mesma cor, sabor e peso, contendo amido.

A comissão técnica e os pesquisadores incentivaram e questionaram os atletas sobre a ingestão das cápsulas todos os dias durante o período de estudo. Ao final de 15 dias do estudo os frascos foram devolvidos para conferência do conteúdo suplementado. Todos os atletas ficaram alojados no centro de treinamento da

equipe sob as mesmas condições de acomodação, alimentação e rotinas de horários.

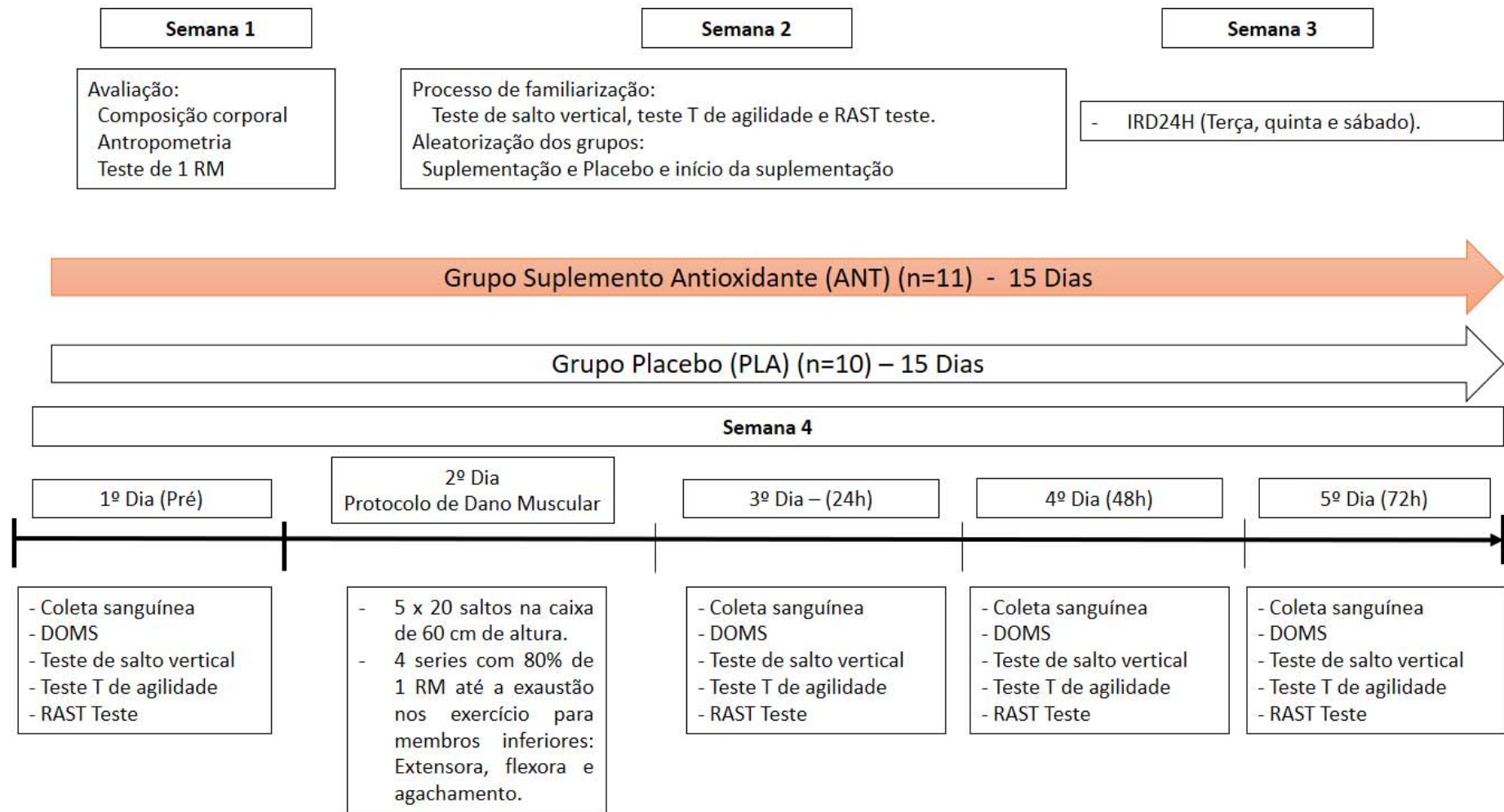


Figura 1. Desenho experimental.

Protocolo de indução de dano muscular e DOMS

Para indução do dano muscular, no dia 2 da semana 4, foi realizado um protocolo proposto por Miyama e Nosaka (2004), constituído por 100 saltos sobre uma caixa de 60 centímetros de altura, divididos em 5 séries de 20 saltos, com intervalo de 10 segundos entre cada salto e de 2 minutos entre cada série. Na sequência, utilizou-se protocolo aplicado para avaliar o índice de fadiga muscular proposto por Sforzo e Touey (1996), o qual foi constituído de 4 séries com 80% de 1 RM (avaliado na primeira semana conforme descrito por Ritti-Dias et al. (2011)) até a falha concêntrica, com 2 minutos entre cada série e 5 minutos entre cada exercício (agachamento na barra guiada, extensora (quadríceps femoral) e flexora (Bíceps femoral), realizados na sala de musculação). O protocolo de exaustão muscular foi realizado com o objetivo de garantir a fadiga dos jogadores e elevar o dano muscular, visto que os atletas estavam em período competitivo.

Teste de performance.

Para determinação da performance foram realizados os testes de Salto vertical, *counter movement jump* (CMJ), conforme descrito por Komi e Bosco (1978) porém com auxílio dos membros superiores conforme utilizado por Moreira et al. (2008) em jogadores de futebol. Neste teste o jogador realizava três saltos e o maior valor era considerado, utilizando uma plataforma de salto smartspeed® (Fusion Sport, Austrália).

O teste de agilidade T foi realizado conforme descrito por Guincho (2007) e o teste de potência RAST (ZACHAROGEANNIS; PARADISIS; TZIORTZIS, 2004) foi realizado com 6 tiros de 35 metros e 10 segundos de recuperação, conforme descrito por Zagatto, Beck e Gobatto (2009). Ambos os testes foram avaliados por fotocélulas Hidrofit® (Brasil). A ordem dos atletas para a realização dos testes foi realizada em ordem aleatória. Durante os testes os jogadores puderam ingerir água *ad libitum* e foi realizado um aquecimento prévio como de rotina de aproximadamente 15 minutos com alongamentos e corrida leve, previamente aos testes. Os atletas mantiveram a rotina de treinamento durante o período do estudo, entretanto com carga reduzida de intensidade, priorizando os treinamentos técnicos e táticos com bola.

Análise de DOMS.

A análise de DOMS foi realizada por meio de escala visual analógica (EVA) com 10 cm, na qual “0” representava ausência total de dor e “10” representava dor máxima suportável pelo atleta, conforme descrito por Miyama e Nosaka (2004) (Figura no anexo B). Os atletas se mantinham em posição de agachamento e o avaliador promovia uma pressão com os dedos indicador e médio na musculatura avaliada. Neste momento o jogador avaliado era questionado sobre o nível de dor, olhando para a escala apresentada.

Análise da percepção subjetiva de esforço (PSE-Sessão)

Após 30 minutos do final da sessão de treinamento para indução de dano muscular, os atletas responderam à seguinte pergunta: "Como foi a seu treino?" e apontaram sua resposta na escala de PSE de 10 pontos adaptada por Foster et al. (1998) (Anexo D). Os atletas estavam familiarizados com a ferramenta em questão e foram informados de que quando questionados, suas respostas deveriam se referir à sessão de treinamento como um todo.

Coleta de sangue e análises bioquímicas

As coletas sanguíneas foram realizadas mediante punção da veia ante cubital. As coletas foram realizadas em tubos de 6 ml com heparina. Os tubos foram centrifugados a 4000 rpm por 10 minutos para separação do plasma e o material foi armazenado e congelado no laboratório de bioquímica do exercício a -20° C, para as análises posteriores.

A atividade da enzima creatina quinase (CK) foi determinada no plasma por meio de espectrofotometria, utilizando-se o Kit comercial Labtest Diagnostic® Ref.117 (Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil).

Os marcadores de estresse oxidativo foram determinados no plasma. O Produto de oxidação protéica (AOPP) foi determinado pelo método proposto por Witko-Sarsat et al. (1996) e utilizado como medida de oxidação proteica. Espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e quantidade total de hidroperóxidos (FOX 1) foram mensurados de acordo com o descrito por Costa, Santos e Lima

(2006) e utilizados como marcadores de peroxidação lipídica. O potencial antioxidante total do plasma foi determinado por meio do potencial antioxidante redutor férrico (*Ferric Reducing Antioxidant Potential* - FRAP), também pelo método proposto por Costa, Santos e Lima (2006). Glutationa Reduzida (GSH), glutaciona oxidada (GSSG) e a razão GSH/GSSG foram determinadas nas células sanguíneas, conforme método descrito por Rahman, Kode e Biswas (2006) e corrigidos pela concentração de hemoglobina. A dosagem de hemoglobina utilizada na correção de GSH e GSSG foi realizada por kit comercial Labtest[®] Ref. 43 (Lagoa Santo, Minas Gerais, Brasil). Todas as análises bioquímicas citadas acima foram realizadas na leitora de placas por espectrofotômetro Epoch (BioTeck[®], Winooski, VT, EUA).

A dosagem sanguínea de vitamina C foi realizada conforme descrito por Bessey (1960) por espectrofotometria e a dosagem de vitamina E foi realizada no plasma por HPLC utilizando um método adaptado de Arnaud et al. (1991).

Todas as determinações bioquímicas foram realizadas em duplicata e apresentaram variação média menor que 5%.

Análise estatística

Os dados estão apresentados em média e erro padrão da média (EP). Os dados considerados *outliers* foram excluídos por meio da aplicação do teste de Grubbs. Todos os dados foram testados para análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Para possíveis diferenças entre as características gerais dos sujeitos foi utilizado teste t de *student* para amostras independentes. Foi avaliado a esfericidade pelo teste de Mauchly's e quando necessária, foi aplicada a correção de Greenhouse-Geisser. Também foi realizado o teste Levene para verificar a homogeneidade dos erros das variâncias. Para detectar possíveis diferenças em relação ao tempo, suplementação e da interação tempo x suplementação sobre cada uma das variáveis estudadas, foi utilizada ANOVA *Two Way* para medidas repetidas. Quando necessário, foi aplicado teste de Sidak para ajuste do nível de significância para múltiplas comparações (*Post hoc*). Para estas análises foi utilizado o software Excel e pacote estatístico SPSS versão 22.0, considerando um valor de $p < 0,05$ e para a construção dos gráficos foi utilizado o software Graphpad Prism V 6.0.

4.3.5 Resultados.

A PSE avaliada após o protocolo de dano muscular foi de $8,9 \pm 0,1$ valor próximo do valor máximo 10 e considerado bastante intenso.

A Tabela 2 apresenta a ingestão alimentar de ambos os grupos (ANT e PLA), e dados sobre a ingestão diária para o grupo ANT acrescentada de suplementação. As diferenças também foram significativas na comparação da ingestão alimentar diária das vitaminas após o momento de suplementação, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Ingestão dietética avaliada em 3 dias não consecutivos durante a 2ª semana de avaliação

	Ingerido			Recomendado (DRI)
	ANT (n=11)	ANT + Suplemento (n=11)	Placebo (n=10)	
Energia (Kcal/dia)	2117 ± 171	-	2113 ± 139	-
Carboidratos (g/kg/dia)	4,3 ± 0,3 (67,1%)	-	4,5 ± 0,2 (67,1%)	5-8g/kg (50-60%)
Gordura (g/kg/dia)	0,8 ± 0,3 (12,5%)	-	0,8 ± 0,0 (11,9%)	1g (25-30%)
Proteína (g/kg/dia)	1,3 ± 0,3 (20,3%)	-	1,4 ± 0,3 (20,8%)	0,8-1.2g/kg (10-15%)
Vitamina C (mg/dia)	211,4 ± 23,1	711,4 ± 23,0*	151,2 ± 41,2	75 mg
Vitamina E (mg/dia)	5,1 ± 0,3	369,1 ± 8,1*	5,5 ± 0,4	12 mg

Os dados são apresentados em média ± erro padrão da média. Ingestão diária recomendada do inglês *Dietary Reference Intakes* (IDR) (ACMS, 2016). *p<0,05 Diferença entre os grupos ANT (Grupo antioxidante) e PLA (Grupo placebo) na ingestão das vitaminas após a suplementação.

A suplementação com ANT aumentou significativamente a concentração plasmática de α -tocoferol (97%) comparado a PLA (ANT= $22,15 \pm 1,5$ e PLA= $11,2 \pm 1,0$ $\mu\text{mol/L}$; $p < 0,001$). Apesar de 84% maior, a concentração plasmática de ácido ascórbico não foi estatisticamente diferente entre os grupos ANT e PLA (Figura 2).

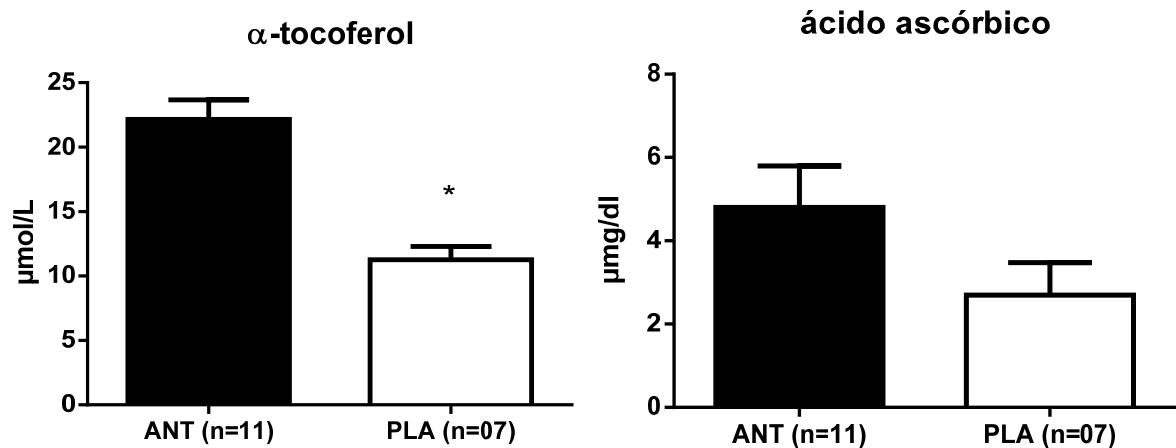


Figura 2. Concentração plasmática a) α -tocoferol e b) ácido ascórbico nos grupos ANT (Grupo antioxidante) e PLA (grupo placebo), coletados no momento Pré. * $P < 0,001$ entre os grupos.

Após 24h, o protocolo de exercício aumentou significativamente a concentração plasmática de CK ($gl=3$; $F= 5,9$ e $P < 0,01$) que se manteve elevada por até 72h após o esforço para ambos os grupos (Pré: $211,3 \pm 59$; 24h: $461,4 \pm 10$; 48h: $476,1 \pm 90$ e 72h: $408,8 \pm 59$ U/L). Entretanto, nenhuma diferença significativa nas concentrações de CK foi observada entre os grupos para nenhum dos tempos testados (Figura 3).

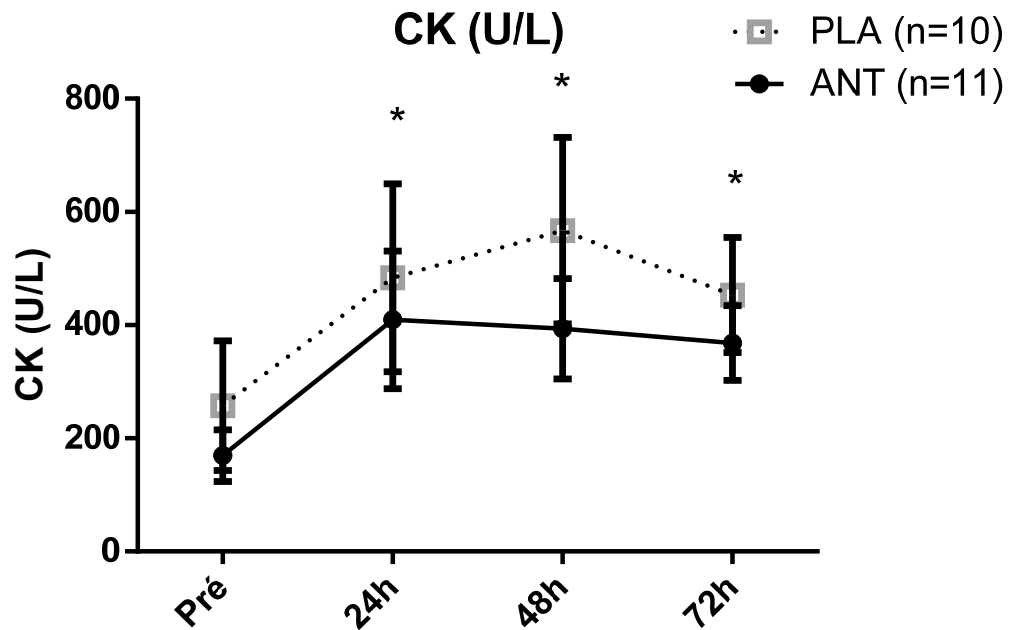


Figura 3. Concentração plasmática média de CK nos momentos pré, 24h, 48h e 72h. * Diferença significativa entre os momentos da análise em relação ao momento pré, quando somados os dois grupos ($p < 0,05$). PLA (grupo placebo) e ANT (Grupo antioxidante).

A DOMS acompanhou o comportamento da CK, com aumento da dor em ambos os grupos após 24h, que permaneceu elevada até 72h após o esforço. De maneira geral, o comportamento foi muito semelhante em todos os grupos musculares avaliados (Quadríceps femoral, bíceps femoral, panturrilhas, glúteos e abdômen). Alguns grupos musculares apresentaram redução da dor no tempo 72h em relação à 48h, mas não retornaram aos valores iniciais. Entretanto não houve efeito da suplementação na redução da dor e nem diferença no comportamento da variável entre os grupos PLA e ANT para os grupos musculares avaliados, conforme Tabela 3.

Tabela 3. DOMS avaliada pela escala EVA

Grupos Musculares	Pré	24h	48h	72h	Efeito	Valor de p
Quadríceps Femoral					ANOVA	
PLA (n=10)	0.0±0	2.0±0.6*	2,1±0,5*	1,1±0,4*	Tempo	<0,001
ANT (n=11)	0.0±0	2.3±0.6*	2,6±0,4*	1,2±0,3*#	Suplementação	0,44
PLA + ANT(n=21)	0.0±0	2.1±0.4*	2,3±0,3*	1,1±0,2*#	Interação	0,87
Bíceps Femoral					ANOVA	
PLA (n=10)	0.5±0,3	2.4±0.6*	2,9±0,5*	1,4±0,3*#	Tempo	<0,001
ANT (n=11)	0.2±0,2	3.8±0.6*	3,9±0,5*	2,0±0,3*#	Suplementação	0,16
PLA + ANT (n=21)	0.3±0,2	3.1±0.4*	3,4±0,3*	1,7±0,2*#	Interação	0,21
Panturrilha					ANOVA	
PLA (n=10)	0.0±0	1.0±0.6	2,2±0,6*	0,4±0,3	Tempo	0,001
ANT (n=11)	0.0±0	1.5±0.5*	2,0±0,5*	1,2±0,3*	Suplementação	0,39
PLA + ANT (n=21)	0.0±0	1.2±0.4*	2,1±0,4*	0,8±0,2*#	Interação	0,58
Glúteos					ANOVA	
PLA (n=10)	00.0±0	1.4±0.6*	3,6±0,4*	1,4±0,4*#	Tempo	<0,001
ANT (n=11)	00.0±0	3.2±0.6*	4,0±0,4*	1,1±0,3*#	Suplementação	0,17
PLA + ANT (n=21)	00.0±0	2.3±0.4*	3,8±0,3*	1,2±0,2*#	Interação	0,059
Abdômen					ANOVA	
PLA (n=10)	00.0±0*	3.7±0.7	3,7±0,7*	1,7±0,5*#	Tempo	<0,001
ANT (n=11)	00.0±0*	3.8±0.7*	3,1±0,6*	1,6±0,4*	Suplementação	0,82
PLA + ANT (n=21)	00.0±0	3.7±0.5*	3,4±0,4*	1,6±0,3*#	Interação	0,90
Total (soma)					ANOVA	
PLA (n=10)	0,5±0,3	10,5±2,5*	14,5±1,7*	6,0±1,2*#	Tempo	<0,001
ANT (n=11)	0,2±0,2	14,8±2,4*	15,7±1,6*	7,3±1,2*#	Suplementação	0,16
PLA + ANT (n=21)	0,3±0,2	12,7±1,7*	15,1±1,1*	6,7±0,8*#	Interação	0,50

Dados apresentados Unidades arbitrárias (UA) em Média ± EPM.

* Diferença significativa em relação a pré, através de análise de *post hoc* de Sidak (p <0,05). # Diferença significativa em relação a 48h, através de análise de *post hoc* de Sidak (p <0,05). PLA (Grupo placebo), ANT (Grupo Antioxidante), PLA + ANT (Grupo placebo mais grupo antioxidante), DOMS (Dor muscular de início tardio) e EVA (Escala visual analógica para avaliação da DOMS).

Na avaliação do estresse oxidativo, os marcadores oxidantes Tbars, FOX1, AOPP e GSSG e antioxidantes FRAP, GSH e o balanço redox pela razão GSH/GSSG foram analisados.

O esforço foi capaz de aumentar de forma significativa a concentração plasmática de TBARS para o grupo PLA em 24h, o que foi inibido no grupo ANT ($gl=3$; $F=3,7$ e $p=0,02$). Em contrapartida, não foram encontradas mudanças para os marcadores FOX e AOPP entre os grupos (Tabela 4).

Tabela 4. Análise dos marcadores sanguíneos de estresse oxidativo.

Oxidantes	Pré	24h	48h	72h	Efeito	Valor de p
Tbars umol/L					ANOVA	
PLA (n=9)	37,4±5,6	57,0±7,7#	36,1±4,6	31,2±4,8	Tempo	0,24
ANT (n=10)	37,3±5,3	31,3±7,3*	31,7±4,1	39,5±4,8	Grupo	0,26
PLA + ANT (n=19)	37,3±5,3	43,5±5,3	33,8±5,0	35,6±3,5	Interação	0,02
FOX1 umol/L					ANOVA	
PLA (n= 08)	15,9 ± 9,6	23,5 ± 10,8	42,6 ± 18,8	18,0 ± 7,6	Tempo	0,63
ANT (n= 10)	26,1 ± 8,6	21,5 ± 9,7	23,1 ± 16,9	23,2 ± 6,8	Grupo	0,85
PLA + ANT (n= 18)	21,6 ± 7,0	22,4 ± 11,0	41,8 ± 17,1	20,9 ± 7,6	Interação	0,46
AOPP umol de cloramina-T/L					ANOVA	
PLA (n=10)	724,3±68,	635,0±43	737,6±56	685,6±70	Tempo	0,19
ANT (n= 11)	670,6±65	643,9±41	699,6±54	670,8±67	Grupo	0,73
PLA + ANT (n= 21)	697,4±47	639,5±30	718,6±39	678,2±49	Interação	0,80

Valores expressos em média ± EPM. * Diferença significativa para Tbars entre os grupos PLA (Placebo) e ANT (Antioxidantes) em 24h (p=0,02). # Diferença significativa em relação a 48h e 72h no grupo PLA (p<0,05). Tbars (ácido tiobarbitúrico), FOX1 (Hidroperóxidos totais), AOPP (Produtos avançados de oxidação proteica).

Na análise dos marcadores antioxidantes, pode-se observar uma variação para FRAP, que mede a capacidade antioxidante no plasma, com efeito no tempo. Ou seja, houve um aumento na concentração sanguínea neste antioxidante no momento 24h em relação à pré ($gl=3$; $F=4,4$ e $p=0,007$). Entretanto, por meio da análise de *Post hoc* de Sidak, pode-se observar que a diferença no período de recuperação para FRAP ocorre apenas para o grupo ANT, com elevação no momento 24h ($p<0,05$) em relação ao momento pré (Tabela 5). Estes dados sugerem que a suplementação aumentou a capacidade antioxidante não enzimática no grupo ANT, o que não aconteceu no grupo PLA.

Não foi observado nenhum efeito no tempo, nem da suplementação, sem diferença no comportamento da variável entre os grupos no período de recuperação para as variáveis GSH e GSSG (Tabela 5).

Tabela 5. Análise dos marcadores sanguíneos antioxidantes

Antioxidantes	Pré	24h	48h	72h	Efeito	Valor de p
FRAP (umol/L)					ANOVA	
PLA (n=10)	1016,6 ± 87	1128,2 ± 10	1023,0 ± 101	1149,9 ± 119	Tempo	0,007
ANT (n=10)	1097,1 ± 87	1310,0 ± 98*	1082,5 ± 101	1146,7 ± 119	Suplementação	0,38
PLA + ANT(n=20)	1056,8 ± 61	1219,1 ± 69 [#]	1052,7 ± 71	1148,3 ± 84	Interação	0,38
GSH (umol/g hemoglobina)					ANOVA	
PLA (n=7)	33,1±2,8	30,5±3,4	31,8±3,6	34,7±3,5	Tempo	0,33
ANT (n=11)	27,7±2,2	25,9±2,7	27,8±2,9	32,1±2,8	Suplementação	0,13
PLA + ANT (n=18)	30,4±1,8	28,2±2,2	29,8±2,3	33,4±2,2	Interação	0,96
GSSG (umol/g hemoglobina)					ANOVA	
PLA (n= 8)	16,0±2,6	18,2±2,4	21,7±2,7	22,9±2,8	Time	0,25
ANT (n= 11)	17,5±2,4	16,5±2,2	15,7±2,5	17,4±2,6	Suplementação	0,32
PLA + ANT (n= 19)	16,8±1,8	17,4±1,6	18,7±1,8	20,1±1,9	Interação	0,14

Valores expressos em média ± EPM. PLA (Grupo placebo), ANT (Grupo Antioxidante), PLA + ANT (valores somados os grupos antioxidante e placebo). * Diferença do momento 24h em relação a pré e 48h no ANT, avaliado através de post hoc de Sidak.

Diferença significativa na soma de ambos os grupos de pré em relação a 24h, por meio da análise de *post hoc* de Sidak. FRAP (Potencial antioxidante redutor do ferro), GSH (Glutathiona reduzida), GSSG (Glutathiona Oxidada).

Em relação ao balanço redox, avaliado pela razão GSH/GSSG, observou-se comportamento diferente entre o ANT e PLA, sendo observado interação entre tempo e suplementação ($gl=3$; $F=3,7$ e $p=0,01$) ao longo do período de recuperação. O grupo ANT aumentou a razão GSH/GSSG, enquanto para o grupo PLA diminuiu (redução na razão GSH/GSSG indica estresse oxidativo). Entretanto, os grupos só foram diferentes no momento 72h entre si.

Por meio da análise de *Post hoc*, observa-se redução na razão GSH/GSSG no grupo PLA, com diferença significativa nos tempos 48h e 72h em relação à pré. No grupo ANT houve aumento na razão GSH/GSSG no tempo 72h comparado a 48h, o que indica inibição do estresse oxidativo com a suplementação (Figura 4).

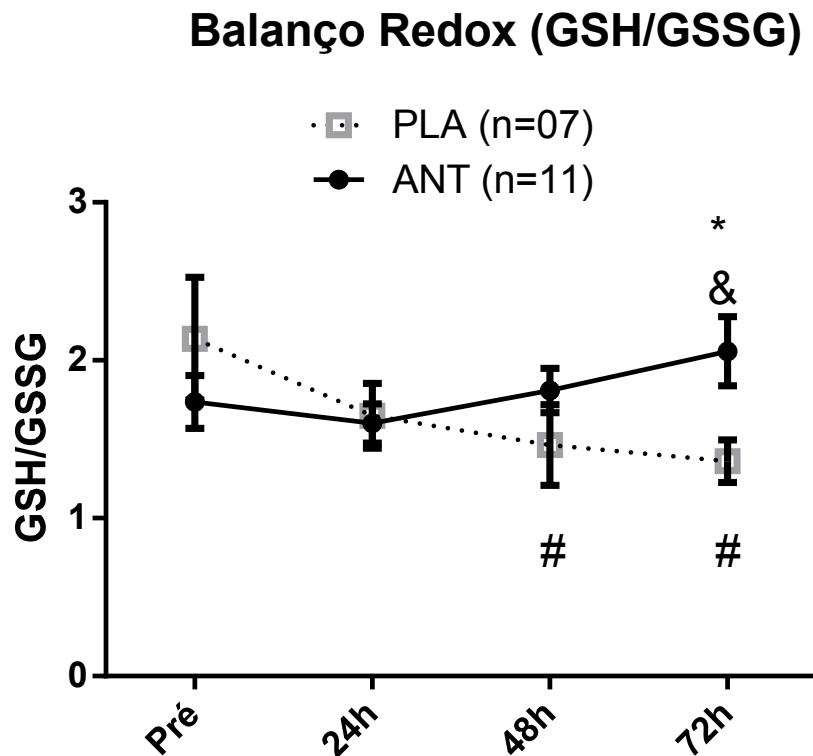


Figura 4. Balanço redox, avaliado pela razão GSH/GSSG. * Diferença significativa entre PLA (Grupo placebo) e ANT (Grupo antioxidante) no tempo 72h ($p=0,03$). # Diferença significativa para o momento pré no PLA ($p= 0,02$ e $p=0,03$ respectivamente). & Diferença significativa em relação ao tempo 24h no ANT ($p=0,03$).

Na análise do teste T de agilidade houve melhora significativa no tempo em 72h em relação ao momento 48h (efeito do tempo, $gl=3$; $F=5,14$ e $p=0,003$; Figura 5b) em ambos os grupos, o que coincide com a redução da DOMS, que também reduziu em 72h. Não foi observado nenhum efeito da suplementação no teste, pois, ambos os grupos apresentaram o mesmo comportamento na performance, sem diferença entre os grupos ANT e PLA em nenhum momento da coleta.

Não foi observada redução no desempenho dos jogadores no teste de salto vertical, sem qualquer alteração ao longo do tempo de recuperação, nem diferença entre os grupos (ANT e PLA) em nenhum momento da análise, uma vez que o comportamento da variável foi o mesmo para os grupos ANT e PLA (Figura 5a) para todo o período de recuperação.

Na análise do teste de RAST, nenhuma diferença no tempo foi observada nos grupos, sem diferença entre eles em cada tempo de coleta, e o comportamento da performance nos grupos ANT e PLA foi o mesmo durante o período analisado, tanto para a potência relativa média (Figura 5c), quanto para o índice de fadiga (Figura 5d).

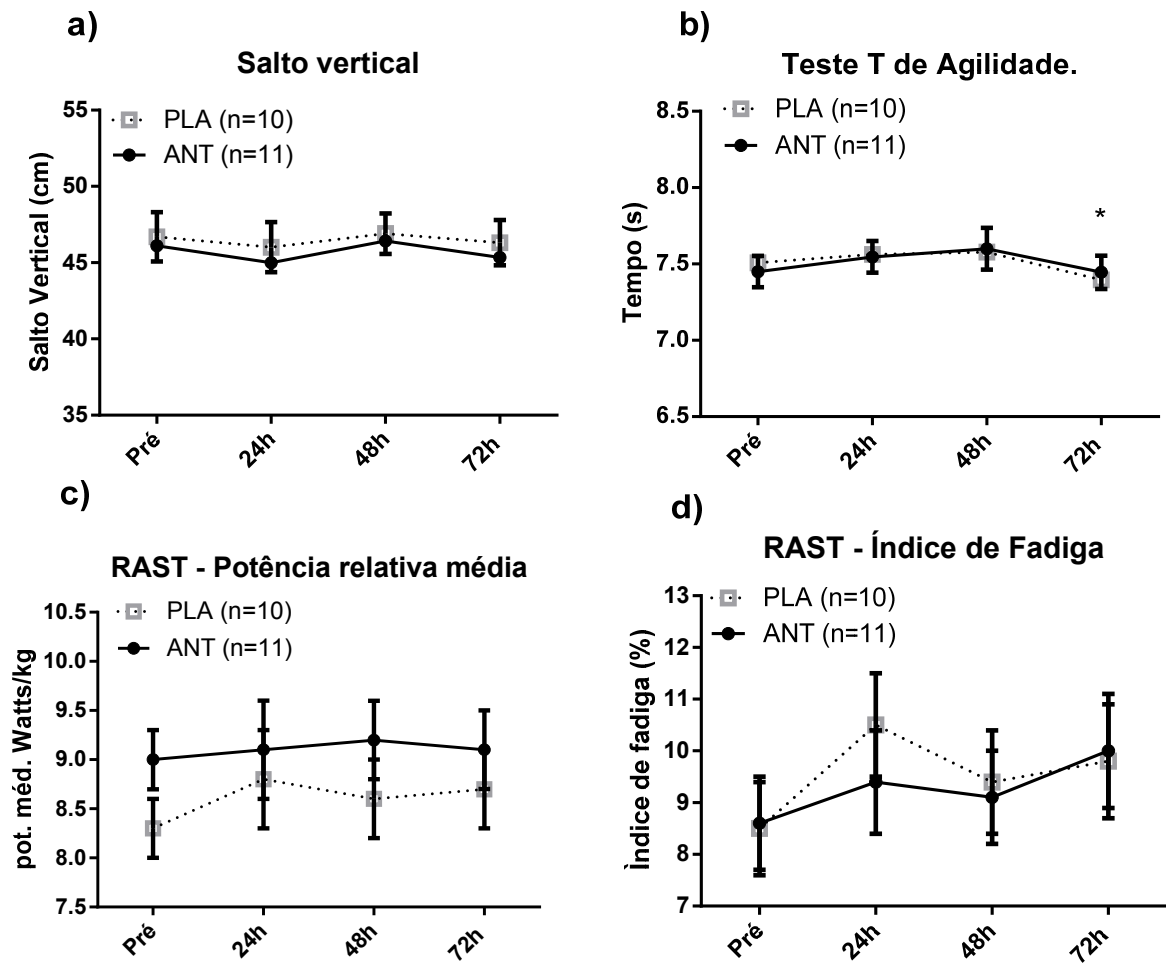


Figura 5. Análise dos testes de performance a) Salto vertical, b) teste T de agilidade, c) RAST potência relativa média e d) RAST índice de fadiga. Dados apresentados em média \pm EPM. ● ANT (Grupo antioxidante) e ■ PLA (Grupo placebo).

* Diferença significativa para o tempo somados os valores de ambos os grupos ($p < 0,05$).

4.3.6 Discussão.

Com base nas análises dos dados deste estudo, os principais resultados foram: a suplementação com antioxidantes foi capaz de inibir a elevação da concentração de TBARS e redução na relação GSH/GSSG na semana de recuperação promovida pelo esforço intenso. Tal efeito antioxidante, no entanto, não reduziu de forma significativa a elevação da concentração plasmática de CK e os

scores de DOMS durante o mesmo período. Da mesma forma, a suplementação com antioxidantes não promoveu melhora na performance dos jogadores.

A eficiência da suplementação antioxidante sobre marcadores de estresse oxidativo já foi descrita na literatura (FISHER-WELLMAN; BLOOMER, 2009; MANKOWSKI et al., 2015). No trabalho realizado por Zoppi et al., (2006) foi realizada suplementação de vitamina C (1g/dia) e E (800 mg/dia) por 3 meses em jogadores de futebol e observou redução da peroxidação lipídica comparado ao placebo; Schroder et al. (2000) também utilizaram suplementação semelhante (4 doses diárias de 150mg de vitamina E, 250mg de vitamina C e 8mg de betacaroteno) por 32 dias em jogadores de basquetebol em fase competitiva e observou redução no estresse oxidativo em comparação ao grupo placebo, corroborando com os dados do presente estudo.

Entretanto, a principal discussão acerca da suplementação é seu efeito positivo ou não sobre a performance esportiva, redução do dano muscular e/ou promoção de um menor tempo de recuperação muscular para atletas (BRAAKHUIS; HOPKINS, 2015; PETERNELJ; COOMBES, 2011).

Neste sentido, não foi observado nenhum efeito positivo da suplementação na redução do dano muscular ou DOMS, nem efeito sobre uma melhor recuperação muscular nos dias seguintes após o esforço. Tanto CK, quanto DOMS se elevaram após o protocolo por 24h até 72h na maioria dos grupos musculares avaliados, conforme já esperado e consenso na literatura (CLARKSON; HUBAL, 2002; DELI et al., 2017), entretanto sem diferença entre os grupos ANT e PLA. Diversos estudos avaliaram o efeito da suplementação de antioxidante, mais especificamente vitaminas C e E sobre estes parâmetros que são indicativos de dano muscular, encontrando resultados semelhantes ao que foi encontrado nos jogadores avaliados neste estudo. Theodorou et al. (2011) realizaram um protocolo com 11 semanas de suplementação de vitamina C e E (1g e 400UI/dia) respectivamente, sendo que da quinta à nona semana os participantes da pesquisa realizaram um treinamento de força excêntrica e na décima primeira semana realizaram um protocolo de dano muscular em isocinético, após o qual não observaram nenhum efeito da suplementação para DOMS, dano muscular (avaliado por marcadores sanguíneos e biópsia muscular) e força muscular. Porém, diferente dos achados do presente estudo, Theodorou et al. (2001) não observaram diferença nos marcadores de estresse entre placebo e suplementação. O estudo de Petersen et al. (2001) avaliou

o efeito de oito semanas de suplementação, com dosagem semelhante a utilizada no presente estudo, porém, em um protocolo de corrida em declive de 5% por 90 minutos, também não observaram diferença na CK sanguínea entre os grupos placebo e suplementado. Vastas revisões também indicam que a suplementação antioxidantes com as vitaminas analisadas neste estudo não possuem dados suficientes para sustentar a hipótese de redução do dano muscular e DOMS em atletas após treinos ou competições (CANDIA-LUJÁN; DE PAZ FERNÁNDEZ; MOREIRA, 2015; MCGINLEY; SHAFAT; DONNELLY, 2009; SOUSA; TEIXEIRA; SOARES, 2014).

Tendo como base os dados do presente estudo e a literatura apresentada, constata-se que a suplementação antioxidante parece não atenuar o dano muscular, avaliado pela concentração sanguínea de CK e/ou pelos níveis de DOMS, não sendo recomendada com a finalidade de reduzir o tempo de recuperação entre jogos ou esforços que promovam desgaste fisiológico.

Vários estudos em roedores têm apresentado que a suplementação antioxidante reduz marcadores de estresse oxidativo, entretanto não apresentam efeito positivo e podem reduzir função muscular (BRUTON et al., 2008; GOMEZ-CABRERA et al., 2010). Já em humanos não há consenso de que as respostas possam ser semelhantes (BRAAKHUIS; HOPKINS, 2015; KANG et al., 2012; SLATTERY; BENTLEY; COUTTS, 2015).

Entretanto, os dados analisados neste estudo apresentaram inibição do estresse oxidativo, sem nenhum efeito positivo da suplementação na performance dos jogadores em nenhum dos testes avaliados (salto vertical, teste T de agilidade e RAST), tendo em vista que não houve em nenhum momento diferenças significativas entre os grupos ANT e PLA.

Apesar de uma tendência na redução da performance nos testes T de agilidade, salto vertical em 24h e elevação do índice de fadiga no RAST, o que coincidiu com elevação de DOMS e CK, as diferenças não foram significativas, ou seja, o comportamento foi o mesmo para os grupos ANT e PLA. Estes dados corroboram com estudos anteriores que também avaliaram a suplementação antioxidante e performance. Avery et al. (2003) suplementaram vitamina E (1200 UI/dia) por 3 semanas e utilizaram protocolo de dano muscular em exercícios com pesos, demonstrando que a suplementação não modificou força de salto e do exercício supino em um, três e sete dias após o protocolo. Em jogadores de futebol

Zoppi et al. (2006), já citado anteriormente, avaliaram a suplementação de vitamina C e E e também não encontraram diferença no desempenho anaeróbio, velocidade e força máxima em relação ao grupo placebo tanto na condição pré, quanto pós suplementação

Em uma pesquisa semelhante ao presente estudo, Blommer et al. (2007), utilizaram um protocolo de dano muscular com 10 séries de 10 repetições a 70% de 1RM, suplementando vitamina C e E (2g e 378g mg respectivamente) por 14 dias e também não observaram diferença significativa na performance entre os grupos placebo e suplemento. Assim, pode-se dizer que a suplementação associada de vitamina C e E parece não exercer efeito ergogênico para força, agilidade e/ou potência, mesmo sob redução de marcadores de estresse oxidativo.

Além da controvérsia sobre os possíveis efeitos ergogênicos da suplementação antioxidante, devido à diversidade de desenho experimental observado nos estudos, diversidade de dosagem e tempo de suplementação (BRAAKHUIS; HOPKINS, 2015), ainda existe uma forte corrente que sugere riscos à saúde com uma super dosagem de antioxidantes (MILLER et al., 2005; MCGINLEY; SHAFAT; DONNELLY, 2009). Há ainda, trabalhos indicando que a suplementação por longo período pode ser prejudicial às adaptações ao treinamento.

Vários trabalhos demonstraram que a suplementação com antioxidantes reduziu a performance aeróbia atribuída a menor biogênese mitocondrial (PINGITORE et al., 2015; SLATTERY; BENTLEY; COUTTS, 2015; SOUSA; TEIXEIRA; SOARES, 2014; TEIXEIRA et al., 2009) por reduzir adaptações promovidas pelo treinamento aeróbio. Em relação ao treinamento de força, Paulsen et al. (2014) demonstraram redução da sinalização de síntese proteica e das adaptações promovidas pelo treinamento resistido, observada por redução de sinalizadores de síntese proteica e menor ganho de força no grupo suplementado com antioxidantes, entretanto sem diferença no ganho de massa muscular, em dez semanas de treinamento.

A suplementação antioxidante, em especial da vitamina C e E parece não apresentar efeito positivo sobre parâmetros de performance e dano muscular para atletas sem déficit nutricional (PETERNELJ; COOMBES, 2011), apesar da redução de marcadores de estresse oxidativo. Em face dos dados analisados, sugere-se que novas análises devam ser conduzidas com o intuito de se definir condições específicas da suplementação em diferentes populações e modalidades esportivas.

Além disso, de acordo com alguns autores uma alimentação balanceada, com ingestão de frutas, legumes e vegetais pode ser suficiente para reduzir o estresse oxidativo e proporcionar benefícios para a saúde sem prejudicar as adaptações ao treinamento, promovendo um adequado equilíbrio redox (ACMS, 2016; BRAAKHUIS; HOPKINS, 2015).

4.3.7 Conclusões.

De acordo com os dados analisados neste estudo, verifica-se que a suplementação de vitamina C e E inibiu elevação de marcadores de peroxidação lipídica, além de prevenir desbalanço redox promovido pelo exercício intenso. Entretanto, a suplementação com antioxidantes não reduziu dano muscular avaliado por CK e DOMS, tampouco promoveu melhor performance, quando comparado ao grupo placebo.

4.3.8 Referências

ACMS. Nutrition and Athletic Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 48, n. 3, p. 543–568, 2016.

ARNAUD, J. et al. Simultaneous determination of retinol, alpha-tocopherol and beta-carotene in serum by isocratic high-performance liquid chromatography. **Journal of chromatography**, v. 572, n. 1–2, p. 103–116, 1991.

ASCENSÃO, A. et al. Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. **Clinical Biochemistry**, v. 41, n. 10–11, p. 841–851, 2008.

AVERY, N. G. et al. Effects of vitamin E supplementation on recovery from repeated bouts of resistance exercise. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 17, n. 4, 2003.

BECATTI, M. et al. Redox status alterations during the competitive season in elite soccer players: focus on peripheral leukocyte-derived ROS. **Internal and Emergency Medicine**, 30 mar. 2017.

BESSEY, O. A. *Ascorbic Acid. Microchemical Methods. In: Vitamin Methods.* Vol 1.; 1960.

BLOOMER, R. J. et al. Prior exercise and antioxidant supplementation: effect on oxidative stress and muscle injury. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 9, 2007.

BRAAKHUIS, A. J.; HOPKINS, W. G. Impact of Dietary Antioxidants on Sport Performance: A Review. **Sports Medicine**, v. 45, n. 7, p. 939–955, 2015.

BRUTON, J. D. et al. Reactive oxygen species and fatigue-induced prolonged low-frequency force depression in skeletal muscle fibres of rats, mice and SOD2 overexpressing mice. **The Journal of Physiology**, v. 586, n. 1, p. 175–184, 1 jan. 2008.

CANDIA-LUJÁN, R.; DE PAZ FERNÁNDEZ, J. A.; MOREIRA, O. C. Son efectivos los suplementos antioxidantes en la disminución del dolor muscular tardío? Una revisión sistemática. **Nutricion Hospitalaria**, v. 31, n. 1, p. 32–45, 2015.

CHMURA, P. et al. Analysis of Motor Activities of Professional Soccer Players during the 2014 World Cup in Brazil. **Journal of Human Kinetics**, v. 56, n. 1, p. 187–195, 2017.

CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists**, v. 81, n. 11 Suppl, p. S52–S69, 2002.

CÓRDOVA, A.; NAVAS, F. J. Archivos de Medicina del Deporte Os radicais livres e o dano muscular produzido pelo exercício : papel dos antioxidantes. **Archivos de Medicina del Deporte**, v. 6, n. 5, p. 204–208, out. 2000.

COSTA, C. M. DA; SANTOS, R. C. C. DOS; LIMA, E. S. A simple automated procedure for thiol measurement in human serum samples. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 42, n. 5, p. 345–350, 2006.

DELI, C. K. et al. A Comparison of Exercise-Induced Muscle Damage Following Maximal Eccentric Contractions in Men and Boys. **Pediatric Exercise Science**, p. 1–26, 6 fev. 2017.

FINAUD, J. et al. Antioxidant status and oxidative stress in professional rugby players: Evolution throughout a season. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 2, p. 87–93, fev. 2006.

FISCHER, C. P. et al. Supplementation with vitamins C and E inhibits the release of interleukin-6 from contracting human skeletal muscle. **The Journal of physiology**, v. 558, n. Pt 2, p. 633–645, 2004.

FISHER-WELLMAN, K.; BLOOMER, R. J. Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history. **Dynamic Medicine**, v. 8, n. 1, p. 1–25, 2009.

FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 30, n. 7, p. 1164–8, 1998.

GARLIPP-PICCHI, M. et al. Efeitos do ácido ascórbico nos biomarcadores de estresse oxidativo em nadadores de elite. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 19, n. 6, p. 394–398, dez. 2013.

GOLDFARB, A. H.; MCKENZIE, M. J.; BLOOMER, R. J. Gender comparisons of exercise - induced oxidative stress : influence of antioxidant supplementation. **App. Physiol. Nutr. Metb.**, v. 32, p. 1124–1131, 2007.

- GOMEZ-CABRERA, M. C. et al. Effect of xanthine oxidase-generated extracellular superoxide on skeletal muscle force generation. **AJP: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 298, n. 1, p. R2–R8, 1 jan. 2010.
- GOMEZ-CABRERA, M. C.; RISTOW, M.; VIÑA, J. Antioxidant supplements in exercise: worse than useless? **Am J Physiol Endocrinol Metab**, v. 302, p. 476–77, 2012.
- GUINCHO, A. D. DE C. Relação entre três testes de agilidade: Teste T, Teste 505 e Teste ZIG-ZAG: influência do estatuto maturacional, idade cronológica e idade de treino na performance dos três testes.". **Monografia: Faculdade do Porto**, 2007.
- HELGERUD, J. et al. Aerobic endurance training improves soccer performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 13, p. 1925–1931, 2001.
- JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **The British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497–504, 1978.
- KANG, S. W. et al. Oligomerized lychee fruit extract (OLFE) and a mixture of vitamin C and vitamin E for endurance capacity in a double blind randomized controlled trial. **J. Clin. Biochem. Nutr**, v. 50, n. 2, p. 106–113, 2012.
- KOMI, P. V; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Medicine and science in sports**, v. 10, n. 4, p. 261–265, 1978.
- LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. Anthropometric standardization reference manual. **Human Kinetics Books**, p. 177, 1988.
- MANKOWSKI, R. T. et al. Dietary Antioxidants as Modifiers of Physiologic Adaptations to Exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 47, n. 9, p. 1857–1868, 2015.
- MARGONIS, K. et al. Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining: Implications for diagnosis. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 43, p. 901–910, 2007.
- MILLER, E. et al. High-Dosage Vitamin E Supplementation May Increase all Cause Mortality. **Ann Intern Med**, v. 142, p. 37–46, 2005.

- MCGINLEY, C.; SHAFAT, A.; DONNELLY, A. E. Does Antioxidant Vitamin Supplementation Protect against Muscle Damage? **Sports Medicine**, v. 39, n. 12, p. 1011–1032, dez. 2009.
- MCLEAY, Y. et al. Dietary thiols in exercise: oxidative stress defence, exercise performance, and adaptation. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 14, n. 1, p. 12, 2017.
- MIYAMA, M.; NOSAKA, K. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. **National Strength & Conditioning Association.**, v. 18, n. 2, p. 206–211, 2004.
- MOHR, M. et al. 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.
- MOOPANAR, T. R.; ALLEN, D. G. Reactive oxygen species reduce myofibrillar Ca²⁺ sensitivity in fatiguing mouse skeletal muscle at 37° C. **The Journal of Physiology**, v. 564, n. 1, p. 189–199, abr. 2005.
- MOREIRA, A. et al. Reprodutibilidade e concordância do teste de salto vertical com contramovimento em futebolistas de elite da categoria sub-21. **Revista de Educação Física/UEM**, v. 19, n. 3, p. 413–421, 2008.
- NÉDELEC, M. et al. Recovery in soccer: Part II-recovery strategies. **Sports Medicine**, v. 43, n. 1, p. 9–22, 16 jan. 2013.
- NÉDELEC, M. et al. Recovery in Soccer: Part I-post-match fatigue and time course of recovery. **Sports Medicine**, v. 42, n. 12, p. 997–1015, 2012.
- PALAZZETTI, S. et al. Overloaded Training Increases Exercise-Induced Oxidative Stress and Damage. **Can. J. Appl. Physiol.**, v. 28, n. 4, p. 588–604, 2003.
- PAULSEN, G. et al. Vitamin C and E supplementation hampers cellular adaptation to endurance training in humans: a double-blind, randomised, controlled trial. **The Journal of physiology**, v. 592, n. Pt 8, p. 1887–901, abr. 2014.
- PETERNELJ, T.-T.; COOMBES, J. S. Antioxidant Supplementation during Exercise Training Beneficial or Detrimental? **Sports Med**, v. 41, n. 12, p. 1043–1069, 2011.

PETERSEN, E. W. et al. Effect of vitamin supplementation on cytokine response and on muscle damage after strenuous exercise. **American Journal of Physiology - Cell Physiology**, v. 2100, n. June 2015, p. 1570–1575, 2001.

PINGITORE, A. et al. Exercise and oxidative stress: Potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. **Nutrition**, v. 31, n. 7–8, p. 916–922, jul. 2015.

POWERS, S. K.; JACKSON, M. J. Exercise-Induced Oxidative Stress: Cellular Mechanisms and Impact on Muscle Force Production. **Physiological Reviews**, v. 88, n. 4, p. 1243–1276, 1 out. 2008.

RAHMAN, I.; KODE, A.; BISWAS, S. Assay for quantitative determination of glutathione and glutathione disulfide levels using enzymatic recycling method. **Nature protocols**, v. 1, n. 6, p. 3159–65, jan. 2006.

RITTI-DIAS, R. M. et al. Influence of previous experience on resistance training on reliability of one-repetition maximum test. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 5, p. 1418–1422, 2011.

RODRIGUES, M.; GUIMARÃES, M. Estresse Oxidativo e suplementação de antioxidantes na atividade física: Uma revisão sistemática. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 12, n. 2, p. 155–171, 2013.

ROENGRIT, T. et al. Antioxidant and anti-nociceptive effects of Phyllanthus amarus on improving exercise recovery in sedentary men: a randomized crossover (double-blind) design. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 11, n. 1, p. 9, 2014.

RYAN, M. J. et al. Inhibition of xanthine oxidase reduces oxidative stress and improves skeletal muscle function in response to electrically stimulated isometric contractions in aged mice. **Free Radic Biol Med July**, v. 1, n. 511, p. 38–52, 2011.

SCHRODER, H. et al. Nutrition antioxidant status and oxidative stress in professional basketball players: Effects of a three compound antioxidative supplement. **International Journal of Sports Medicine**, v. 21, n. 2, p. 146–150, 2000.

SFORZO, G.; TOUEY, P. Manipulating Exercise Order Affects Muscular Performance During a Resistance Exercise Training Session. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 10, n. 1, p. 20–24, 1996.

SILVA, L. A. et al. Vitamin e supplementation decreases muscular and oxidative damage but not inflammatory response induced by eccentric contraction. **Journal of Physiological Sciences**, v. 60, n. 1, p. 51–57, 27 jan. 2010.

SILVA, T. DE A. E.; VASCONCELOS, S. M. L. Validação de questionários de frequência alimentar: uma revisão sistemática. **DEMETRA: Alimentação, nutrição e exercício.**, v. 8, n. 2, p. 197–212, 2013.

SIRI, W. E. **Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods.** Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ATErAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA223&dq=siri+1961+body+composition&ots=wBkjXLt3LS&sig=DzslnSXgNJSR3_vXmEXurVAgu44#v=onepage&q=siri+1961+body+composition&f=false>. Acesso em: 17 dez. 2016.

SLATTERY, K.; BENTLEY, D.; COUTTS, A. J. The role of oxidative, inflammatory and neuroendocrinological systems during exercise stress in athletes: implications of antioxidant supplementation on physiological adaptation during intensified physical training. **Sports Medicine**, v. 45, n. 4, p. 453–471, 16 abr. 2015.

SOUSA, M.; TEIXEIRA, V. H.; SOARES, J. Dietary strategies to recover from exercise-induced muscle damage. **Int J Food Sci Nutr**, v. 65, n. 2, p. 963–7486, 4 mar. 2014.

SPIRLANDELI, A. L.; DEMINICE, R.; JORDAO, A. A. Plasma malondialdehyde as biomarker of lipid peroxidation: Effects of acute exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 1, p. 14–18, 2014.

STØLEN, T. et al. Physiology of soccer: An update. **Sports Medicine**, v. 35, n. 6, p. 501–536, 2005.

TEIXEIRA, V. H. et al. Antioxidants do not prevent postexercise peroxidation and may delay muscle recovery. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 9, p. 1752–1760, 2009.

THEODOROU, A. A. et al. No effect of antioxidant supplementation on muscle performance and blood redox status adaptations to eccentric training. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 93, n. 6, p. 1373–1383, 2011.

WILLIAMS, J. R. **The Declaration of Helsinki and public health** **Bulletin of the World Health Organization**, 2008. Disponível em:

<<http://www.scielosp.org/pdf/bwho/v86n8/22.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2017

WITKO-SARSAT, V. et al. Advanced oxidation protein products as a novel marker of oxidative stress in uremia. **Kidney international**, v. 49, n. 5, p. 1304–1313, 1996.

YFANTI, C. et al. Antioxidant Supplementation Does Not Alter Endurance Training Adaptation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 7, p. 1388–1395, jul. 2010.

ZACHAROGIANNIS, E. ; PARADISIS, G.; TZIORTZIS, S. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity an evaluation of tests of anaerobic power and capacity. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 36, n. 5, 2004.

ZAGATTO, A. M.; BECK, W. R.; GOBATTO, C. A. Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 23, n. 6, p. 1820–1827, set. 2009.

ZOPPI, C. C. et al. Vitamin C and E supplementation effects in professional soccer players under regular training. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 3, n. 2, p. 37–44, 2006.

4.4 ESTUDO 4. OLIVEIRA, Donizete Cícero Xavier de; STANGANELLI, Luiz Cláudio Reeberg; SOUZA, Edirley Guimarães de; FRISSELLI, Ariobaldo DEMINICE, Rafael. **Comparação entre amostra sanguínea venosa e capilar para dosagem de creatina quinase: Efeito de um jogo simulado.** Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

4.4.1 Resumo

OBJETIVOS. Determinar se a amostra sanguínea coletada dos capilares do lóbulo da orelha pode ser uma alternativa confiável para medida de atividade de creatina quinase (CK) em comparação à punção venosa em resposta a um jogo simulado de futebol para indução de elevação dos níveis circulantes de CK. **DESIGN DO ESTUDO.** Estudo experimental randomizado. **MÉTODOS.** Dezesete jogadores da categoria sub 19 de uma equipe de futebol realizaram um jogo simulado de futebol com 11 jogadores em cada equipe e com duração de 90 minutos (2 tempos de 45 minutos, com intervalo de 15 minutos). Amostras sanguíneas dos capilares do lóbulo da orelha e venosa da veia ante-cubital foram coletadas antes e depois (24h e 48h) da sessão de treino. Os atletas descansaram por 3 dias consecutivos após jogo durante a semana de recuperação. **RESULTADOS.** O jogo simulado aumentou significativamente ($P < 0,05$) a atividade de CK em ambas, amostra sanguínea venosa (1,7 vezes) e capilar (1,9 vezes). A atividade de CK determinada usando amostra capilar demonstrou significativa correlação ($r = 0,85$; $P < 0,01$) e elevado índice de concordância *Lin* ($pc = 0,80$) quando comparado com a amostra venosa. A plotagem de Bland-Altman apresentou que a amostra capilar superestimou os níveis de CK da amostra venosa em 130 U/L (61%), como variância moderada e baixo viés. **CONCLUSÕES.** Os resultados demonstraram que a amostra sanguínea capilar para análise da atividade de CK pode ser considerada uma alternativa confiável à punção venosa para determinar as variações na atividade de CK plasmática em resposta a uma sessão de treinamento no futebol.

Palavras-Chave: Dano muscular, Recuperação, Monitoramento de atletas, Esporte coletivo.

4.4 ESTUDO 4. OLIVEIRA, Donizete Cícero Xavier de; STANGANELI, Luiz Cláudio Reeberg Stanganelli; SOUZA, Edirley Guimarães de; FRISSELLI, Ariobaldo DEMINICE, Rafael. **Venous versus capillary sampling for creatine kinase assay: effects of a simulated football match.** State University of Londrina, Londrina, 2017.

4.4.2 Abstract.

OBJECTIVES. To determine whether capillary blood sampling would provide a reliable alternative measures of creatine kinase (CK) activity compared to venipuncture in response to a football training session-induced elevated CK circulating levels. **DESIGN.** Randomized experimental study. **METHODS.** Seventeen players from an under-19 football team performed a simulated football match with 11 players each team and 90 minutes total duration (two halves of 45 minutes with 15 minutes rest). Venous and ear lobe capillary blood samples were collected before and after (24 and 48h) the training session. Athletes retested for three consecutive days after exercise during the recovery week. **RESULTS.** Simulated match significantly increased ($P < 0.05$) CK activity determined in both venous (1.7-fold) and capillary (1.9-fold) blood sampling. CK activity determined using capillary samples demonstrated significant correlation ($r = 0.85; P < 0.01$) and a elevated concordance *Lin* index ($pc = 0.80$) when compared to venous sampling CK. The Bland and Altman plot shown capillary sampling CK overestimated venous CK levels by 130 U/L (61%), with moderated variance and low bias. **CONCLUSIONS.** Our results demonstrated that capillary sampling for CK activity assay may be considered a reliable alternative to venipuncture to determine changes in plasma CK activity response to a football training session.

Key-words: Muscle damage, Recovery, Athlete monitoring, Team sports.

4.4.3 Introduction.

Capillary blood samples taken by finger prick or ear lobe are largely used to determine several compounds (e.g. glucose, potassium, phosphorous, sodium, bilirubin) in medicine (CHAVAN et al., 2016; KAYIRAN et al., 2003; NUNES et al., 2006). Capillary rather than venipuncture would provide a simpler and less invasive blood collection protocol which requires low cost material and would increase the number of potential sampling tests with minimally trained individuals (NUNES et al., 2006). It is especially important regarding to sports field, since blood sampling may happen in between training sets or game matches at the football field, swimming pool or any sports court (KNOBLAUCH; O'CONNOR; CLARKE, 2010). Indeed, capillary puncture allows the collection of successive blood samplings with minimal disturbance to athletes' routines.

Because it is related to heart muscle damage, plasma creatine kinase (CK) levels have been recently and extensively studied as an indirect skeletal muscle damage marker following physical effort, especially in sports (BAIRD et al., 2012; BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007). Studies have demonstrated that intensive exercise causes a greater disruption or injury to the muscle tissues that may cause CK to leak from cells into blood serum (CLARKSON; HUBAL, 2002; ROMAGNOLI et al., 2016). As such, high increases in serum CK have been demonstrated after a match play or intense exercise in different sports modalities for up to 72 hours (CUNNIFFE et al., 2010; ISPIRLIDIS et al., 2008; MOHR et al., 2016; NEUBAUER; KÖNIG; WAGNER, 2008). Moreover, reduced power and strength as well as elevated delayed onset muscle soreness have been observed for up to 48 hours alongside elevated CK plasma concentration following elite football competition (ISPIRLIDIS et al., 2008). Indeed, CK has been used as an indicator of player fatigue, an early indicator of athlete's injured skeletal muscle, and a potential monitor of football player recovery status (LAZARIM et al., 2009; MOHR et al., 2016). However, whether capillary blood sampling would provide representative measures of CK activity compared to venipuncture in response to a football training session-induced elevated CK circulating levels is poorly known.

Therefore, we aimed to determine the association and concordance of plasma CK activity determined using capillary and venous blood sampling in response to a football training session that promoted increased CK plasma concentration.

4.4.4 Materials and Methods

The volunteers participating in the present study were 17 healthy and well-trained males aged 16.7 ± 1.0 years. All subjects were under-19 football players from the same team and were familiar with football competition and training routines. The protocol was approved by the Research Ethics Committee of the State University of Londrina and was according to the Helsinki Declaration. All volunteers gave written informed consent and agreed to voluntarily participate in the study. None of the participants smoked or were taking any type of medication.

All of the athletes were invited to attend the Laboratory of Exercise Biochemistry of the State University of Londrina three days that same week. At the first day (Pre), the basal levels of venous and capillary blood were collected. The participants were then submitted to a simulated football match with 11 players each team and 90 minutes total duration (two halves of 45 minutes with 15 minutes rest). The simulated match contained arbitration and organization of the team's own coaches. Then, venous and capillary blood samplings were performed at 24 and 48 hours after the simulated match. The goalkeepers were excluded of the blood sampling procedures. Three of the athletes did not completed all blood sampling proposed and were excluded. All tests and collections were performed by the same researchers, the same periods of the day and rest, as well as the same feeding conditions throughout the experiment.

Venous blood was collected using a 4 mL heparinized vacutainer[®] tubes at antecubital vein puncture. An ear lobe puncture was used for capillary blood collection using heparinized capillary tubes. A total of 100 μ l of blood was collected using two capillary tubes of 50 μ l each that were then transferred to heparinized eppendorf tubes. Venous and capillary blood sampling was performed at the same time for two different people. Venous and capillary blood tubes were kept refrigerated at 4 °C until the end of each trial (~30 min) and later centrifuged at 1000 g for 15 minutes at 4 °C. Plasma was stored in eppendorf tubes at -80°C for later analysis.

Plasma total CK enzymes activity was measured using the commercial kit from Labtest[®] (Lagoa Santa, Minas Gerais, Brazil) in a plate reader from Epoch (BioTek instruments, Winnoski, WT, USA).

The intra and inter-assay's coefficient of variation was less than 5% for all analyses (Intra-assay for venous CK 4.3% and for capillary CK 4.9%) and (Inter-assay: for venous CK 4.0% and for capillary CK 4.1%).

Data are reported as mean \pm SEM. A linear mixed effects model was used to detect possible differences between CK activity determinations using venous vs capillary sampling at different sampling times (pre and 24 hours and 48 hours after exercise). Student's *t* test was used to determine possible differences between CK activity areas under curve (AUC) determined using venous vs capillary sampling. *Pearson* correlation coefficient, *Lin* concordance coefficient and the Bland and Altman plot inspection were used to evaluate association, concordance and reproducibility between venous vs capillary sampling, respectively. In the Bland and Altman plot, venous sampling CK activity was used as a reference method. The level of significance was set at $P < 0.05$ in all analyses.

4.4.5 Results

Figure 1 presents the CK activity determined before (pre) and after exercise (24 hours and 48 hours) using the two different sampling techniques, venous and capillary. The training session proposed significantly increased ($P < 0.05$) CK activity determined in both venous (1.7-fold) and capillary (1.9-fold) blood sampling at 24 hours after exercise. CK plasma concentration returned to pre level at 48 hours after the training session when the venous sampling of the CK curve was analyzed; it was different from the capillary sampling curve that remained elevated until 48 hours after the training session. These differences were evident when comparing CK activity AUC that was significantly higher ($P < 0.05$) in capillary when compared to venous sampling (Figure 1).

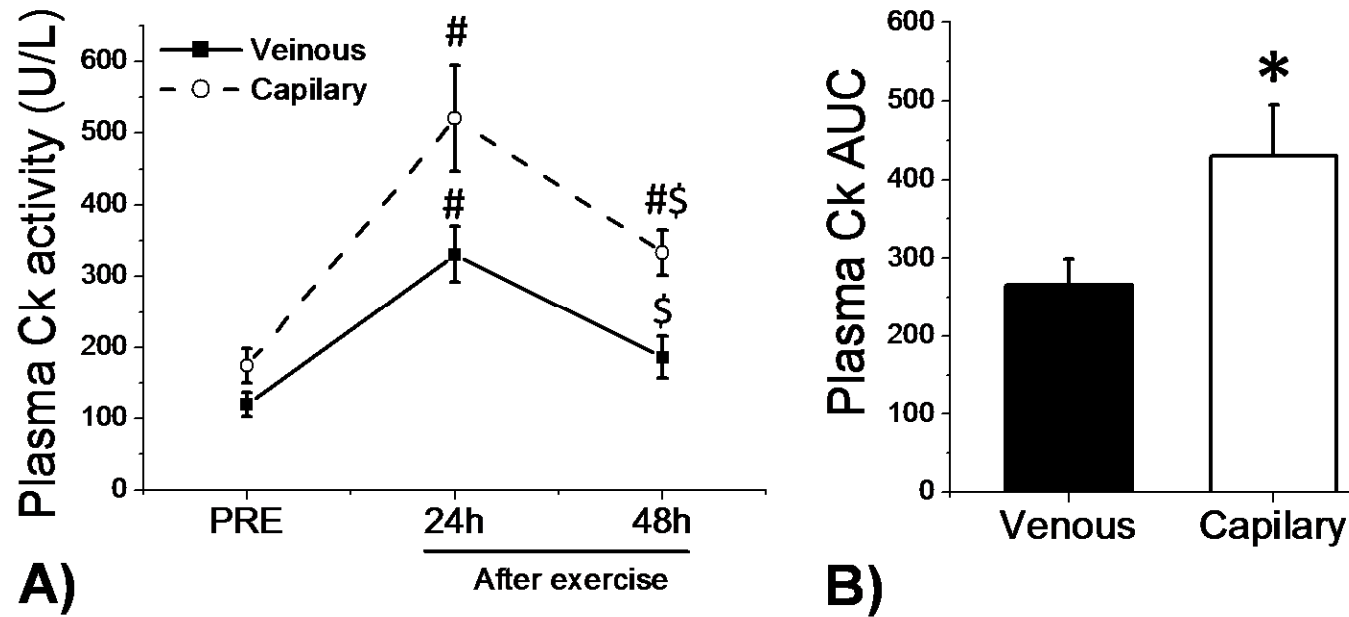


Figure 1. Concentration of plasma CK determined using venous and capillary sampling before (pre) and 24h and 48h after training session (A) (# indicate significant difference compared to Pre; \$ indicate significant difference compared to 24h; $P < 0.05$ by linear effects mixed model). Plasma CK area under curve (AUC) determined using venous and capillary sampling (B) (* indicate significant difference compared to venous sampling; $P < 0.05$ by student's t test).

Overall, CK activity that was determined using capillary samples demonstrated significant correlation ($r = 0.85; P < 0.01$) and an elevated concordance *Lin* index ($pc = 0.80$) when compared to venous sampling CK. The Bland and Altman plot showed capillary sampling CK overestimated venous CK levels by 130 U/L (61%), with moderated variance and low bias (Figure 2). When analyzed separated, capillary sampling CK demonstrated significant correlation (Pre $r = 0.68, P < 0.01$; 24h $r = 0.84, P < 0.01$; 48h $r = 0.63, P < 0.01$) and elevated concordance *Lin* index (Pre $pc = 0.77$; 24h $pc = 0.84$; 48h $pc = 0.98$) for all sampling times. Moreover, capillary overestimated venous CK in all sampling times studied ranged from 45 to 79% (Figure 2).

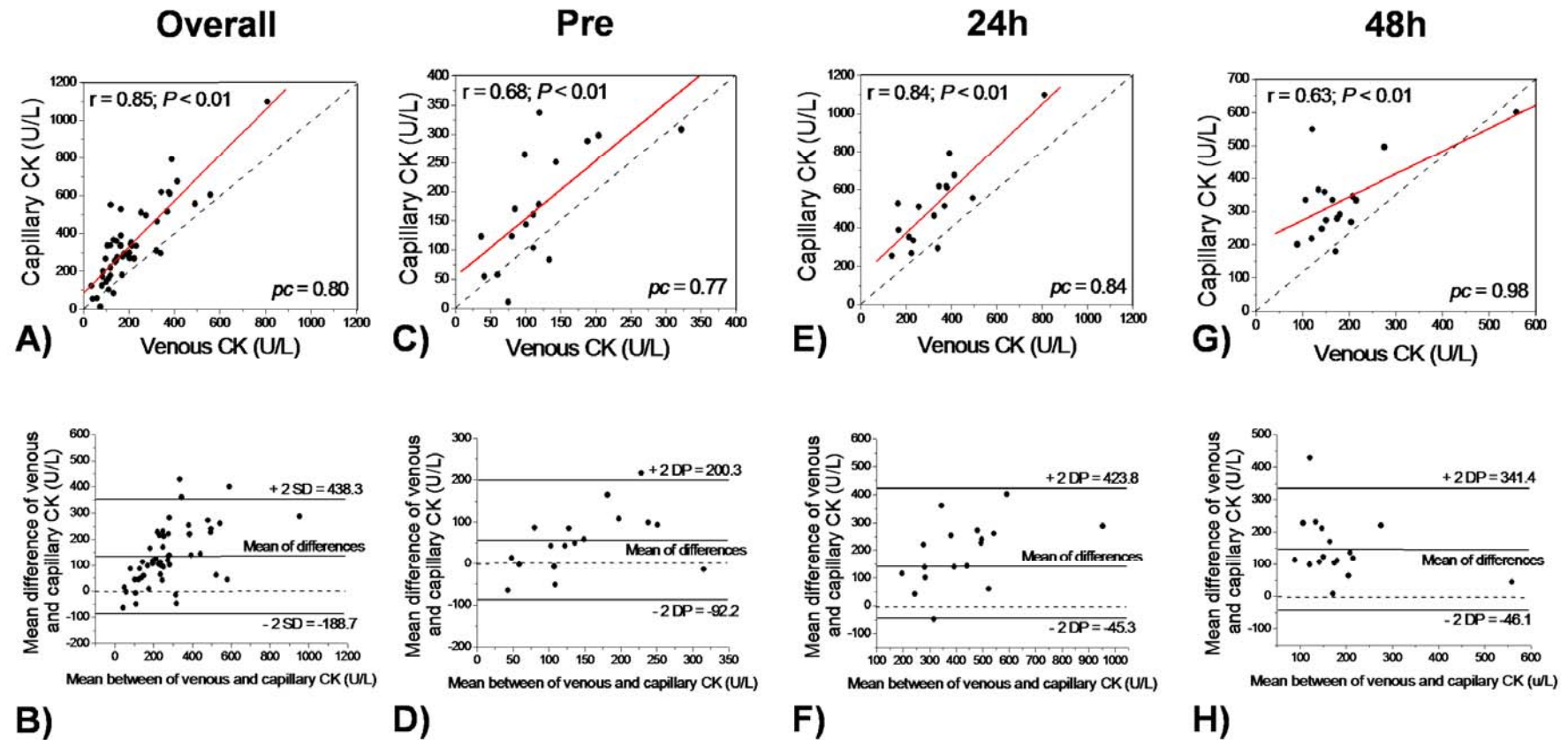


Figure 2. *Pearson* correlation coefficient (r and solid line), *Lin* coefficient (pc and dash line) and Bland and Altman Plot of CK determined using venous and capillary sampling for overall (A and B), Pre (C and D) and 24h (E and F) and 48h (G and H) after training session.

4.4.6 Discussion

The results of our study demonstrated that capillary sampling may be considered a reliable alternative to venipuncture to determine changes in plasma CK activity in response to a football training session. It is important to point out, however that CK activity measured using capillary blood sampling may overestimate those determined in venous blood sampling in ~60%.

CK has been extensively used by football physiologists and coaches to monitor fatigue and recovery status throughout the competitive season (BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007; LAZARIM et al., 2009; MOHR et al., 2016). Taking this into account, capillary blood sampling for CK assay may present some advantages over the traditional venous sampling, especially regarding the football competitive routine. Knoublauch et al. (2010) characterized capillary sampling as a simpler and less-invasive technique, which allows a higher number of sampling during the day, week or competition season without disturbing the athletes' routine and lower cost method. Few previous studies have demonstrated capillary as a valid alternative to venous sampling to measure CK activity. Nunes et al. (2006) first demonstrated finger puncture as a reliable method to measure several resting hematological and biochemical parameters in soccer and handball players, including CK. These authors demonstrated a striking *Pearson* correlation coefficient of 0.99 between capillary and venous sampling measured CK activity. Knoublauch et al. (2010) also demonstrated an elevated correlation of CK activity between two sampling techniques (0.99) after resistive exercise in untrained men and women college students. However, none of the studies cited above presented concordance or agreement analysis. Also, although Knoublauch et al. (2010) describes having measured CK activity prior and 0, 24, 48, 72, and 96 hours after exercise, these authors did not present the results or any correlation, concordance or agreement analysis among them. Thus, to the best of knowledge, the present study was the first to demonstrate that capillary is a reliable alternative to venipuncture to determine changes in plasma CK activity induced by a session of exercise training using a timeframe analysis.

Despite the significant correlation and agreement between both blood sampling techniques used for Ck assay in the present, the elevated (~60%) overestimation of venous blood sampling by capillary must be considered, especially

regarding practical applications. Nunes et al. (2006) attributes the differences found to the peripheral ultra-filtration of intravascular fluid which may lead to hemoconcentration of capillary blood punctures. Therefore, it is reasonable to say that capillary sampling to CK determination may be useful when establishing individual baseline measures or an individual profile of expected responses over a significant timeframe, so that decisions regarding individual athlete responses to training can be made. The use of capillary blood CK-measurements to compare athletes or seasons using different blood sampling techniques must be avoided. In addition, capillary blood sampling to CK-measurements cannot be used to compare with CK pre-established cut-points, which may generate interpretation errors.

4.4.7 Conclusion

In conclusion, capillary blood sampling can be used as a reliable alternative to venipuncture to evaluate changes in plasma CK activity induced by a football game simulated. However, it is important to consider that capillary blood sampling may overestimate CK activity determined by venous blood sampling, which may lead coaches and physiologists to incorrect data interpretations.

4.4.8 Practical Applications

- Capillary sampling can be considered a reliable alternative to venipuncture to determine changes in plasma CK activity in response to a football match.
- However, CK activity measured using capillary blood sampling may overestimate those determined in venous blood sampling in ~60%.
- Capillary blood sampling to CK-measurements cannot be used to compare with CK pre-established cut-points, which may generate interpretation errors.
- Capillary sampling to CK determination may be useful when establishing individual baseline measures or an individual profile of expected responses over a significant timeframe.

4.4.9 References

- BAIRD, M. F. et al. Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 2012, p. 1–13, 2012.
- BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F. M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **British Medical Bulletin**, v. 81–82, n. 1, p. 209–230, 2007.
- CHAVAN, P. et al. Financial support and sponsorship. **Journal of Laboratory Physicians**, v. 8, n. 1, p. 65–6, 2016.
- CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists**, v. 81, n. 11 Suppl, p. S52–S69, 2002.
- CUNNIFFE, B. et al. Time course of changes in immunoendocrine markers following an international rugby game. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 1, p. 113–122, 16 jan. 2010.
- ISPIRLIDIS, I. et al. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. **Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine**, v. 18, n. 5, p. 423–431, set. 2008.
- KAYIRAN, S. M. et al. Significant differences between capillary and venous complete blood counts in the neonatal period. **Clinical and Laboratory Haematology**, v. 25, n. 1, p. 9–16, fev. 2003.
- KNOBLAUCH, M.; O'CONNOR, D. P.; CLARKE, M. S. . Capillary and venous samples of total creatine kinase are similar after eccentric exercise. **Journal of strength and conditioning research**, v. 16, n. 5, p. 418–21, 2010.
- LAZARIM, F. L. et al. 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.

MOHR, M. et al. 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.

NEUBAUER, O.; KÖNIG, D.; WAGNER, K. H. Recovery after an Ironman triathlon: Sustained inflammatory responses and muscular stress. **European Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 3, p. 417–426, 2008.

NUNES, L. A. S. et al. Adequacies of skin puncture for evaluating biochemical and hematological blood parameters in athletes. **Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine**, v. 16, n. 5, p. 418–21, 2006.

ROMAGNOLI, M. et al. Changes in muscle damage, inflammation, and fatigue-related parameters in young elite soccer players after a match. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 56, n. 10, p. 1198–1205, out. 2016.

5. CONCLUSÕES DA TESE

Por meio das diferentes análises realizadas em cada um dos quatro estudos conduzidos nesta tese, as seguintes conclusões puderam ser definidas:

a) A familiarização a testes motores em jogadores de futebol é importante e depende da quantidade de ações motoras e níveis de complexidade da tarefa, pois, foi observado que o salto vertical não apresentou diferença entre as sessões. O RAST necessita ao menos uma sessão de familiarização e o teste T de agilidade ao menos duas sessões.

b) Uma sessão de treino intenso, mas de rotina dos jogadores de futebol elevou a CK, um importante indicador de dano muscular e DOMS, entretanto, o mesmo não foi observado em relação ao estresse oxidativo, assim como não foi observado redução na performance.

c) A suplementação antioxidante reduziu os níveis de marcadores de estresse oxidativo, contudo, não promoveu melhora na performance e não reduziu DOMS e CK após a aplicação de um protocolo de dano muscular nos jogadores de futebol.

d) A amostra sanguínea capilar do lóbulo da orelha para a análise da atividade de CK, pode ser considerada uma alternativa confiável em substituição à amostra venosa para determinar mudanças na resposta da atividade de CK plasmática após um jogo simulado de futebol.

6. REFERÊNCIAS

ACMS. Nutrition and Athletic Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 48, n. 3, p. 543–568, 2016.

ANDRADE, DE V. L. et al. Reproducibility of running anaerobic sprint test (rast) for soccer players. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. nov 6, n. 1–2, p. 34–8, 2014.

AOI, W. et al. Oxidative stress and delayed-onset muscle damage after exercise. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 37, n. 4, p. 480–487, 2004.

ARNAUD, J. et al. Simultaneous determination of retinol, alpha-tocopherol and beta-carotene in serum by isocratic high-performance liquid chromatography. **Journal of chromatography**, v. 572, n. 1–2, p. 103–116, 1991.

ARTEAGA, R. et al. Reliability of jumping performance in active men and women under different stretch loading conditions. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 40, n. 1, p. 26–34, 2000.

ASCENSÃO, A. et al. Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. **Clinical Biochemistry**, v. 41, n. 10–11, p. 841–851, 2008.

AVERY, N. G. et al. Effects of vitamin E supplementation on recovery from repeated bouts of resistance exercise. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 17, n. 4, 2003.

BAIRD, M. F. et al. Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 2012, p. 1–13, 2012.

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. 7, p. 665–674, 2006.

BAUMGARTNER, T. A. Stability of Physical Performance Test Scores: Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation: Vol 40, No 2. **Research Quarterly. American Association for Health, Physical education and Recreation**, v. 40, n. 2, p. 257–261, 1969.

BECATTI, M. et al. Redox status alterations during the competitive season in elite soccer players: focus on peripheral leukocyte-derived ROS. **Internal and Emergency Medicine**, 30 mar. 2017.

BEEKHUIZEN, K. S. et al. Test-retest reliability and minimal detectable change of the hexagon agility test. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 23, n. 7, p. 2167–2171, out. 2009.

BESSEY, O. A. *Ascorbic Acid. Microchemical Methods. In: Vitamin Methods*. Vol 1.; 1960.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Regression analysis. **The Lancet**, v. 327, n. 8486, p. 908–909, abr. 1986.

BLOOMER, R. J. et al. Prior exercise and antioxidant supplementation: effect on oxidative stress and muscle injury. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 9, 2007.

BRAAKHUIS, A. J.; HOPKINS, W. G. Impact of Dietary Antioxidants on Sport Performance: A Review. **Sports Medicine**, v. 45, n. 7, p. 939–955, 2015.

BRANCACCIO, P.; LIPPI, G.; MAFFULLI, N. Biochemical markers of muscular damage. **Clin Chem Lab Med**, v. 48, n. 6, p. 1–10, 2010.

BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F. M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **British Medical Bulletin**, v. 81–82, n. 1, p. 209–230, 2007.

BRUTON, J. D. et al. Reactive oxygen species and fatigue-induced prolonged low-frequency force depression in skeletal muscle fibres of rats, mice and SOD2 overexpressing mice. **The Journal of Physiology**, v. 586, n. 1, p. 175–184, 1 jan. 2008.

CANDIA-LUJÁN, R.; DE PAZ FERNÁNDEZ, J. A.; MOREIRA, O. C. Son efectivos los suplementos antioxidantes en la disminución del dolor muscular tardío? Una revisión sistemática. **Nutricion Hospitalaria**, v. 31, n. 1, p. 32–45, 2015.

CAVAZZOTTO, T. G. et al. Efeito da aprendizagem no desempenho de repetidos testes de Wingate. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 36, n. 1, p. 59–69, mar. 2014.

CHAVAN, P. et al. Financial support and sponsorship. **Journal of Laboratory Physicians**, v. 8, n. 1, p. 65–6, 2016.

CHEVION, S. et al. Plasma antioxidant status and cell injury after severe physical exercise. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 100, n. 9, p. 5119–23, 29 abr. 2003.

CHMURA, P. et al. Analysis of Motor Activities of Professional Soccer Players during the 2014 World Cup in Brazil. **Journal of Human Kinetics**, v. 56, n. 1, p. 187–195, 2017.

CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists**, v. 81, n. 11 Suppl, p. S52–S69, 2002.

CÓRDOVA, A.; NAVAS, F. J. Archivos de Medicina del Deporte Os radicais livres e o dano muscular produzido pelo exercício : papel dos antioxidantes. **Archivos de Medicina del Deporte**, v. 6, n. 5, p. 204–208, out. 2000.

COSTA, C. M. DA; SANTOS, R. C. C. DOS; LIMA, E. S. A simple automated procedure for thiol measurement in human serum samples. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 42, n. 5, p. 345–350, 2006.

CRONIN, J. B.; HENDERSON, M. E. Maximal strength and power assessment in novice weight trainers. **The Journal of strength and conditioning and research**, v. 18, n. 1, p. 48–52, 2004.

CRONIN, J. B.; HING, R. D.; MCNAIR, P. J. Reliability and validity of a linear position transducer for measuring jump performance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 18, n. 3, p. 590–3, 2004.

CRUZAT, V. F. et al. Aspectos atuais sobre estresse oxidativo, exercícios físicos e suplementação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 5, p. 336–342, 2007.

CUNNIFFE, B. et al. Time course of changes in immunoendocrine markers following an international rugby game. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 1, p. 113–122, 16 jan. 2010.

DELI, C. K. et al. A Comparison of Exercise-Induced Muscle Damage Following Maximal Eccentric Contractions in Men and Boys. **Pediatric Exercise Science**, p. 1–26, 6 fev. 2017.

DEMINICE, R. et al. Evolução de biomarcadores de estresse oxidativo e relação com a performance competitiva em dois momentos da temporada de treinamento de natação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 4, p. 277–281, ago. 2009.

DEMINICE, R. et al. Effects of creatine supplementation on oxidative stress and inflammatory markers after repeated-sprint exercise in humans. **Nutrition**, v. 29, n. 9, p. 1127–1132, 2013.

DJORDEVIC, B. et al. Effect of astaxanthin supplementations on muscle damage and oxidative stress markers in elite young soccer players. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 52, n. August, p. 382–92, 2012.

DUPONT, G. et al. Effect of 2 Soccer Matches in a Week on Physical Performance and Injury Rate. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 9, p. 1752–1758, 2010.

EKSTRAND, J.; WALDE, M.; HAGGLUND, M. A congested football calendar and the wellbeing of players: correlation between match exposure of European footballers before the World Cup 2002 and their injuries and performances during that World Cup. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, p. 493–497, 2004.

FATOUROS, I. G. et al. Time-Course of Changes in Oxidative Stress and Antioxidant Status Responses Following a Soccer Game. **Journal of Strength & Conditioning Research (Lippincott Williams & Wilkins)**, v. 24, n. 12, p. 3278–3286, dez. 2010.

FERREIRA, J. C.; CARVALHO, R. G. S.; SZMUCHROWSKI, L. A. Validade e confiabilidade de um tapete de contato para a mensuração da altura do salto vertical. **Revista Brasileira de Biomecânica**, v. 9, n. 17, p. 39–45, 2008.

FINAUD, J. et al. Antioxidant status and oxidative stress in professional rugby players: Evolution throughout a season. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 2, p. 87–93, fev. 2006.

FISCHER, C. P. et al. Supplementation with vitamins C and E inhibits the release of interleukin-6 from contracting human skeletal muscle. **The Journal of physiology**, v. 558, n. Pt 2, p. 633–645, 2004.

FISHER-WELLMAN, K.; BLOOMER, R. J. Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history. **Dynamic Medicine**, v. 8, n. 1, p. 1–25, 2009.

- FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 30, n. 7, p. 1164–8, 1998.
- GABRIEL, D. A.; KAMEN, G.; FROST, G. Neural adaptations to resistive exercise: Mechanisms and recommendations for training practices. **Sports Medicine**, v. 36, n. 2, p. 133–149, 2006.
- GARCÍA-LÓPEZ, J. et al. The validation of a new method that measures contact and flight times during vertical jump. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 4, p. 294–302, 2005.
- GARLIPP-PICCHI, M. et al. Efeitos do ácido ascórbico nos biomarcadores de estresse oxidativo em nadadores de elite. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 19, n. 6, p. 394–398, dez. 2013.
- GLAISTER, M. et al. Familiarization and reliability of multiple sprint running performance indices. **Journal of strength and conditioning research**, v. 21, n. 3, p. 857–9, ago. 2007.
- GLAISTER, M. et al. Familiarization, reliability, and comparability of a 40-m maximal shuttle run test. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 8, p. 77–82, 2009.
- GOLDFARB, A. H.; MCKENZIE, M. J.; BLOOMER, R. J. Gender comparisons of exercise - induced oxidative stress : influence of antioxidant supplementation. **App. Physiol. Nutr. Metb.**, v. 32, p. 1124–1131, 2007.
- GOMEZ-CABRERA, M. C. et al. Effect of xanthine oxidase-generated extracellular superoxide on skeletal muscle force generation. **AJP: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 298, n. 1, p. R2–R8, 1 jan. 2010.
- GOMEZ-CABRERA, M. C.; RISTOW, M.; VIÑA, J. Antioxidant supplements in exercise: worse than useless? **Am J Physiol Endocrinol Metab**, v. 302, p. 476–77, 2012.
- GUINCHO, A. D. DE C. Relação entre três testes de agilidade: Teste T, Teste 505 e Teste ZIG-ZAG: influência do estatuto maturacional, idade cronológica e idade de treino na performance dos três testes.". **Monografia: Faculdade do Porto**, 2007.
- HÄKKINEN, K. et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 84, n. 4, p. 1341–1349, 1998.

HELGERUD, J. et al. Aerobic endurance training improves soccer performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 13, p. 1925–1931, 2001.

HOPKINS, W. G.; SCHABORT, E. J.; HAWLEY, J. A. Reliability of power in physical performance tests. **Sports medicine**, v. 31, n. 3, p. 211–234, 2001.

IMPELLIZZERI, F. M.; RAMPININI, E.; MARCORA, S. M. Physiological assessment of aerobic training in soccer. **Journal of sports sciences**, v. 23, n. 6, p. 583–92, 2005.

ISPIRLIDIS, I. et al. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. **Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine**, v. 18, n. 5, p. 423–431, set. 2008.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **The British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497–504, 1978.

KANG, S. W. et al. Oligomerized lychee fruit extract (OLFE) and a mixture of vitamin C and vitamin E for endurance capacity in a double blind randomized controlled trial. **J. Clin. Biochem. Nutr**, v. 50, n. 2, p. 106–113, 2012.

KATIC, R.; BALA, G.; BAROVIC, Z. Gender differentiations of cognitive-motor functioning in prepubertal and pubertal children. **Collegium antropologicum**, v. 36, n. 2, p. 563–572, 2012.

KAYIRAN, S. M. et al. Significant differences between capillary and venous complete blood counts in the neonatal period. **Clinical and Laboratory Haematology**, v. 25, n. 1, p. 9–16, fev. 2003.

KNOBLAUCH, M.; O'CONNOR, D. P.; CLARKE, M. S. . Capillary and venous samples of total creatine kinase are similar after eccentric exercise. **Journal of strength and conditioning research**, v. 16, n. 5, p. 418–21, 2010.

KOMI, P.; BOSCO, C. Utilization of stores elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 10, n. 4, p. 261–265, 1978.

KOO, T. K.; LI, M. Y. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. **Journal of Chiropractic Medicine**, v. 15, n. 2, p. 155–163, 2016.

- KOZAKOWSKA, M. et al. The role of oxidative stress in skeletal muscle injury and regeneration: focus on antioxidant enzymes. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, v. 36, n. 6, p. 377–393, 4 dez. 2015.
- LASKOWSKI, R. et al. The Effect of Three Days of Judo Training Sessions on the Inflammatory Response and Oxidative Stress Markers. **Journal of Human Kinetics**, v. 30, n. 1, p. 65–73, 1 jan. 2011.
- LAZARIM, F. L. et al. 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.
- LE MOAL, E. et al. Redox Status of Professional Soccer Players is Influenced by Training Load Throughout a Season. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 9, p. 680–686, 10 jun. 2016.
- LEE, J. et al. Eccentric exercise effect on blood oxidative-stress markers and delayed onset of muscle soreness. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 34, n. 3, p. 443–448, 2002.
- LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. Anthropometric standardization reference manual. **Human Kinetics Books**, p. 177, 1988.
- LOTURCO, I. et al. 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. **Biology of Sport**, v. 33, n. 3, p. 277–283, 2016.
- MAGALHÃES, J. et al. Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 1, p. 39–48, 16 jan. 2010.
- MANKOWSKI, R. T. et al. Dietary Antioxidants as Modifiers of Physiologic Adaptations to Exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 47, n. 9, p. 1857–1868, 2015.
- MARGONIS, K. et al. Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining: Implications for diagnosis. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 43, p. 901–910, 2007.

- MCGINLEY, C.; SHAFAT, A.; DONNELLY, A. E. Does Antioxidant Vitamin Supplementation Protect against Muscle Damage? **Sports Medicine**, v. 39, n. 12, p. 1011–1032, dez. 2009.
- MCLEAY, Y. et al. Dietary thiols in exercise: oxidative stress defence, exercise performance, and adaptation. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 14, n. 1, p. 12, 2017.
- MILLER, E. et al. High-Dosage Vitamin E Supplementation May Increase all Cause Mortality. **Ann Intern Med**, v. 142, p. 37–46, 2005.
- MIYAMA, M.; NOSAKA, K. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. **National Strength & Conditioning Association.**, v. 18, n. 2, p. 206–211, 2004.
- MOHR, M. et al. 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.
- MOIR, G. et al. Influence of Familiarization on the Reliability of Vertical Jump and Acceleration Sprinting Performance in Physically Active Men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 2, p. 276, maio 2004.
- MOIR, G. et al. The influence of familiarization on the reliability of force variables measured during unloaded and loaded vertical jumps. **Journal of strength and conditioning research**, v. 19, n. 1, p. 140–145, 2005.
- MOOPANAR, T. R.; ALLEN, D. G. Reactive oxygen species reduce myofibrillar Ca²⁺ sensitivity in fatiguing mouse skeletal muscle at 37° C. **The Journal of Physiology**, v. 564, n. 1, p. 189–199, abr. 2005.
- MOREIRA, A. et al. Reprodutibilidade e concordância do teste de salto vertical com contramovimento em futebolistas de elite da categoria sub-21. **Revista de Educação Física/UEM**, v. 19, n. 3, p. 413–421, 2008.
- MOREIRA, R. S. T. **Análise da combinação de padrões fundamentais de movimento em crianças com diferentes níveis de desenvolvimento sob duas condições de restrição da tarefa.** [s.l.: s.n.].
- MORROW, J. R. et al. **Measurement and evaluation in human performance.** 5 edition ed. [s.l.] Human Kinectis, 2015.

- NAYLOR, J. C.; BRIGGS, G. E. Effects of task complexity and task organization on the relative efficiency of part and whole training methods. **Journal of experimental psychology**, v. 65, n. 3, p. 217–224, 1 mar. 1963.
- NÉDELEC, M. et al. Recovery in soccer: Part II-recovery strategies. **Sports Medicine**, v. 43, n. 1, p. 9–22, 16 jan. 2013.
- NÉDÉLEC, M. et al. Recovery in Soccer: Part I-post-match fatigue and time course of recovery. **Sports Medicine**, v. 42, n. 12, p. 997–1015, 2012.
- NEUBAUER, O.; KÖNIG, D.; WAGNER, K. H. Recovery after an Ironman triathlon: Sustained inflammatory responses and muscular stress. **European Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 3, p. 417–426, 2008.
- NUNES, L. A. S. et al. Adequacies of skin puncture for evaluating biochemical and hematological blood parameters in athletes. **Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine**, v. 16, n. 5, p. 418–21, 2006.
- OKANO, A. H. et al. Comportamento da força muscular e da área muscular do braço durante 24 semanas de treinamento com pesos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 10, n. 4, p. 379–385, 4 jan. 2008.
- PALAZZETTI, S. et al. Overloaded Training Increases Exercise-Induced Oxidative Stress and Damage. **Can. J. Appl. Physiol.**, v. 28, n. 4, p. 588–604, 2003.
- PAULSEN, G. et al. Vitamin C and E supplementation hampers cellular adaptation to endurance training in humans: a double-blind, randomised, controlled trial. **The Journal of physiology**, v. 592, n. Pt 8, p. 1887–901, abr. 2014.
- PEAKE, J. M.; SUZUKI, K.; COOMBES, J. S. The influence of antioxidant supplementation on markers of inflammation and the relationship to oxidative stress after exercise. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 18, n. 6, p. 357–371, jun. 2007.
- PEKAS, D.; TRAJKOVIĆ, N.; KRISTIČEVIĆ, T. Relation between fitness tests and match performance in junior soccer players. **Sport Science**, v. 9, n. 2, p. 88–92, 2016.
- PETERNELJ, T.-T.; COOMBES, J. S. Antioxidant Supplementation during Exercise Training Beneficial or Detrimental? **Sports Med**, v. 41, n. 12, p. 1043–1069, 2011.

PETERSEN, E. W. et al. Effect of vitamin supplementation on cytokine response and on muscle damage after strenuous exercise. **American Journal of Physiology - Cell Physiology**, v. 2100, n. June 2015, p. 1570–1575, 2001.

PETRY, É. R. et al. Suplementações Nutricionais E Estresse Oxidativo: Implicações na atividade física e no esporte. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte (Impresso)**, v. 35, n. 4, p. 1071–1092, 2013.

PINGITORE, A. et al. Exercise and oxidative stress: Potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. **Nutrition**, v. 31, n. 7–8, p. 916–922, jul. 2015.

POWERS, S. K.; JACKSON, M. J. Exercise-Induced Oxidative Stress: Cellular Mechanisms and Impact on Muscle Force Production. **Physiological Reviews**, v. 88, n. 4, p. 1243–1276, 1 out. 2008.

POWERS, S. K.; RADAK, Z.; JI, L. L. Exercise-induced oxidative stress: past, present and future. **The Journal of Physiology**, v. 594, n. 18, p. 5081–5092, 15 set. 2016.

RAHMAN, I.; KODE, A.; BISWAS, S. Assay for quantitative determination of glutathione and glutathione disulfide levels using enzymatic recycling method. **Nature protocols**, v. 1, n. 6, p. 3159–65, jan. 2006.

RITTI-DIAS, R. M. et al. Influência do processo de familiarização para avaliação da força muscular em testes de 1-RM. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, v. 11, n. 1, p. 34–38, 2005.

RITTI-DIAS, R. M. et al. Influence of previous experience on resistance training on reliability of one-repetition maximum test. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 5, p. 1418–1422, 2011.

RODRIGUES, M.; GUIMARÃES, M. Estresse Oxidativo e suplementação de antioxidantes na atividade física: Uma revisão sistemática. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 12, n. 2, p. 155–171, 2013.

ROENGRIT, T. et al. Antioxidant and anti-nociceptive effects of *Phyllanthus amarus* on improving exercise recovery in sedentary men: a randomized crossover (double-blind) design. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 11, n. 1, p. 9, 2014.

ROMAGNOLI, M. et al. Changes in muscle damage, inflammation, and fatigue-related parameters in young elite soccer players after a match. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 56, n. 10, p. 1198–1205, out. 2016.

ROWLANDS, D. S. et al. Oxidative stress, inflammation, and muscle soreness in an 894-km relay trail run. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 5, p. 1839–1848, 16 maio 2012.

RYAN, M. J. et al. Inhibition of xanthine oxidase reduces oxidative stress and improves skeletal muscle function in response to electrically stimulated isometric contractions in aged mice. **Free Radic Biol Med July**, v. 1, n. 511, p. 38–52, 2011.

SCHMIDT, R.; LEE, T. D. **Motor learning and performance: From principles to application**. Fifth edit ed. [s.l.] Human Kinectis, 2014.

SCHRODER, H. et al. Nutrition antioxidant status and oxidative stress in professional basketball players: Effects of a three compound antioxidative supplement. **International Journal of Sports Medicine**, v. 21, n. 2, p. 146–150, 2000.

SCOTT, B. R. et al. A Comparison of Methods to Quantify the In-Season Training Load of Professional Soccer Players. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 5, n. March, p. 5, 2012.

SFORZO, G.; TOUEY, P. Manipulating Exercise Order Affects Muscular Performance During a Resistance Exercise Training Session. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 10, n. 1, p. 20–24, 1996.

SILVA-BATISTA, C. et al. Efeito da familiarização na estabilização dos valores de 1RM para homens e mulheres. **Motriz. Revista de Educacao Fisica**, v. 17, n. 4, p. 610–617, 2011.

SILVA, J. R. et al. Neuromuscular function hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, p. 2193–2201, 2013.

- SILVA, L. A. et al. Vitamin e supplementation decreases muscular and oxidative damage but not inflammatory response induced by eccentric contraction. **Journal of Physiological Sciences**, v. 60, n. 1, p. 51–57, 27 jan. 2010.
- SILVA, P. et al. A comparison of exercise-induced muscle damage following maximal eccentric contractions in men and boys. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 32, p. 1–44, 2011.
- SILVA, T. DE A. E.; VASCONCELOS, S. M. L. Validação de questionários de frequência alimentar: uma revisão sistemática. **DEMETRA: Alimentação, nutrição e exercício.**, v. 8, n. 2, p. 197–212, 2013.
- SIRI, W. E. **Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods.** Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ATErAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA223&dq=siri+1961+body+composition&ots=wBkjXLt3LS&sig=DzslnSXgNJSR3_vXmEXurVAgu44#v=onepage&q=siri+1961+body+composition&f=false>. Acesso em: 17 dez. 2016.
- SLATTERY, K.; BENTLEY, D.; COUTTS, A. J. The role of oxidative, inflammatory and neuroendocrinological systems during exercise stress in athletes: implications of antioxidant supplementation on physiological adaptation during intensified physical training. **Sports Medicine**, v. 45, n. 4, p. 453–471, 16 abr. 2015.
- SOUSA, M.; TEIXEIRA, V. H.; SOARES, J. Dietary strategies to recover from exercise-induced muscle damage. **Int J Food Sci Nutr**, v. 65, n. 2, p. 963–7486, 4 mar. 2014.
- SPIRLANDELI, A. L.; DEMINICE, R.; JORDAO, A. A. Plasma malondialdehyde as biomarker of lipid peroxidation: Effects of acute exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 1, p. 14–18, 2014.
- STØLEN, T. et al. Physiology of soccer: An update. **Sports Medicine**, v. 35, n. 6, p. 501–536, 2005.
- TAKAM, R. D. M. et al. Effects of chronic strenuous physical exercise on oxidative stress and antioxidant capacity in Sub-Saharan African professional soccer players. **European Journal of Sports Medicine**, v. 3, n. 1, 2016.

- TEIXEIRA, V. H. et al. Antioxidants do not prevent postexercise peroxidation and may delay muscle recovery. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 9, p. 1752–1760, 2009.
- THEODOROU, A. A. et al. No effect of antioxidant supplementation on muscle performance and blood redox status adaptations to eccentric training. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 93, n. 6, p. 1373–1383, 2011.
- TOLUSSO, D. V. et al. Placebo effect: influence on repeated intermittent sprint performance on consecutive days. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 7, p. 1915–1924, jul. 2015.
- TOMAC, Z.; HRASKI, Z. Influence of Familiarization of Preschool Children With Motor Tests on Test Results and Reliability Coefficients. **Perceptual and motor skills**, v. 0, n. 0, p. 1–20, 19 set. 2016.
- TSIGILIS, N.; THEODOSIOU, A. The Influence of Multiple Administration of a Psychomotor Test on Performance and Learning. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 22, n. 6, p. 1964–1968, nov. 2008.
- UGRINOWITSCH, H.; BENDA, R. N. Contribuições da aprendizagem motora: a prática na intervenção em educação física. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 25, p. 25–35, 2011.
- VALKO, M. et al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 39, n. 1, p. 44–84, 2007.
- VRBIK, I. et al. The Influence of Familiarization on Physical Fitness Test Results in Primary School-aged Children. **Pediatric Exercise Science**, p. 1–19, 21 out. 2016.
- WILLIAMS, J. R. **The Declaration of Helsinki and public health** *Bulletin of the World Health Organization*, 2008. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/bwho/v86n8/22.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2017
- WITKO-SARSAT, V. et al. Advanced oxidation protein products as a novel marker of oxidative stress in uremia. **Kidney international**, v. 49, n. 5, p. 1304–1313, 1996.
- YFANTI, C. et al. Antioxidant Supplementation Does Not Alter Endurance Training Adaptation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 7, p. 1388–1395, jul. 2010.

ZACHAROGIANNIS, E. ; PARADISIS, G.; TZIORTZIS, S. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity an evaluation of tests of anaerobic power and capacity. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 36, n. 5, 2004.

ZAGATTO, A. M.; BECK, W. R.; GOBATTO, C. A. Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 23, n. 6, p. 1820–1827, set. 2009.

ZOPPI, C. C. et al. Vitamin C and E supplementation effects in professional soccer players under regular training. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 3, n. 2, p. 37–44, 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Termo de consentimento Livre e esclarecido

Título da pesquisa:

Efeito da Suplementação de antioxidantes na performance, reposta dos níveis de estresse oxidativo e DOMS em atletas.

Prezado senhor:

Gostaríamos de convidá-lo a participar da pesquisa **“Efeito da Suplementação de antioxidantes na performance, reposta dos níveis de estresse oxidativo e DOMS em Atletas”**, a ser realizada no município de Londrina/Pr. O objetivo da pesquisa é: 1) investigar a relação entre marcadores de estresse oxidativo, dor muscular tardia e desempenho específico após bateria de testes específicos para atletas e; 2) verificar o efeito da suplementação com antioxidantes (vitamina E e C) sobre essas variáveis em atletas.

As avaliações serão realizadas em 2 fases, divididas em 4 momentos, na fase 1 momento 1 será feita a análise da composição corporal por meio de Bioimpedância elétrica, estatura e massa corporal e a familiarização com os testes de performance, o teste Rast, o teste T e teste illinois (agilidade), no momento 2 farão as coletas sanguíneas pré teste e na sequencia os testes específicos de performance, seguido de nova coleta de sangue e de avaliação da percepção subjetiva de esforço e dor muscular tardia por meio de questionário, sendo repetido os procedimentos pós testes específicos nos tempos logo após, 1, 24, 48 e 72 horas após o termino dos testes (No total serão realizadas 12 coletas sanguíneas somadas as 2 fases do estudo, nos momentos citados acima).

Na fase 2, os momentos 3 e 4 terão um período de intervalo (washout) de 4 semanas e seguirão a mesma rotina e avaliações do momento 2, porém com ingestão de 1 capsula diária de suplementação antioxidante (500 g de vitamina C e 117g de vitamina E) ou substância placebo por 4 semanas anteriores aos testes, a ser definida de forma aleatória e duplo cego (nem o avaliado, nem o avaliador saberá qual é a suplementação ou qual é placebo).

Gostaríamos de esclarecer que todas as avaliações serão realizadas por profissionais previamente treinados e habilitados e que sua participação será voluntária, podendo recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isso acarrete ônus ou prejuízo a sua pessoa. Informamos ainda que as

informações serão utilizadas apenas para fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confiabilidade, de modo a preservar a sua identidade durante todo o tempo do estudo.

Informamos que o senhor não pagará, nem será remunerado por sua participação, mas todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes de sua participação.

Ao fim do estudo, comprometemo-nos a retornar com os resultados de todas as avaliações, que serão entregues aos participantes. Espera-se com esta pesquisa, proporcionar informações que possam favorecer a melhoria da performance esportiva em atletas, assim como indicativos ou não de suplementos antioxidantes afim de minimizar os efeitos prejudiciais da elevação do estresse oxidativo, da dor muscular tardia e dano muscular sobre o desempenho. Apesar de considerados mínimos os possíveis riscos são relativos a entorses articulares ou lesão muscular decorrente dos testes físicos, sendo quando necessário solicitado atendimento via Serviço de atendimento Médico de Urgência (SAMU).

Caso tenha dúvidas pode nos contactar (Prof. Ms. Donizete Cícero Xavier de Oliveira, Rua Augusto Guerino, nº 183 ap.07, Londrina/Pr, Fone: (18) 99719-1763, e-mail dxavier@uel.br; ou Prof. Dr. Rafael Deminice, Rua Luiz Lerco, nº 399, Bairro Terra Bonita Londrina/Pr, Fone: (43) 9191-6013, e-mail: deminice@ig.com.br), ou procurar o comitê de ética em pesquisa envolvendo seres humanos da Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380 (PR 445), bairro campus Universitário, CEP: 86.057-970, Londrina-PR ou pelo telefone: (43) 3371-5455.

Este termo deverá preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida e assinada e entregue a você.

Londrina, ____ de _____ de 2016.

Donizete Cícero Xavier de Oliveira

RG: 33.797.480-9

Eu, _____ tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica):

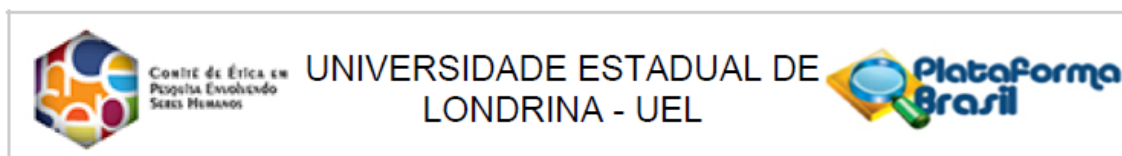
Assinatura do responsável (quando menor):

Data: ____ de _____ de 2016.

ANEXOS

ANEXO A

Aprovação do comitê de ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Efeito da Suplementação de antioxidantes na performance, reposta dos níveis de estresse oxidativo e DOMS em atletas.

Pesquisador: Donizete Cicero Xavier de Oliveira

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 32331314.2.0000.5231

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

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.428.377

Apresentação do Projeto:

A presente proposta trata de uma emenda ao projeto já aprovado, considerando a necessidade de substituição da folha de rosto, a qual foi anexada novamente com a inserção do carimbo do coordenador de curso e o cronograma foi reajustado.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Os objetivos desse estudo são 1) investigar a relação entre marcadores de estresse oxidativo, dor muscular tardia e desempenho específico após bateria de testes físicos de performance no futebol e; 2) verificar o efeito da suplementação com antioxidantes (vitamina E e C) sobre essas variáveis nestes jogadores.

Objetivo Secundário:

1) Relacionar marcadores de peroxidação lipídica e dano muscular com dor muscular tardia e performance em jogadores de futebol. 2) Mensurar diferenças na performance destes jogadores nas situações sem suplementação e com suplementação antioxidante (Vitamina C e vitamina E). Analisar a relação entre marcadores de inflamação, dor muscular tardia e estresse oxidativo.

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Telefone: (43)3371-5455

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-970

E-mail: cep268@uel.br



COMITÊ DE ÉTICA EM
PESQUISA ENVOLVENDO
SERES HUMANOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 1.428.377

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

o estudo apresenta risco mínimos, tendo em vista que os atletas são submetidos constantemente a treinamentos intensivos e competição e a suplementação antioxidantes proposta tem sido utilizada e sugerida em diversos estudos sem apresentação de efeitos colaterais ou risco a saúde dos atletas. Os riscos observados são possíveis entorse ou lesão muscular decorrentes dos testes específicos da modalidade futebol.

Benefícios:

Os Jogos de futebol de campo apresentam como característica a alta intensidade e intermitência com elevado consumo de oxigênio visto que os atletas treinam de praticamente todos os dias e jogam em média 3 vezes na semana, o que normalmente leva dor muscular tardia e dano muscular, sendo assim passa a ser importante a avaliação da resposta de marcadores de estresse oxidativo, antioxidantes, marcadores inflamatórios e de dor muscular, visando dar subsídios a proposta de estratégias que minimizem estes efeitos e possam potencializar o rendimento esportivo destes atletas, assim como minimizar possíveis prejuízos a saúde dos mesmos frente ao constante estado de elevação do estresse oxidativo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos obrigatórios foram devidamente apresentados e atualizados, conforme apresentado na emenda.

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Emenda aprovada

Considerações Finais a critério do CEP:

Prezado (a) Pesquisador (a),

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

Coordenação CEP/UEL.

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-970

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br



CONSELHO DE ÉTICA EM
PESQUISA ENVOLVENDO
SERES HUMANOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 1.428.377

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_644626 E1.pdf	19/02/2016 17:30:35		Aceito
Outros	Resposta_Parecer_CEP.docx	19/02/2016 17:27:21	Donizete Cicero Xavier de Oliveira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_emenda_alteracao_cronograma_Donizete_e_Rafael.doc	19/02/2016 17:20:32	Donizete Cicero Xavier de Oliveira	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_com_Carimbo.pdf	19/02/2016 16:03:19	Donizete Cicero Xavier de Oliveira	Aceito
Outros	Justificativa_Emenda.docx	16/12/2015 20:07:45	Donizete Cicero Xavier de Oliveira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_com_EMENDA_Donizete_e_Rafael.doc	16/12/2015 19:23:10	Donizete Cicero Xavier de Oliveira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	EMENDA_TCLE.docx	16/12/2015 19:21:05	Donizete Cicero Xavier de Oliveira	Aceito
Outros	Autorização Profissional Coleta de sangue.jpg	02/08/2014 11:10:04		Aceito
Outros	Deminice Resposta Comissão de Análise de Projetos de Pesquisa do HU (2).doc	02/08/2014 11:02:14		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	02/08/2014 10:57:39		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto Judô Donizete Rafael.doc	02/08/2014 10:55:47		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	31/05/2014 16:24:19		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto Donizete Judô.doc	31/05/2014 16:21:37		Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Telefone: (43)3371-5455

CEP: 86.057-970

Município: LONDRINA

E-mail: cep268@uel.br



Comitê de Ética em
Pesquisa Evoluindo
Serres Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 1.428.377

LONDRINA, 29 de Fevereiro de 2016

Assinado por:
Otávio Goes de Andrade
(Coordenador)

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Telefone: (43)3371-5455

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-970

E-mail: cep268@uel.br

ANEXO B
Ficha para avaliação de DOMS

Ficha de avaliação de DOMS.

- Identificação do Jogador: _____
- Nome do Jogador: _____
- Nível de DOMS:
 - Quadríceps femoral: _____
 - Panturrilha: _____
 - Glúteos: _____
 - Bíceps (femoral): _____
 - Abdômen: _____



ANEXO C

Inquérito Dietético Recordatório de 24 horas (IDR24h).

Instruções para preenchimento do recordatório alimentar**Orientações para preenchimento:**

1. Devem ser registrados todos os alimentos e bebidas consumidos ao longo do dia e à noite.

2. Registre o máximo de informações que puder, sempre que possível utilize pesos, medidas e marcas que constam nas embalagens dos alimentos e bebidas para indicar a quantidade que foi consumida.

3. No caso de alimentos e bebidas preparados em casa, use medidas como colher de sopa, colher de chá, concha, xícara, copo de requeijão, copo americano, prato de sobremesa, prato raso, prato fundo, pires, entre outras medidas.

4. Não se esqueça de registrar os horários de consumo dos alimentos e bebidas.

5. Não altere seu consumo usual de alimentos e bebidas, registre o realmente você esteja consumindo.

6. Os dias registrados devem ser alternados, sendo dois dias de semana e um dia de fim de semana.

7. Caso você tenha dúvida para preencher o Registro Alimentar, por favor, entre em contato com a nutricionista Flávia: e-mail: flaviatrosa@yahoo.com.br ou tel. (16) 36024560

Exemplo:

Nome: __João da Silva_____ N° __3__

Horário	Alimento	Quantidade
8:00	Leite desnatado	1 copo de vidro de requeijão
	Achocolatado	2 colheres de sopa
	Pão	1 pão francês
	Manteiga	3 pontas de faca
12:00	Arroz	2 colheres grandes (de servir)
	Feijão	1 concha cheia
	Etc...	

ANEXO D

**Percepção Subjetiva de Esforço
(Foster, 1998) - PSE**

- 0 Repouso**
- 1 Muito, Muito Fácil**
- 2 Fácil**
- 3 Moderado**
- 4 Algo Forte**
- 5 Forte**
- 6 -**
- 7 Muito Forte**
- 8 -**
- 9 -**
- 10 Máximo**