

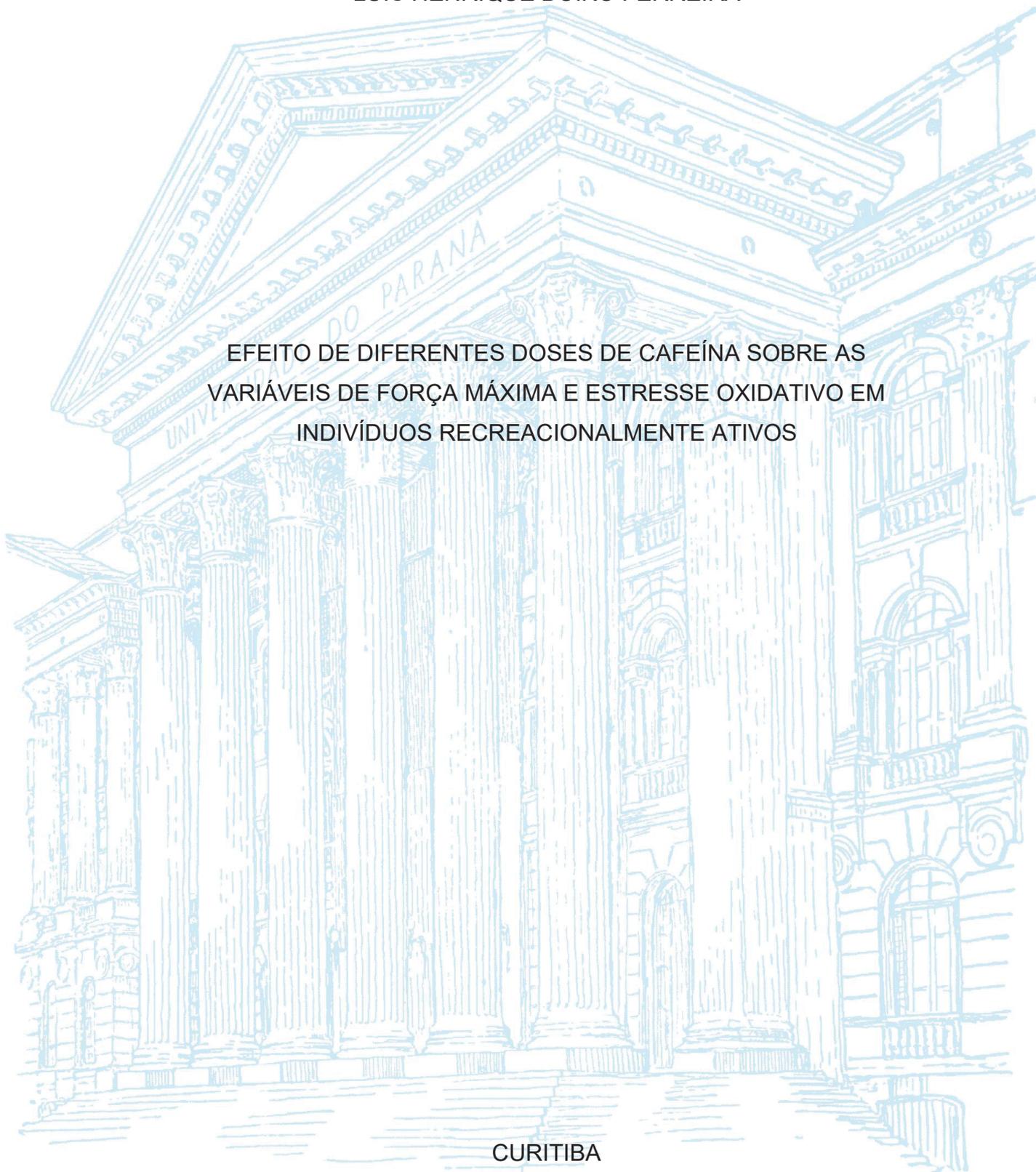
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUIS HENRIQUE BOIKO FERREIRA

EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE CAFÉINA SOBRE AS  
VARIÁVEIS DE FORÇA MÁXIMA E ESTRESSE OXIDATIVO EM  
INDIVÍDUOS RECREACIONALMENTE ATIVOS

CURITIBA

2018



LUIS HENRIQUE BOIKO FERREIRA

EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE CAFEÍNA SOBRE AS  
VARIÁVEIS DE FORÇA MÁXIMA E ESTRESSE OXIDATIVO EM  
INDIVÍDUOS RECREACIONALMENTE ATIVOS

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Tácito Pessoa de Souza Junior

CURITIBA

2018

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Ferreira, Luis Henrique Boiko

Efeito de diferentes doses de cafeína sobre as variáveis de força máxima e estresse oxidativo em indivíduos recreacionalmente ativos / Luis Henrique Boiko Ferreira. – Curitiba, 2018.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

Orientadora: Prof. Dr. Tácito Pessoa de Souza Junior.

1. Cafeína. 2. Força muscular. 3. Cálcio. 4. Estresse oxidativo. I. Souza Junior, Tácito Pessoa de. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

# TERMO DE APROVAÇÃO

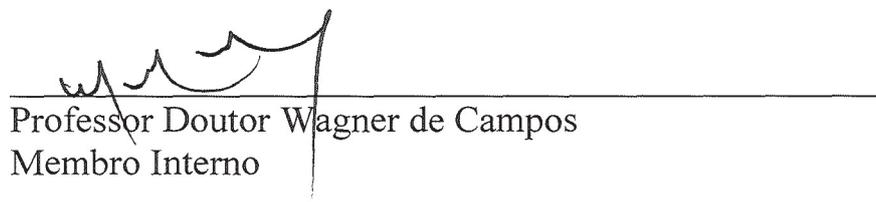
## LUIS HENRIQUE BOIKO FERREIRA

**“Efeito de diferentes doses de cafeína sobre as variáveis de força máxima e estresse oxidativo em indivíduos recreacionalmente ativos”**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Física, Área de Concentração Exercício e Esporte, Linha de Pesquisa de Desempenho Esportivo do Programa de Pós-Graduação em Educação Física do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte Banca Examinadora:



Professor Doutor Tácito Pessoa de Souza Júnior  
Presidente/Orientador



Professor Doutor Wagner de Campos  
Membro Interno



Professor Doutor Luis Paulo Gomes Mascarenhas  
Membro Externo

Curitiba, 26 de Fevereiro de 2018.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos os professores que auxiliaram em minha formação, tanto de maneira direta quanto indireta, pois sem eles nada disso seria possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço ao meu orientador, professor Dr. Tácito Pessoa de Souza Junior, pois o mesmo me acolheu em seu grupo de pesquisa enquanto eu era apenas um graduando, vindo de uma universidade do interior do Paraná. Os anos se passaram e seus conselhos e manias acabaram se tornando tão presentes em meu cotidiano, que inconscientemente passei a pensar de maneira muito semelhante a ele. Além de um excelente amigo, o professor Tácito é um mentor, ou como é conhecido carinhosamente dentro de nosso laboratório, "Pai".

Agradeço imensamente ao meu pai Olmyr Ferreira Junior, minha mãe Iara Cristina Boiko e meu irmão Luis Eduardo Boiko Ferreira, por sempre me apoiar e auxiliar em todos os sonhos que um dia tive, permitindo que realizações como essa sejam possíveis.

Agradeço à minha namorada por ter sempre me apoiado e me suportado, mesmo enquanto eu surtava com as minhas coletas de dados, ou redigia esta dissertação. Sem ela ao meu lado tudo teria sido muito mais difícil.

Agradeço ao professor Me. André de Camargo Smolarek por sempre ter me auxiliado em todas as dúvidas que tive, além de sempre estar disposto a me ajudar quando algum problema surgia, hoje em dia, mais do que amigo, ele é um irmão!

Agradeço a todos os membros do nosso grupo de pesquisa GPMENUTF que auxiliaram de maneira direta ou indireta durante a construção deste trabalho.

Por fim agradeço a todos os amigos que durante algum momento acabaram por me auxiliar, me incentivar ou puxar a minha orelha quando se era necessário.

## ΕΠΙΓΡΑΦΕ

"If I have seen further, it is by standing on the shoulders of Giants."

Isaac Newton

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi analisar o efeito agudo de diferentes doses de cafeína na força, níveis de glicemia (GL), lactato (LAC), liberação de cálcio, triacilgliceróis (TGL), ácido úrico (AU), TBARS e taxa de esforço percebido (PSE) em homens recreacionalmente treinados. MÉTODOS: dezesseis adultos jovens de atividade recreativa (idade  $19 \pm 2$  anos), que tiveram de realizar três tarefas em três ocasiões diferentes, com um wash-out de sete dias entre as sessões. No primeiro dia, foi realizado uma ancoragem de dados somados a uma introdução do protocolo para determinar as cargas de peso. A amostra foi instruída a evitar alimentos ou bebidas que contivessem cafeína dois dias antes dos testes. O protocolo utilizado para analisar o efeito de diferentes doses de cafeína na força foi examinado por três exercícios diferentes (supino reto (SR), terra (DL) e agachamentos (SQ) após um protocolo de teste de 10-RM. As amostras de sangue foram coletadas imediatamente após chegada ao laboratório, seguido de uma refeição isocalórico tradicional, juntamente com cápsulas contendo diferentes doses de cafeína ( $6\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (CAF-1) /  $8\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (CAF-2) ou placebo (PLA). Outra amostra de sangue foi coletada 45 min após a execução de cada exercício. A suplementação seguiu um modelo duplo-cego e randomizado. RESULTADOS: A força em BP, DL e SQ melhorou estatisticamente entre CG e CF2 (BP  $94,3 \pm 5,2$  a  $101,4 \pm 3,4$ ; DL  $120,7 \pm 7,7$  a  $136,3 \pm 7,09$ ; SQ  $119,4 \pm 7,4$  a  $132,1 \pm 5,2$   $p < 0,05$ ). Embora tenha sido encontrado um aumento de força no CAF-2 em comparação com PLA, não foram encontradas outras diferenças estatísticas (BP  $98,1 \pm 3,8$  a  $101,4 \pm 3,4$ ; DL  $130,2 \pm 8,3$  a  $136,3 \pm 7,09$ ; SQ  $129,5 \pm 8,01$  a  $132,1 \pm 5,2$   $p = 0,001$ ). Foi detectado uma liberação de cálcio significativa em CAF-2 em comparação com CF1 e CG ( $10,9 \pm 0,2$  a  $8,9 \pm 0,4$  e  $10,9$  a  $8,3 \pm 0,2$   $p = 0,001$ ). Tivemos alguns efeitos significativos sobre GL entre CAF-2 e PLA ( $p = 0,013$ ) em TGL para CAF-1 e CAF-2 ( $p = 0,001$ ) e AU entre CAF-2 e PLA. CONCLUSÃO: doses mais elevadas de cafeína, como  $8 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , parecem ser mais efetivas do que PLA e CAF-1 para melhorar os níveis de AU, TGL e força em BP, DL e SQ, o que estava diretamente relacionado às melhorias na liberação de cálcio visualizadas em CF2.

Palavras-Chave: Cafeína, Força, Liberação de cálcio

## ABSTRACT

The purpose of the present study was analyze the acute effect of different doses of caffeine on strength, glycemic levels (GL), lactate (LAC), calcium release, triglycerides (TGL), uric acid (UA), TBARS and rate of perceived effort (RPE) *in recreationally trained men*. **METHODS:** Sixteen recreationally active young adults (age  $19 \pm 2$  yrs), who performed three tasks on three different occasions, with a washout of seven days between sessions. On day one, Baseline data and introduction of the protocol to determinate the weight loads was performed. The subject was instructed to avoid food or beverages that may contain caffeine two days before the tests. The protocol used to analyze the effect of different doses of caffeine on strength was examined by three different exercises (bench press (BP); deadlift (DL); and squats (SQ) following a seven test protocol. Blood samples were collected immediately upon arrival to the laboratory, followed by a standardized isocaloric shake along with capsules containing different doses of caffeine ( $6\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (CAF-1) /  $8\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (CAF-2) or placebo (PLA). Another blood sample was collected 45 minutes after caffeine/placebo consumption and immediately after the execution of each exercise. The supplementation followed a double-blind, randomized model. **RESULTS:** The strength on BP, DL and SQ statistically improved between CG and CF2 (BP  $94.3 \pm 5.2$  to  $101.4 \pm 3.4$ ; DL  $120.7 \pm 7.7$  to  $136.3 \pm 7.09$ ; SQ  $119.4 \pm 7.4$  to  $132.1 \pm 5.2$   $p < 0.05$ ). Although a strength increase was found at CAF-2 compared to CAF-1, no other statistical differences were found (BP  $98.1 \pm 3.8$  to  $101.4 \pm 3.4$ ; DL  $130.2 \pm 8.3$  to  $136.3 \pm 7.09$ ; SQ  $129.5 \pm 8.01$  to  $132.1 \pm 5.2$   $p = 0.001$ ). Calcium release statistically improved in CAF-2 in comparison to CF1 and CG ( $10.9 \pm 0.2$  to  $8.9 \pm 0.4$  and  $10.9$  to  $8.3 \pm 0.2$   $p = 0.001$ ). We had some significant effects on GL between CAF-2 and PLA ( $p = 0.013$ ) on TGL for CAF-1 and CAF-2 ( $p = 0.001$ ) and AU between CAF-2 and PLA. **CONCLUSION:** Higher doses of caffeine such as  $8 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  seem to be more effective than PLA and CAF-1 to improve UA, TGL strength levels on BP, DL and SQ, what was directly related to improvements in calcium release visualized at CF2.

Key words: Caffeine, Strength, Calcium release

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1 - Efeito de diferentes suplementações com CAF na força do supino reto .....  | 40 |
| Gráfico 2 - Efeito de diferentes suplementações (PLA/CAF) na força do levantamento terra.....  | 41 |
| Gráfico 3 - Efeito de diferentes suplementações (PLA/CAF) na força do agachamento. ....  | 42 |
| Gráfico 4 - Efeito de diferentes suplementações (PLA/CAF) na liberação de cálcio.....  | 43 |
| Gráfico 5 - Comportamento do cálcio pós suplementação com PLA e testes de força máxima.....  | 44 |
| Gráfico 6 - Comportamento do cálcio pós suplementação com CAF-1 e testes de força máxima.....  | 45 |
| Gráfico 7 - Comportamento do cálcio pós suplementação com CAF-2 e testes de força máxima.....  | 46 |
| Gráfico 8 - Comportamento da glicemia no grupo PLA durante o jejum, pós-suplementação e pós exercícios físicos. ....                       | 47 |
| Gráfico 9 - Comportamento da glicemia no grupo CAF-1 durante o jejum, pós-suplementação e pós exercícios físicos. ....                     | 48 |
| Gráfico 10 - Comportamento da glicemia no grupo CAF-2 durante o jejum, pós-suplementação e pós exercícios físicos. ....                    | 49 |
| Gráfico 11 - Análise do comportamento da glicemia entre grupos durante o jejum, pós-suplementação (PLA/CAF) e pós exercícios físicos. .... | 50 |
| Gráfico 12 Análise dos níveis de lactato entre grupos durante a suplementação com PLA, CAF-1 e CAF-2.....                                  | 51 |
| Gráfico 13 - Análise dos níveis de TGL entre o pré-teste e o pós-teste com a suplementação de PLA.....                                     | 52 |
| Gráfico 14 - Análise dos níveis de TGL entre o pré-teste e o pós-teste com a suplementação de CAF-1.....                                   | 53 |
| Gráfico 15 - Análise dos níveis de TGL entre o pré-teste e o pós-teste com a suplementação de CAF-2.....                                   | 54 |

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 16 - Análise do comportamento da TGL entre o pré-teste e o pós-teste com as suplementações de PLA, CAF-1 e CAF-2. ....            | 55 |
| Gráfico 17 - Demonstração do comportamento do LDH entre o pré-teste e 2 sessões de teste máximo suplementando com PLA .....               | 56 |
| Gráfico 18 - Demonstração do comportamento do LDH entre o pré-teste e 2 sessões de teste máximo suplementando com CAF-1.....              | 57 |
| Gráfico 19 - Demonstração do comportamento do LDH entre o pré-teste e 2 sessões de teste máximo suplementando com CAF-2.....              | 58 |
| Gráfico 20 - Demonstração do comportamento do LDH entre grupos ( <i>PLA/CAF</i> ) durante o pré-teste e 2 sessões de teste máximo .....   | 59 |
| Gráfico 21 - Comportamento da média de concentração plasmática de mmolMDA/ml durante diferentes condições ( <i>PLA/CAF</i> ) .....        | 60 |
| Gráfico 22 - Valores relativos às medias de AU apresentadas em 3 diferentes momentos durante a suplementação com PLA, CAF-1 e CAF-2. .... | 61 |
| Gráfico 23 - Valores relativos às medias de PSE durante a suplementação com PLA, CAF-1 e CAF-2.....                                       | 62 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Características dos participantes (n=16) .....                   | 38 |
| Tabela 2. Estimativa de calorias consumidas 24 horas antes dos testes ..... | 38 |
| Tabela 3 - Estimativa de consumo de cafeína diário .....                    | 39 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Metabolização da cafeína a partir da ação do citocromo P450..... | 21 |
| Figura 2 - Reação da ingestão de cafeína sobre os ácidos graxos. ....      | 26 |
| Figura 3 – Esquema para a coleta de dados .....                            | 34 |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

|                  |                                |
|------------------|--------------------------------|
| AMP              | adenosina monofosfato          |
| AMPC             | adenosina monofosfato cíclico  |
| ANOVA            | análise de variância           |
| ATP              | adenosina trifosfato           |
| AU               | ácido úrico                    |
| %BF              | porcentual de gordura          |
| CAF              | cafeína                        |
| CAF-1            | 6mg · peso corporal de cafeína |
| CAF-2            | 8mg · peso corporal de cafeína |
| Ca <sup>++</sup> | cálcio                         |
| CK               | creatina quinase               |
| cm               | centímetro                     |
| CrP              | creatina fosfato               |
| CYP1A2           | citocromo P450 1A2             |
| DI               | decilitro                      |
| DP               | desvio padrão                  |
| D1               | dia um                         |
| D2               | dia dois                       |
| D3               | dia três                       |

|                              |                                    |
|------------------------------|------------------------------------|
| D4                           | dia quatro                         |
| EDTA                         | ácido etilenodiamino tetra-acético |
| EROs                         | espécies reativas de oxigênio      |
| ES                           | tamanho de efeito                  |
| GL                           | glicemia                           |
| g/mm                         | gramas por milímetros              |
| H0                           | hipótese nula                      |
| H1                           | hipótese alternativa               |
| H                            | horas                              |
| IMC                          | índice de massa corporal           |
| kg                           | quilograma                         |
| L                            | litros                             |
| O <sub>2</sub> <sup>•-</sup> | ânion superóxido                   |
| m                            | metros                             |
| mg                           | miligramas                         |
| mg/dl                        | miligrama por decilitro            |
| mg/dia                       | miligrama por dia                  |
| mg.kg <sup>-1</sup>          | miligrama por quilograma           |
| min                          | min                                |
| ml                           | mililitros                         |
| mm                           | milímetros                         |
| M                            | concentração molar                 |
| nm                           | nanômetro                          |

|       |  |
|-------|--|
| NO    | óxido nítrico                                |
| PAR-Q | physical activity readiness questionnaire    |
| PLA   | placebo                                      |
| PSE   | percepção subjetiva de esforço               |
| R24   | recordatório 24 horas                        |
| RM    | repetição máxima                             |
| SNC   | sistema nervoso central                      |
| TBARS | substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico |
| TCLE  | termo de consentimento livre esclarecido     |
| µm    | micromol                                     |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....</b>                                    | <b>17</b> |
| 1.3.1 Objetivo geral.....   | 19        |
| 1.3.2 Objetivos específicos .....                                     | 19        |
| <b>1.4 HIPÓTESES.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                 | <b>20</b> |
| <b>2.1. SUPLEMENTAÇÃO COM CAFEÍNA E OS EFEITOS NO EXERCÍCIO .....</b> | <b>20</b> |
| <b>2.2. MECANISMOS DE AÇÃO .....</b>                                  | <b>23</b> |
| 2.2.1. Mobilização intracelular de Cálcio.....                        | 23        |
| 2.2.2. Aumento da expressão de catecolaminas.....                     | 24        |
| 2.2.3. Inibição da enzima fosfodiesterase .....                       | 25        |
| .....   | 26        |
| .....   | 26        |
| 2.2.4. Excitabilidade dos receptores de adenosina.....                | 26        |
| <b>2.3 ESTRESSE OXIDATIVO E EXERCÍCIO.....</b>                        | <b>27</b> |
| <b>2.4 TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO FORÇA E POTÊNCIA.....</b>        | <b>29</b> |
| <b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>                                     | <b>30</b> |
| <b>3.1 TIPO DO ESTUDO.....</b>  | <b>30</b> |
| <b>3.2 PARTICIPANTES.....</b>   | <b>31</b> |
| <b>3.3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....</b>                           | <b>32</b> |
| 3.3.1 Antropometria e composição corporal.....                        | 34        |
| 3.3.2 Protocolo de suplementação.....                                 | 35        |
| 3.3.3 Percepção subjetiva de esforço .....                            | 35        |
| 3.3.4 Teste de 10 repetições máximas (10-RM) .....                    | 36        |
| 3.3.5 Coleta de material biológico.....                               | 37        |
| <b>3.4 ANÁLISE DOS DADOS .....</b>                                    | <b>37</b> |
| <b>4 RESULTADOS .....</b>   | <b>38</b> |
| <b>5. DISCUSSÃO .....</b>   | <b>63</b> |
| <b>6. CONCLUSÃO .....</b>   | <b>67</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>68</b> |

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| <b>APÊNDICES.....</b> | <b>82</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>   | <b>90</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A cafeína é um alcaloide derivado das metilxantinas (1,3,7-trimetilxantina), sendo considerada a substância psicoativa mais utilizada em todo o mundo (SCHUBERT *et al.*, 2014). O motivo pelo qual a cafeína acaba sendo utilizada de maneira tão expressiva repousa sobre o fato de que esta substância está presente em diversos tipos de alimentos e líquidos que são habitualmente ingeridos tanto por desportistas quanto por indivíduos inativos. Além deste consumo tido como acidental, a cafeína também é comumente utilizada por equipes e desportistas com o objetivo de melhorar a performance esportiva (SOUZA-JUNIOR *et al.*, 2012b; ALI *et al.*, 2015; DIAZ-LARA *et al.*, 2016a).

Dentre os potenciais mecanismos responsáveis pela melhoria da performance associada a ingestão da cafeína podemos ressaltar a mobilização intracelular de cálcio ( $Ca^{++}$ ), afetando diretamente o limiar excitatório muscular, prolongando o período de ativação contrátil (BIANCHI, 1961), aumento nos níveis de secreção de catecolaminas das glândulas adrenais, as quais apresentam uma reação cálcio dependente (VON RUDEN e NEHER, 1993). A Inibição da enzima fosfodiesterase, promovendo uma otimização na oxidação de gorduras (DE TONI *et al.*, 2011) e atuando na redução do estresse oxidativo (PEIXOTO *et al.*, 2015) e pôr fim a excitabilidade dos receptores de adenosina (FREDHOLM, 1995), podendo promover melhorias no humor e na percepção subjetiva de esforço (ASTORINO e ROBERSON, 2010).

Grande parte dos estudos realizados com cafeína se preocupam em analisar seus efeitos sobre o aumento da performance em exercícios de endurance (ZHENG *et al.*, 2014; GLAISTER *et al.*, 2015; BEAUMONT e JAMES, 2017), as quais evidenciam a pertinência da cafeína enquanto recurso ergogênico. Entretanto, as pesquisas

conduzidas com relação a variável força ou potência (BECK *et al.*, 2006; ASTORINO *et al.*, 2008), corroboram com o surgimento de uma lacuna com relação aos efeitos da suplementação de cafeína para exercícios com ênfase anaeróbia, principalmente em decorrência de uma incerteza na dose utilizada e nos mecanismos responsáveis pela promoção da melhoria de performance (ASTORINO e ROBERSON, 2010), ressaltando que de maneira geral os mecanismos de ação são multifatoriais, combinando tanto respostas centrais quanto periféricas (CAPUTO *et al.*, 2012).

Pesquisas recentes também vêm demonstrando que o café apresenta uma capacidade antioxidante bastante pertinente (CHEN e KOTANI, 2015; SUGITA *et al.*, 2016). Tendo em vista que um dos principais componentes do café é a cafeína (HECKMAN *et al.*, 2010), apontamentos sugerem que esta ação antioxidante pode estar relacionada a ação da cafeína (CHEN e KOTANI, 2015). Exercícios físicos de alta intensidade aumentam significativamente os níveis dos ânions superóxido ( $O_2^-$ ) e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) (SOUZA JR. *et al.*, 2005), elevando assim todo o status de oxidação metabólica (ANDERSSON *et al.*, 2010). Portanto, compreender os potenciais benefícios da ingestão de cafeína em sua forma anidra na minimização dos riscos relacionados a níveis elevados de enzimas oxidativas pode ser interessante para a diminuição do quadro de lesões em decorrência do acúmulo de enzimas oxidativas (MARTINI *et al.*, 2016).

Outro ponto relevante que ainda precisa ser esclarecido é a relação entre a ingestão de cafeína e a glicemia (BEAM *et al.*, 2015). A existência de uma contradição entre os resultados relacionados ao perfil glicêmico e ação insulínica demonstrando por algumas pesquisas, onde alguns dados apontam um aumento da captação de glicose na região periférica após a suplementação (GRAHAM *et al.*, 2001), outros estudos demonstram uma ação prejudicial com relação à glicemia, (BEAUDOIN *et al.*, 2013) levanta uma questão pertinente com relação à sua ação e a seus mecanismos tanto durante momentos de atividade quanto de inatividade. Desta maneira, o objetivo do presente trabalho analisar o efeito agudo de diferentes doses de cafeína sobre a força máxima, balanço redox e possíveis alterações nas vias de produção de energia em

indivíduos recreacionalmente ativos e competidores de levantamento de peso submetidos a testes de força máxima.

## **1.2 PROBLEMA DE PESQUISA**

Tendo em vista que poucas pesquisas se preocupam em analisar os efeitos da cafeína sobre o desenvolvimento da força máxima (BECK *et al.*, 2006; ASTORINO *et al.*, 2008; MATTOS *et al.*, 2014; TREVINO *et al.*, 2015; BLOMS *et al.*, 2016) e ainda não existem apontamentos suportados pela literatura com relação à dose ideal, a presente pesquisa levanta o questionamento sobre os efeitos de diferentes doses de cafeína e seus mecanismos de ação sobre indivíduos recreacionalmente ativos e competidores de levantamento de força.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo geral**

Verificar se a suplementação aguda com diferentes doses de cafeína pode aumentar a força muscular e afetar o balanço redox em um protocolo de repetições máximas realizado por indivíduos recreacionalmente ativos

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Verificar se a suplementação com diferentes doses de cafeína melhora parâmetros de monitoramento da performance em um protocolo de força máxima.

Verificar se a suplementação com diferentes doses de cafeína causa mudanças na percepção subjetiva de esforço em um protocolo de repetições máximas.

Verificar a ação de diferentes doses de cafeína sobre o estresse oxidativo durante protocolo de força máxima.

## **1.4 HIPÓTESES**

H0: A suplementação com cafeína não influencia desempenho, percepção de esforço e balanço redox em um protocolo de repetições máximas

H1: A suplementação com cafeína apresenta melhora no desempenho, diminuição da percepção de esforço e causa alterações em parâmetros relacionados ao balanço redox em um protocolo de repetições máximas

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. SUPLEMENTAÇÃO COM CAFEÍNA E OS EFEITOS NO EXERCÍCIO**

A suplementação com cafeína tem sido amplamente estudada no que diz respeito a seus efeitos no desempenho humano (ANSELME *et al.*, 1992; KALMAR e CAFARELLI, 1999; SOKMEN *et al.*, 2008; GOLDSTEIN *et al.*, 2010). Seus efeitos aparentemente estão ligados a mecanismos de aumento da mobilização do Ca<sup>++</sup> intracelular, aumento na oxidação de ácidos graxos livres e como antagonista do receptor de adenosina no sistema nervoso central (SOUZA-JUNIOR *et al.*, 2012a). É um derivado da xantina, denominado 1,3,7-trimetilxantina, presente em vários produtos do consumo diário, medicamentos e suplementos (ALTIMARI *et al.*, 2000).

A absorção da cafeína ocorre de maneira relativamente rápida dentro do trato gastrointestinal, tendo o seu pico de concentração plasmática entre 15 e 45 min após a ingestão. (ASTORINO e ROBERSON, 2010). A metabolização do componente ocorre no fígado através da ação do citocromo P450 (WELSH *et al.*, 2010), formando os três componentes responsáveis pela ação da cafeína (Figura 1); teofilina, teobromina e paraxantina (GOLDSTEIN *et al.*, 2010). Cada uma destas substancias apresenta uma ação específica, sendo a paraxantina relacionada aos processos de lipólise através da estimulação da beta oxidação, a teobromina relacionada à dilatação dos vasos sanguíneos e ao aumento da diurese, e pôr fim a teofilina, responsável pelo relaxamento dos músculos lisos (ASTORINO e ROBERSON, 2010).

Figura 1. Metabolização da cafeína a partir da ação do citocromo P450

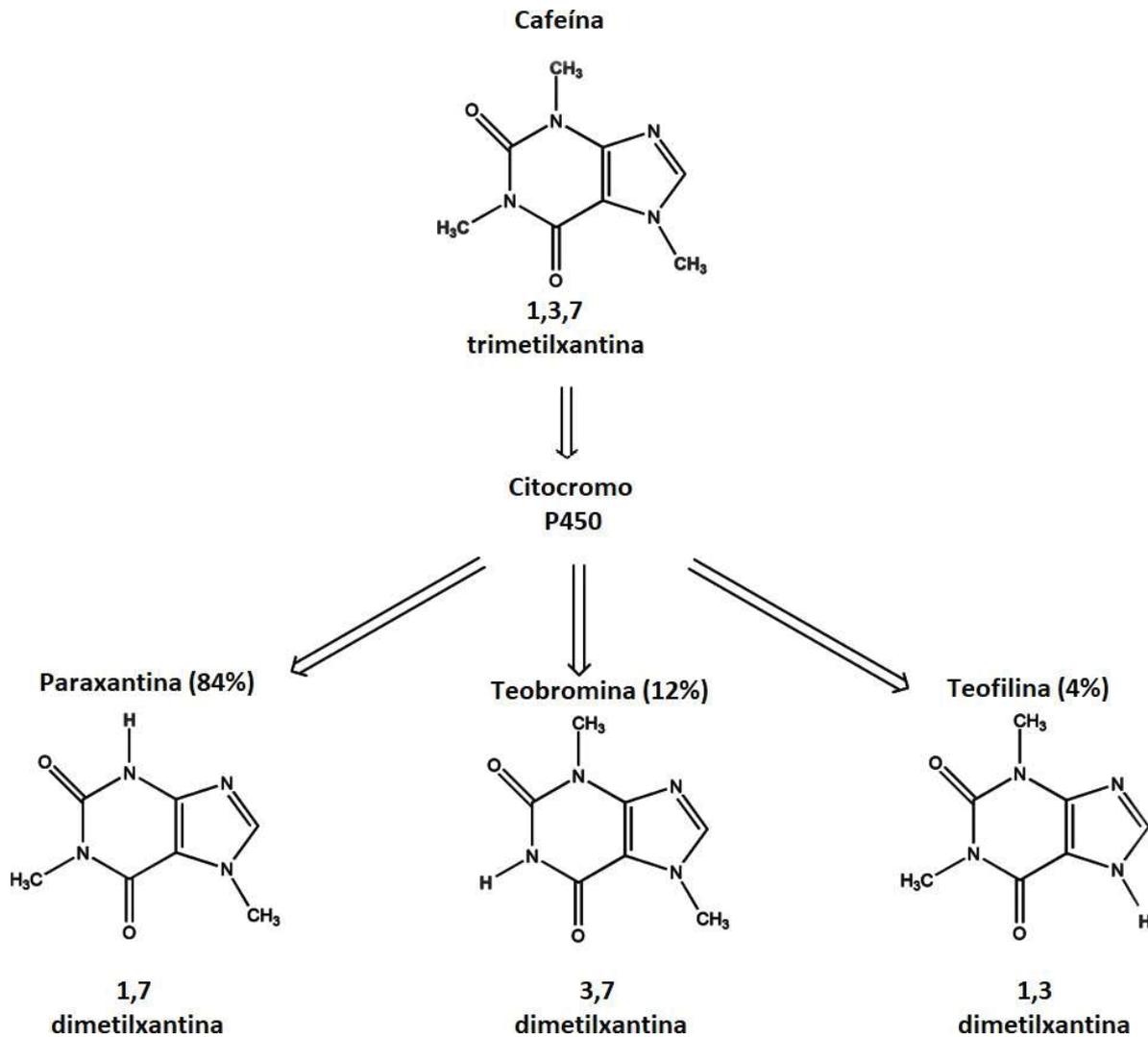


Figura 1- Metabolização da cafeína a partir do citocromo P450. Aproximadamente 84% da cafeína é convertida em paraxantina, 12% em teobromina e 4% em teofilina.

Fonte: O autor, 2018

Em decorrência da ação destas substâncias em nosso organismo, diversos efeitos da suplementação com cafeína vêm sendo apontados pela literatura, dentre os quais

podemos ressaltar a elevação na liberação de catecolaminas, as melhorias com relação ao tempo até fadiga, elevação nos níveis de foco, aumento da captação de oxigênio em decorrência da dilatação dos vasos sanguíneos e reduções significativas no que diz respeito à percepção subjetiva de esforço (ALTIMARI *et al.*, 2006; ASTORINO e ROBERSON, 2010; GOLDSTEIN *et al.*, 2010; SPRIET, 2014; DIAZ-LARA *et al.*, 2016b).

Dentre os mecanismos responsáveis pela ação da cafeína em nosso organismo, podemos ressaltar a elevação nos níveis de mobilização de Ca<sup>+</sup>, elevação na liberação de catecolaminas, inibição da enzima fosfodiesterase e a excitabilidade dos receptores de adenosina (ASTORINO e ROBERSON, 2010), entretanto a antes de compreender os mecanismos em seu integra, devemos entender que a magnitude de efeito desta suplementação é dependente de diversos fatores, tais como a intensidade em que o exercício é realizado, a duração e modo da atividade, a condição física em que o indivíduo apresenta, a dose ingerida e a frequência de utilização de alimentos ou bebidas contendo cafeína (SOUZA-JUNIOR *et al.*, 2012a).

Existem três formas usuais de se ingerir cafeína na forma de suplementação, sendo a primeira delas a partir da forma anidra, aonde é feita a ingestão a partir de capsulas contendo concentrações variadas, a ingestão através de bebidas contendo concentrações elevadas de cafeína em sua composição e a infusão de cafeína, porém, em decorrência da facilidade de ingestão, o consumo de cafeína na forma anidra se apresenta de forma promissora na utilização do componente como recurso ergogênico (GRAHAM e SPRIET, 1991; HIGDON e FREI, 2006; SOKMEN *et al.*, 2008). As doses necessárias para que se ocorra uma ação significativa variam entre 3 a 9 mg por quilo (kg) de peso corporal, com dados apontando doses de 6 mg como ideias para a melhoria de performance no endurance (DAVIS e GREEN, 2009; ASTORINO e ROBERSON, 2010; SOUZA-JUNIOR *et al.*, 2012a).

A cafeína como qualquer outro agente estimulador, quando ingerida em doses elevadas apresenta alguns efeitos adversos que devem ser levados em consideração. A partir da ingestão de doses elevadas de cafeína, os indivíduos mais sensíveis à suplementação podem apresentar uma elevação nos níveis de pressão arterial, arritmias cardíacas, elevação nos níveis de acidose gástrica e diurese (SOKMEN *et al.*, 2008), entretanto, indivíduos que consomem cafeína regularmente geralmente não apresentam

os sintomas citados anteriormente (CURATOLO e ROBERTSON, 1983; SOKMEN *et al.*, 2008).

Os benefícios relacionados a suplementação com cafeína em exercícios de endurance já estão bem estabelecidos perante a literatura, porém os efeitos da mesma sobre o treinamento de força, exercícios de alta intensidade e curta duração e exercícios de potência ainda são bastante inconclusivos (TRICE e HAYMES, 1995; ASTORINO e ROBERSON, 2010; SPRIET, 2014; DIAZ-LARA *et al.*, 2016b). Durante a realização de exercícios de alta intensidade, os efeitos da cafeína aparentam ter ligação com a extremidade mais periférica do corpo, mais precisamente dentro do músculo esquelético, onde a capacidade de geração de torque e duração da contração muscular aparenta apresentar melhorias significativas após a suplementação com cafeína (KALMAR e CAFARELLI, 1999; BELL *et al.*, 2001; CAPUTO *et al.*, 2012). Entretanto, muito embora a literatura apresente alguns resultados promissores com relação aos benefícios da suplementação de cafeína na performance de exercícios predominantemente anaeróbios, um maior número de evidências é necessário para que se compreenda os efeitos da suplementação de cafeína, incluindo diferentes doses e protocolos com o objetivo de efetivar a mesma enquanto recurso ergogênico para exercícios de alta intensidade de predominância anaeróbia (ASTORINO e ROBERSON, 2010).

## **2.2. MECANISMOS DE AÇÃO**

### **2.2.1. Mobilização intracelular de Cálcio**

Diversas ideias buscam explicar os motivos pelo qual a cafeína poderia ser efetiva no que diz respeito à performance, trazendo a ideia de mobilização intracelular de  $Ca^{++}$  como um dos norteadores da melhoria de performance (BIANCHI, 1961). O motivo pelo qual alguns autores relacionam o aumento da liberação de  $Ca^{++}$  a melhorias de performance repousa sobre a ideia de que a partir do incremento da mobilização de  $Ca^{++}$ , o limiar de excitabilidade muscular reduziria, permitindo assim que uma maior quantidade de unidades motoras seja recrutada, proporcionando uma maior efetividade e maior tempo de contração durante as contrações musculares (SLEPECKY *et al.*, 1988; TARNOPOLSKY e CUPIDO, 2000).

Um ponto importante de se ressaltar com relação à liberação de  $\text{Ca}^{++}$  é a relação entre a dose de cafeína e a quantidade de  $\text{Ca}^{++}$  liberada (ASTORINO e ROBERSON, 2010). Pesquisas vieram ao longo dos anos apontando uma relação dose dependente com relação a aumentos nas concentrações de  $\text{Ca}^{++}$  (KLEIN *et al.*, 1990), onde doses baixas ou médias de cafeína não se mostraram suficientes para aumentar os níveis de  $\text{Ca}^{++}$  celular, contrapondo doses mais elevadas, onde ocorreu uma liberação significativa de  $\text{Ca}^{++}$  (BIANCHI, 1961; KLEIN *et al.*, 1990; VON RUDEN e NEHER, 1993).

Sabe-se que a quantidade de íons de  $\text{Ca}^{++}$  atua diretamente na regulação da produção mitocondrial de ATP e no controle da atividade contrátil muscular (WUST *et al.*, 2017). Portanto, supõem-se que esse mecanismo atua diretamente sobre variáveis pertinentes a melhorias de performance (LEONARD *et al.*, 1987; TRICE e HAYMES, 1995; SOKMEN *et al.*, 2008; WOOLF *et al.*, 2008; SANTOS RDE *et al.*, 2013; ZHENG *et al.*, 2014).

### **2.2.2. Aumento da expressão de catecolaminas**

As catecolaminas são primordialmente produzidas na medula adrenal, sendo normalmente estimuladas quando o indivíduo é exposto a condições que fogem de seu controle ambiental (HENRY, 1992). Sabe-se que os estresses fisiológicos provocados pelo treinamento físico promovem a estimulação da medula adrenal, fazendo com que ocorra a liberação de duas catecolaminas, a adrenalina e a noradrenalina (HENRY, 1992; PAPADELIS *et al.*, 2003). Após a ativação das vias de sinalização das catecolaminas, o sistema cardiovascular e neuroendócrino trabalha na mobilização de energia tanto para os músculos quanto para o coração, reduzindo de maneira significativa o fluxo sanguíneo para os órgãos internos (LUNDBERG, 1984).

Alguns estudos vieram ao longo dos anos demonstrando uma relação entre a ingestão de cafeína e a liberação de catecolaminas (VON RUDEN e NEHER, 1993; BELL *et al.*, 2001; DAVIS e GREEN, 2009). De certa forma o mecanismo responsável por aumentar os níveis de catecolaminas no organismo é dependente do mecanismo que eleva as concentrações de  $\text{Ca}^{++}$ , pois através de uma reação  $\text{Ca}^{++}$  dependente, as

glândulas adrenais são estimuladas, promovendo a excreção de catecolaminas (VON RUDEN e NEHER, 1993).

No exercício físico, especula-se que esta maior quantidade de catecolaminas circulantes possa promover uma otimização dos processos glicolítico (COLLOMP *et al.*, 1991; ANSELME *et al.*, 1992), favorecendo a degradação do glicogênio e oferecendo uma maior quantidade de substrato energético para a realização do exercício físico (COLLOMP *et al.*, 1991; ZHENG *et al.*, 2014), elucidando a potencialidade da cafeína enquanto recurso ergogênico.

### **2.2.3. Inibição da enzima fosfodiesterase**

Uma das vias de ação mais pertinentes no que diz respeito a utilização da cafeína enquanto potencializado da performance de endurance é a via de inibição da enzima fosfodiesterase (LEONARD *et al.*, 1987; GRAHAM e SPRIET, 1991; ZHENG *et al.*, 2014). Sabemos que a partir do momento que a cafeína é sintetizada em nosso organismo, é possível verificar uma elevação nos níveis de adenosina monofosfato cíclico (AMPc) em nossa circulação (GRAHAM e SPRIET, 1991; ZHENG *et al.*, 2014). O aumento nos níveis de AMPc acabam por gerar a ativação da enzima adenilato-ciclase, promovendo uma ação lipolítica expressiva dentro do organismo. Essa ação promove um aumento da sensibilidade dos receptores  $\beta$ -adrenérgicos contido nos adipócitos às catecolaminas, promovendo uma maior oxidação de ácidos graxos (AG) tanto nos músculos quanto nos adipócitos (SILVA e ZANESCO, 2010).

A elevação dos níveis de ácidos graxos promove uma ação significativa da enzima Acil-CoA sintase, transformando os ácidos graxos em fontes de energia viáveis através dos processos de beta-oxidação e do ciclo de Krebs (MAUGHAN e SHIRREFFS, 1996; SILVEIRA e CURI, 2012) (Figura 2).

Figura 2 - Reação da ingestão de cafeína sobre os ácidos graxos.

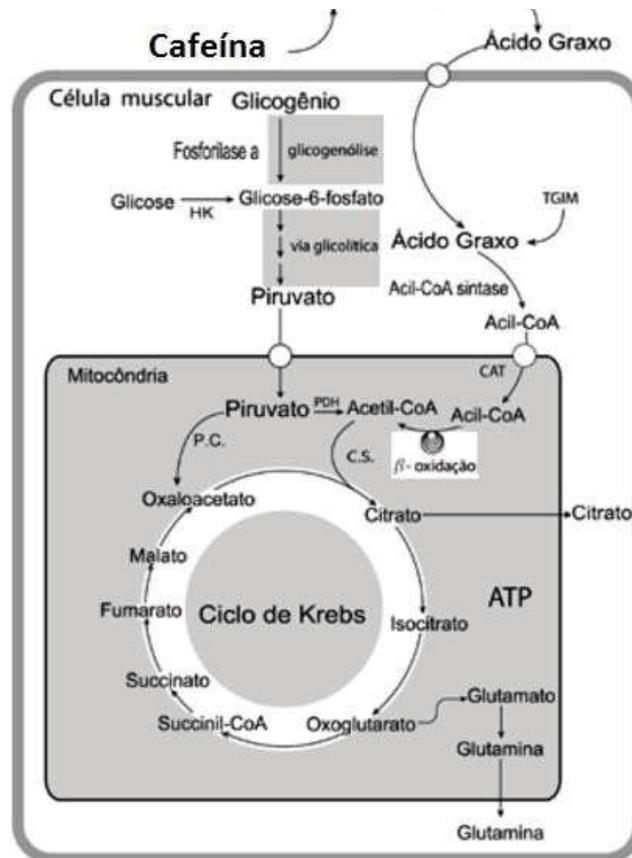


Figura 2. Figura adaptada de (CURI et al., 2003) demonstrando as ações relacionadas à ingestão de cafeína sobre as vias da beta oxidação e do ciclo de Krebs.

#### 2.2.4. Excitabilidade dos receptores de adenosina

O último mecanismo a ser abordado no presente estudo diz respeito à excitabilidade dos receptores de adenosina no cérebro. Um dos efeitos da cafeína se relaciona diretamente com as alterações nos níveis de humor e atenção (LEONARD et al., 1987), reações que são explicadas devido à similaridade entre as moléculas de cafeína e adenosina (FREDHOLM, 1995; PRASANTHI et al., 2010). Momentos após a suplementação com cafeína, algumas ações antagonistas à usual ocorre nos receptores de adenosina. Moléculas de cafeína se conectam aos receptores de adenosina, transformando um impulso que deveria provocar relaxamento em um impulso que promove atenção e alerta (FREDHOLM, 1995; PRASANTHI et al., 2010).

Diversas pesquisas vieram ao longo de tempo justificando o efeito da cafeína sobre a percepção subjetiva do esforço através do mecanismo antagonista aos dos receptores de adenosina no cérebro (FREDHOLM, 1995; GLAISTER *et al.*, 2008; DAVIS e GREEN, 2009; ASTORINO e ROBERSON, 2010; GOLDSTEIN *et al.*, 2010). Demonstrando que reduções na percepção subjetiva de esforço normalmente apresentam uma correlação positiva com relação a melhorias de performance (ASTORINO e ROBERSON, 2010; BEAUMONT e JAMES, 2017).

### **2.3 ESTRESSE OXIDATIVO E EXERCÍCIO**

Assumindo a ideia de que atividades físicas intensas possuem a capacidade de elevar os níveis de espécies reativas de O<sub>2</sub> (EROs) dentro do ambiente intracelular (SOUZA JR. *et al.*, 2005), devemos compreender que este é um processo natural e fundamental para que ocorram ajustes de nosso corpo ao exercício físico (POWERS *et al.*, 2016). As espécies reativas de oxigênio são moléculas altamente reativas ao oxigênio, apresentando uma capacidade bastante peculiar de retirar elétrons de outros componentes corporais (SOUZA JR. *et al.*, 2005). Dentre estes componentes podemos destacar dois elementos bastante pertinentes às condições oxidativas do organismo, sendo o ânion superóxido (O<sub>2</sub><sup>•-</sup>) e radical hidroxil (JACKSON *et al.*, 2016; POWERS *et al.*, 2016).

Usualmente o nosso organismo vive em uma condição conhecida como balanço redox, segundo a qual o nosso organismo trabalha a partir de constantes ajustes para que ocorra a manutenção de um balanço oxidativo (HE *et al.*, 2016). Tendo em vista que exercícios físicos e situações que exijam elevado nível de resposta aumentam significativamente os níveis de espécies reativas de oxigênio, atividades de intensidade elevada apresentam a possibilidade de promover um contrabalanceamento entre ações oxidantes e defesas antioxidantes, criando um status conhecido como estresse oxidativo (POWERS *et al.*, 2016). O estresse oxidativo é caracterizado por uma condição de elevadas concentrações de enzimas oxidativas no corpo, podendo acelerar os processos de dano celular através da promoção da apoptose celular (JACKSON *et al.*, 2016).

O excesso de enzimas oxidativas dentro do corpo normalmente apresenta uma associação bastante forte com os processos de fadiga, lesão muscular, overtraining e

overreaching (SOUZA JUNIOR e PEREIRA, 2008; PINHO *et al.*, 2010). Levando em consideração os potenciais riscos relacionados ao estresse oxidativo, a ciência vem buscando encontrar substâncias que possam reduzir os riscos relacionados a este acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROKITZKI *et al.*, 1994; CRUZAT *et al.*, 2007; SOUZA JUNIOR e PEREIRA, 2008; SILVESTRE *et al.*, 2014; YONEZAWA *et al.*, 2015). Em decorrência do elevado nível de vitalidade destas moléculas e a dificuldade em mensurar as mesmas, acabamos por utilizar alguns marcadores indiretos, como a superóxido dismutase, níveis de glutatona reduzida, ácido úrico, ferro, marcadores de lesão muscular como a creatina quinase (CK) e TNF- $\alpha$ , dentre outros (SOUZA JR. *et al.*, 2005; PINHO *et al.*, 2010; GARLIPP-PICCHI *et al.*, 2013).

Sabemos que exercícios de força máxima e potenciam quando realizados de maneira aguda promovem um estado de imunossupressão dentro de nosso organismo, o que nada mais é do que a exacerbação de espécies reativas de oxigênio circulando em nosso organismo (POWERS *et al.*, 2016). Entretanto, em decorrência do que foi denominado por Hans Selye de SAG (Síndrome da Adaptação Geral) (SELYE, 1946), é possível observar diferenças no que diz respeito aos níveis de oxidação em resposta a atividades físicas intensas entre indivíduos treinados e indivíduos destreinados (POWERS *et al.*, 2016), entretanto pouco se sabe sobre a diferença entre os indivíduos treinados recreacionalmente e atletas.

Nos últimos anos, mais atenção foi voltada para estudos que visavam analisar os efeitos de determinados tipos de suplementação sobre o estresse oxidativo. Em pesquisas recentes foi possível identificarem que bebidas que possuem a cafeína como principal componente apresentavam a capacidade de reduzir os danos provocados pelo estresse oxidativo (CHEN e KOTANI, 2015; SUGITA *et al.*, 2016). Em um estudo realizado com a suplementação de cafeína por meio de sua forma anidra foi possível verificar efeitos positivos com relação à redução das espécies reativas de oxigênio em um grupo sedentário (OLCINA *et al.*, 2006), entretanto, os resultados com relação a suplementação de cafeína na forma anidra ainda são inconclusivos, demonstrando que mais estudos são necessários para que se compreenda os efeitos antioxidantes da cafeína tanto durante o exercício físico quanto na ausência do mesmo (OLCINA *et al.*, 2006; PRASANTHI *et al.*, 2010; CHEN e KOTANI, 2015).

## 2.4 TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO FORÇA E POTÊNCIA

Força e potência são valências físicas necessárias para a grande maioria dos atletas de alto desempenho da atualidade (HÄKKINEN, 1989; ANDERSON *et al.*, 2008). A presente literatura vem ao longo dos anos demonstrando a importância das periodizações em treinamento de força e potência durante a vida competitiva em todas as modalidades desportivas (MATVEYEV, 1966; SCHOTT *et al.*, 1995; TAN, 1999; CAMPOS *et al.*, 2002; LAKE e LAUDER, 2012; SILVA *et al.*, 2014), pois a partir da mesma, atletas e indivíduos recreacionalmente ativos melhoram as suas chances de sucesso em atividades de alta intensidade e curta duração (SILVA *et al.*, 2014).

Diferindo dos treinamentos resistidos tradicionais, em especial os que possuem uma maior ênfase na hipertrofia em comparação a força e potência, acaba sendo comum visualizarmos intensidades mais baixas e volumes elevado durante as sessões de treinamento, contrapondo aos exercícios que visam o desenvolvimento de força e potência, onde se trabalha com intensidades bastante elevadas e volumes baixos (AHTIAINEN *et al.*, 2003). O motivo pelo qual isso ocorre é que a zona de estímulo entre o treinamento de força e o treinamento de hipertrofia é diferente, pois contrapondo as ações metabólicas do treinamento voltado a hipertrofia, os treinamentos de força e potência possuem uma predominância tensional, onde o objetivo é ativar mais unidades motoras para que a ação seja efetivada (AHTIAINEN *et al.*, 2003; HAFF e TRIPLETT, 2015).

Diversos estudos demonstraram diferentes métodos de se avaliar a força ou a potência de indivíduos, sejam eles treinados ou não (COMFORT *et al.*, 2014). De maneira geral, opta-se por utilizar protocolos de repetições máximas em exercícios que envolvam grandes grupamentos musculares, como agachamento (livre ou em máquina), supino reto e levantamento terra (BAKER e NANCE, 1999; COMFORT *et al.*, 2012; COMFORT *et al.*, 2014; HAFF e TRIPLETT, 2015; BAKER, 2017).

Podemos verificar uma associação entre os níveis de força em membros inferiores com a potência gerada pelos mesmos, fazendo com que indivíduos que apresentem um maior nível de força nos membros inferiores seja capaz de gerar mais potência durante

atividades de corrida de alta intensidade e curta duração quando comparado a aqueles indivíduos que apresentam níveis mais baixos de força (COMFORT *et al.*, 2012; COMFORT *et al.*, 2014). O mesmo ocorre com relação aos membros superiores, onde níveis mais elevados de força também representam níveis superiores no que diz respeito a geração de potência (COMFORT *et al.*, 2012).

Com o passar dos anos foi possível verificar algumas tentativas de avaliar os efeitos da suplementação com cafeína sobre a força tanto em população treinadas quanto inativas (TARNOPOLSKY e CUPIDO, 2000; ASTORINO *et al.*, 2008; SOKMEN *et al.*, 2008; ASTORINO e ROBERSON, 2010; TREVINO *et al.*, 2015; TREXLER *et al.*, 2016), entretanto os resultados obtidos ainda são bastante contraditórios, evidenciando a necessidade de controlar melhor os mecanismos e testar doses distintas para que se obtenha um melhor conhecimento da ação da cafeína dentro dos mecanismos de geração de força. Em 2010 foi proposto que alguns mecanismos poderiam ser os responsáveis pelo aumento da força, sendo a elevação das concentrações de  $Ca^{++}$  no organismo, maior recrutamento de unidades motoras durante o exercício físico, variâncias na biodisponibilidade de substrato energético e a redução da percepção subjetiva de esforço (ASTORINO e ROBERSON, 2010). Portanto, mais pesquisas visando a compreensão destes mecanismos dentro do desenvolvimento da força e da potência são essenciais para a justificativa da cafeína enquanto promotora de melhorias em exercícios com predominância anaeróbia.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 TIPO DO ESTUDO**

O estudo realizado foi formulado em cima de um modelo duplo cego cruzado-randomizado de caráter quase-experimental crossover (THOMAS *et al.*, 2005). Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Estadual do Centro Oeste, na cidade de Irati/PR. Cada voluntário foi convidado a participar do experimento e após concordância e cumprimento dos princípios de inclusão e exclusão do estudo, um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) foi assinado (Apêndice 1), no qual constam todas as informações sobre o estudo, exemplificando

sobre os possíveis benefícios e malefícios relacionados ao experimento estão expostos. No corpo de termo estarão contidas informações sobre o objetivo da pesquisa, seu significado, e o possível uso dos resultados, de acordo com a Resolução nº 466/2012 da CNS, o qual foi devidamente encaminhado ao Comitê de Ética da UFPR.

### **3.2 PARTICIPANTES**

Foram selecionados para compor a amostra do estudo dezesseis homens saudáveis, recreacionalmente ativos, apresentando as seguintes características:  $19,2 \pm 1,8$  anos,  $173,8 \pm 55$  cm,  $77,1 \pm 82$  kg de massa corporal,  $11,8 \pm 3,2$  % de gordura corporal,  $24,5 \pm 2,7$  de índice de massa corporal e um tempo médio de prática de atividades físicas de  $5,1 \pm 1,3$  horas por semana. Os participantes foram recrutados por conveniência, na Universidade Estadual do Centro-Oeste na cidade de Irati/PR. A amostra total para o presente estudo foi composta de dezesseis voluntários, de acordo com o cálculo obtido através do software Gpower® (versão 3.2), para um poder estatístico de 0,8, alfa de 0,05 e tamanho do efeito de 0,5 (COHEN, 1988).

O projeto em questão foi submetido ao Comitê de Ética da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e aprovado pela comissão avaliadora sobre o CAAE: 58116816.4.0000.0102. Todos os participantes da pesquisa assinaram um TCLE antes do início dos procedimentos experimentais. A participação no estudo foi de caráter voluntário, existindo a possibilidade de desistência durante qualquer momento do estudo.

Como critério de inclusão e exclusão do presente estudo se fez necessário que os indivíduos participantes fossem recreacionalmente ativos, treinando ao menos três vezes por semana nos últimos seis meses (BENEDETTI *et al.*, 2007). Os mesmos não apresentaram lesões ou problemas de saúde que limitassem ou impedissem a realização dos protocolos propostos pela pesquisa. Os participantes não puderam fazer o uso de qualquer substância ilegal ou medicamentos que buscassem melhorar a performance. Todos os participantes deveriam estar familiarizados com os exercícios e protocolos que foram propostos durante o período de intervenção. Durante a realização da

intervenção ocorreu a suspensão de suplementos e bebidas que apresentassem concentrações elevadas de cafeína.

### **3.3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS**

As coletas ocorreram no Departamento de Educação Física da UFPR, sendo que foram realizados quatro encontros com os participantes do estudo. Durante um primeiro momento foram explicados os objetivos e delineamento do estudo aos participantes, onde ocorreu a explicação sobre os mecanismos de ação, efeitos colaterais, contemplando os riscos e benefícios relacionados a suplementação com cafeína. Ainda durante o primeiro momento (D1) a amostra foi apresentada ao protocolo de 10-RM para os três exercícios que foram avaliados no presente estudo, realizando posteriormente a ancoragem da escala subjetiva de esforço OMNI (ROBERTSON *et al.*, 2003). Ainda no primeiro dia os participantes assinaram o TCLE, responderam a um questionário sobre os níveis de atividade física e horas praticadas (Apêndice 2) e receberam uma lista (Apêndice 3), contendo os alimentos que deveriam ser evitados durante o período de testes.

Após a seleção amostral do presente estudo, foram coletadas as medidas antropométricas para caracterização dos participantes, assim como uma entrevista com um nutricionista, buscando compreender os hábitos alimentares, consumo de alimentos ou suplementos que contenham cafeína. Foi solicitado aos participantes que mantivessem uma alimentação similar nos dias anteriores aos testes e que o uso de suplementos e outras substâncias que possam interferir no resultado do estudo fossem suspensos, tais como, suplementos pré-treinos, antioxidantes, álcool, bebidas energéticas, cafeína, entre outros.

Os testes foram divididos em três semanas (D2, D3 e D4) com intervalo de sete dias entre um teste e outro (Figura 3). No decorrer do estudo foram utilizadas duas doses distintas de cafeína, contendo 6 mg · kg de peso corporal ou 8 mg · kg de peso corporal (ASTORINO e ROBERSON, 2010; ASTORINO *et al.*, 2010). Como o estudo seguiu um modelo duplo cego cruzado randomizado, foi acrescentado uma análise com placebo (PLA), constituído a partir de substancia inerte. Para uma melhor identificação dos

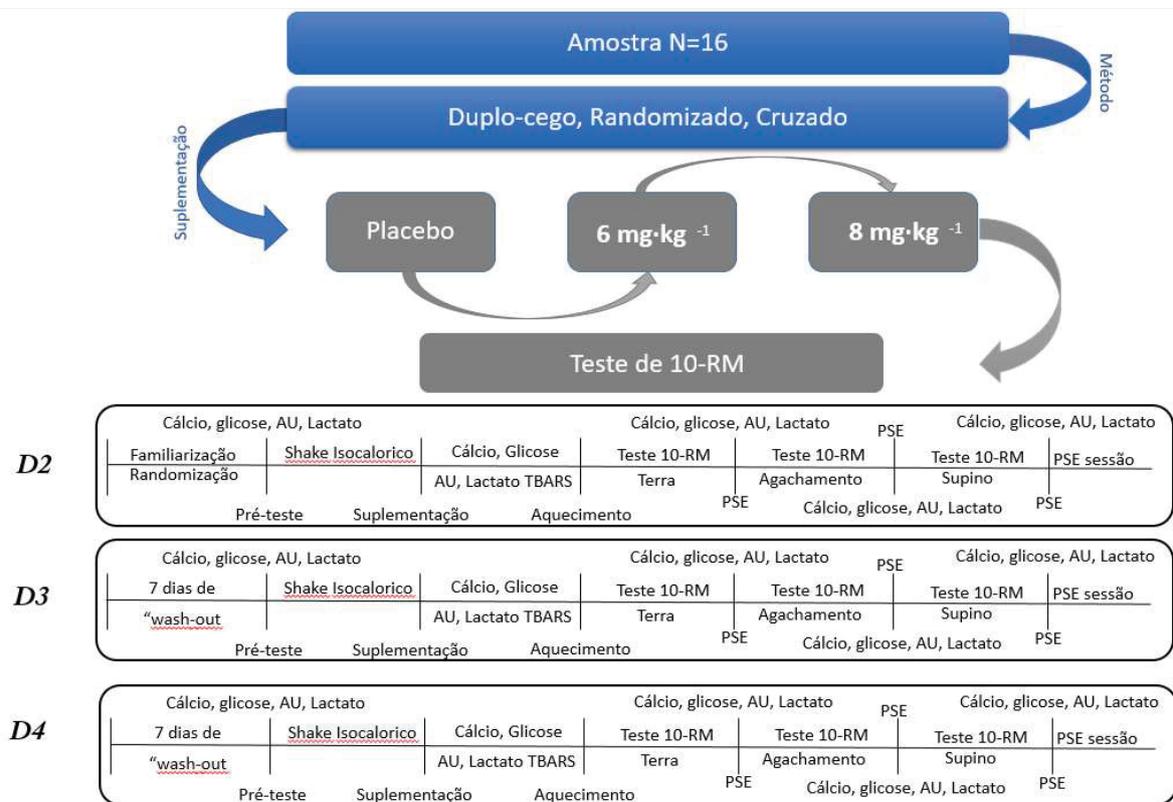
grupos o grupo controle (GC) foi o grupo que ingeriu o placebo, o grupo 1 foi o grupo ingerindo 6 mg · kg de peso corporal (CAF-1) e o G2 foi o grupo que ingeriu 8 mg · kg de peso corporal (CAF-2), onde em um momento o sujeito estará ingerindo placebo, participando do GC e passando tanto pelo CAF-1 quanto pelo CAF-2 no decorrer das 3 semanas de pesquisa como observado na Figura 2. Foi utilizado um “wash out” de 7 dias para a realização da nova sessão de testes com inversão de grupos (ASTORINO *et al.*, 2010)

Um recordatório alimentar (R24) foi realizado com todos os participantes da pesquisa (PEDRAZA e MENEZES, 2015) fornecendo uma estimativa de calorias consumidas por parte dos componentes da amostra. Após a explicação do protocolo R24, foi feita uma recomendação para que os participantes que mantivessem os hábitos normais de alimentação evitando alimentos que contivessem cafeína dois dias antes da realização dos testes. Foi solicitado para que todos os componentes da amostra chagassem ao laboratório com um jejum de 8 horas antes da bateria de testes. Assim que os indivíduos chegaram ao laboratório, foram coletados os valores basais para glicemia, lactato, LDH, Ca<sup>++</sup>. Após a coleta inicial foi ofertada um shake isocalórico para todos os participantes, contendo 40 gramas de maltodextrina e 40 gramas de dextrose (PASCOE e GLADDEN, 1996; VOLEK, 2004; BEAM *et al.*, 2015). Quinze min após a suplementação com carboidratos foi oferecido alguma das três substâncias para o indivíduo (placebo, 6/8 · kg de peso corporal de cafeína). Trinta min após a ingestão da cafeína foram coletados os valores relacionados à glicemia, lactato sanguíneo, Ca<sup>++</sup>, LDH, TGL, ácido úrico e CK. Após a segunda coleta sanguínea foram realizados os protocolos de 10 repetições máximas (BRZYCKI, 1993; DOHONEY *et al.*, 2002) no supino reto, no agachamento e no levantamento terra (LESUER *et al.*, 1997) com intervalos de cinco min entre um exercício e outro. Entre cada um dos exercícios foi feita uma coleta de sangue para analisar os níveis glicêmicos, o lactato, a LDH, o TGL e a PSE. 5 min após a realização de todos os exercícios foi coletado a PSE da sessão, glicemia, lactato sanguíneo, Ca<sup>++</sup>, LDH, TGL, ácido úrico (AU) e CK.

Os participantes foram orientados a evitar uma lista de alimentos e bebidas que contenham concentrações elevadas de cafeína durante a realização do estudo. Foi

solicitado também a suspensão da utilização de qualquer suplemento suplementos que pudesse afetar o desempenho durante a semana que antecedia aos testes, tais como creatina, beta-alanina e pré-treinos. A amostra foi instruída a não realizadas atividades físicas vigorosas no período de 24 h que antecederam a execução dos testes, pois aspectos de fadiga poderiam afetar os resultados do mesmo.

Figura 3 – Esquema para a coleta de dados



### 3.3.1 Antropometria e composição corporal

Utilizando roupas leves os participantes da amostra foram instruídos a chegar ao laboratório em uma situação de jejum de pelo menos oito horas, tendo evitado atividades físicas intensas nas últimas 48 horas que antecederam o dia de testes. A massa corporal total, a percentagem de gordura e o IMC foram mensurados a partir de uma

bioimpedância tetra polar Tanita-BIA (Model TFB-310 Tanita ®) e a altura foi mensurada a partir de um estadiômetro (Holtain Harpen ®) fixado na parede seguindo um protocolo padronizado (AROOM *et al.*, 2009; MELO *et al.*, 2014)

### **3.3.2 Protocolo de suplementação**

A suplementação do shake isocalórico foi realizada logo após a coleta dos valores em jejum, misturando 40 gramas de maltodextrina e 40 gramas de dextrose a 200 ml de água, totalizando 380 kcal. Quinze min após o shake isocalórico foi oferecida a segunda parte da suplementação, contendo doses distintas de cafeína ou placebo. O suplemento e o placebo foram produzidos em farmácias de manipulação devidamente regulamentadas e registrados pelos devidos órgãos competentes. O suplemento foi colocado em capsulas, contendo 6 ou 8 mg de cafeína para cada kg corporal do participante, no caso do placebo foi adicionado uma substância inerte para sua confecção. A suplementação de cafeína foi feita na forma anidra, pois de acordo com pesquisas realizadas, está é a forma mais viável e eficiente no que diz respeito à praticidade fomentando a performance (SOUZA-JUNIOR *et al.*, 2012a). Doses entre 6 a 8 mg de cafeína por kg de peso corporal são consideradas doses regulares de cafeína e parecem ser suficientes para promover o aumento do desempenho (DAVIS e GREEN, 2009). A ingestão foi feita 30 min antes do início dos protocolos, pois como já verificado em outros estudos, é entre 15 e 45 min que ocorre o pico plasmático da cafeína em nosso organismo (ALTIMARI *et al.*, 2006). Foi dado um período de *wash-out* de sete dias, após esse período, os grupos placebo e suplementação foram alternados (ZERAATPISHE *et al.*, 2015).

### **3.3.3 Percepção subjetiva de esforço**

A percepção foi registrada através da escala de esforço percebido OMNI de 0 a 10 pontos. Os participantes foram familiarizados com o método durante o primeiro dia, onde foram explicados o que cada valor da escala significa (ROBERTSON *et al.*, 2003). As coletas foram realizadas imediatamente após os protocolos de 10 repetições máximas, fazendo uma nova análise 10 min após o último teste de repetições máximas,

buscando compreender os valores de PSE da sessão. Durante esse momento os participantes responderam à questão, “Qual foi o grau de dificuldade para a realização deste teste? ”.

#### **3.3.4 Teste de 10 repetições máximas (10-RM)**

Respeitando a literatura anterior, selecionamos três exercícios compostos (supino reto, agachamento livre e levantamento terra) que possuem uma boa associação com o teste de força máxima (LESUER *et al.*, 1997). Buscando encontrar os valores de 1-RM dos indivíduos, optou-se por utilizar um protocolo de 10-RM, onde a possibilidade de subestimar ou superestimar a força dos indivíduos é reduzida. O protocolo para a realização do teste é bastante simples, pois a partir de uma carga arbitrária (aproximadamente 70-75% de 1-RM do indivíduo) é solicitado que o mesmo execute quantos movimentos aguentar até atingir a exaustão (respeitando o limite de 10 repetições). Após o término do teste, o peso levantado é multiplicado por um coeficiente proposto por (BAECHLE *et al.*, 2008) com relação a quantas vezes o indivíduo ergueu aquela carga, fornecendo um valor estimado de quando seria a 1-RM em determinado teste.

A extensão do movimento a ser realizado foi analisada por dois avaliadores, visando sempre a amplitude máxima do movimento, fazendo com que a barra do supino toque o peito todas as repetições e fazendo com que durante o agachamento, seja obtido um ângulo de 90 graus entre quadril e joelho durante a fase excêntrica do movimento (BAECHLE *et al.*, 2008).

Antes da aplicação do teste, os participantes realizaram um aquecimento de cerca de 5 min a 60 RPM no ciclo ergômetro (ASTORINO *et al.*, 2010). Ainda durante a primeira sessão era realizada uma sessão de familiarização para com os exercícios, e caso o participante sentisse algum desconforto e achasse necessário, o teste era interrompido e os devidos cuidados eram tomados junto ao indivíduo. Além do controle sobre a força apresentada pelo indivíduo, a PSE foi analisada após o final de cada série de exercício somado à uma análise final 10 min após todos os testes, fornecendo os valores relativos à PSE da sessão.

### **3.3.5 Coleta de material biológico**

As coletas foram realizadas por um profissional especializado e devidamente gabaritado da área médica, as amostras de sangue foram coletadas em veia localizada na região do antebraço, através de kits de Vacutainer preparados com o anticoagulante EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético), para evitar contaminação adicional de espécies ferrosas. Imediatamente após a coleta, o material sanguíneo foi centrifugado (5000 rpm, RT, 10min) para isolamento do plasma e este armazenado a -80°C até o momento de suas análises.

Foram realizadas as análises do ferro total, ácido úrico, atividade de xantina oxidase e atividades enzimáticas de creatina quinase e lactato desidrogenase, pois estes são importantes marcadores de lesão muscular (HENRY, 1992). As amostras plasmáticas foram mantidas em banho de gelo (ou geladeira a 4 °C) desde a coleta até o momento de ensaio, preferencialmente no intervalo de 12 h.

As amostras excedentes foram descartadas após as análises, em observância às normas vigentes e respeitando-se a confidencialidade e a autonomia do participante da pesquisa.

### **3.4 ANÁLISE DOS DADOS**

Todos os dados foram expressos em média e desvio padrão  $\pm$  (DP). A normalidade da distribuição dos dados foi analisada a partir de um teste de Shapiro-Wilk, restando assim a hipótese nula do trabalho. Os dados obtidos foram analisados através de uma ANOVA de medidas repetidas, empregando um post hoc de Bonferroni. Todas as análises foram realizadas no software SPSS® (versão 22.0) e os gráficos plotados a partir do software Graphpad Prism® (versão 6.0). Para verificar a magnitude de efeito (Diferença entre os testes dos grupos CAF-1/CAF-2 e grupo PLA divididas pelo DV do grupo PLA) foi calculado para força, lactato, glicemia, AU, CPK, TGL, e TBARS utilizando-se da escala proposta por Rhea (RHEA, 2004). O nível alpha de significância será de  $P < 0,05$ , com intervalo de confiança de 95%.

#### 4. RESULTADOS

Na Tabela 1 são apresentados os dados referentes à média e DP da idade, altura, massa corporal, percentual de gordura (%BF), índice de massa corporal (IMC) e tempo em atividade física durante a semana.

Tabela 1 - Características dos participantes (n=16)

| VARIÁVEIS                                       | MÉDIA ± DP  |
|---|-------------|
| Idade (anos)                                    | 19,2 ± 1,8  |
| Altura (cm)                                     | 173,8 ± 5,5 |
| Massa corporal (kg)                             | 77,1 ± 8,2  |
| Percentual de Gordura (%BF)                     | 11,8 ± 3,2  |
| IMC   | 24,5 ± 2,7  |
| Nível de atividade física (h·wk <sup>-1</sup> ) | 5,1 ± 1,3   |

\* Os valores estão apresentados em média e desvio padrão (DP)

Não foram observadas diferenças significativas no que diz respeito aos hábitos alimentares no dia que antecedeu aos testes (Tabela 2). De toda a amostra, 37,5% dos participantes identificaram a cafeína durante o CAF-1 e 43,7% da amostra identificou a substância durante o CAF-2. O principal motivo para a identificação da substância foi devido ao aumento da ansiedade apresentado após a ingestão da substância. Os participantes não reportaram nenhum outro efeito colateral.

Tabela 2. Estimativa de calorias consumidas 24 horas antes dos testes

|      | R24 do Teste 1 | R24 do Teste 2 | R24 do Teste 3 |
|------|----------------|----------------|----------------|
| kcal | 2587 ± 430     | 2375 ± 441     | 2690 ± 355     |

\* Os valores estão apresentados em média e desvio padrão (DP)

Na Tabela 3 são apresentados os dados referentes aos valores médios obtidos através da estimativa de cafeína consumida diariamente por parte dos participantes.

Tabela 3 - Estimativa de consumo de cafeína diário

| VARIÁVEIS   | MÉDIA ± DP  |
|---|-------------|
| Consumo estimado de cafeína (mg)/dia  | 94 ± 62,5   |
| Consumo estimado de cafeína por kg de massa corporal (mg.kg <sup>-1</sup> ) | 1,21 ± 0,66 |

\*Os valores estão apresentados em média e desvio padrão (DP)

Foram estimados os valores de 1-RM após a realização dos protocolos de 10-RM nos exercícios de supino, agachamento e levantamento terra. Os valores estão apresentados nos gráficos a seguir em valores de média e desvio padrão para ambos os tratamentos, placebo, CAF-1 e CAF-2. No Gráfico 1 é possível verificar uma diferença significativa com relação à força no supino reto entre o GC e o CAF-2 (94,3kg ± 3,2kg para 101,4kg ± 3,4kg com  $p < 0.05$ ; ES = 0,74). Não ocorreram diferenças significativas entre Placebo e CAF-1 ou CAF-1 e CAF-2 ( $p > 0.05$ ).

Gráfico 1 - Efeito de diferentes suplementações com CAF na força do supino reto.

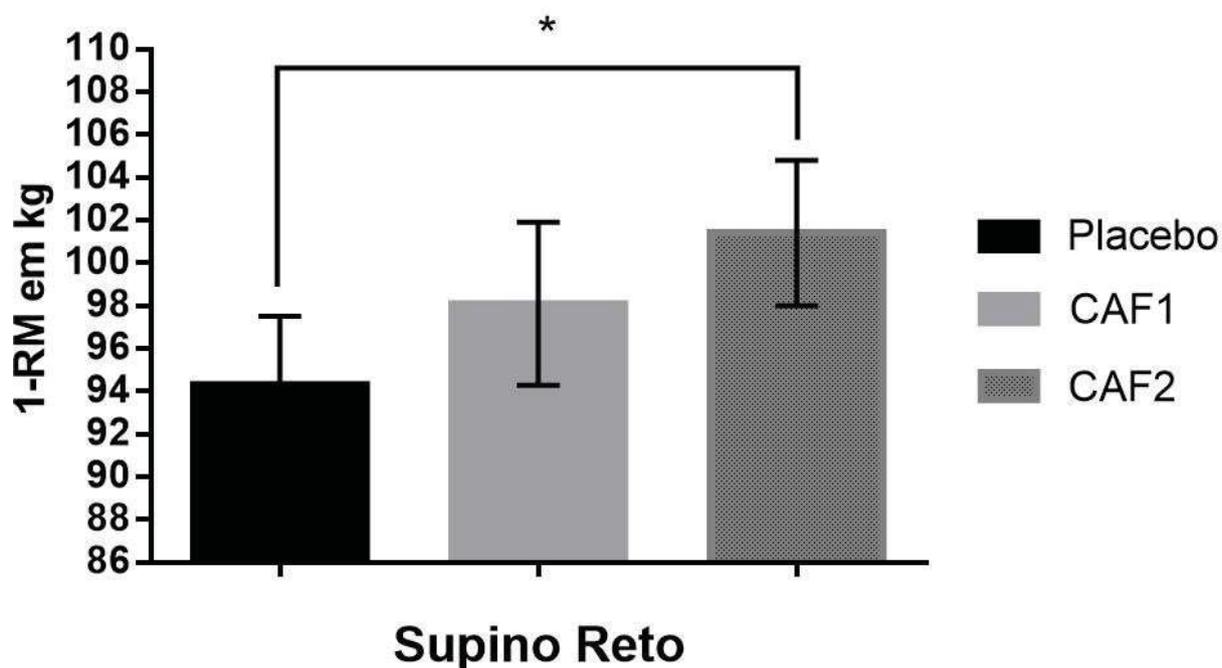


Gráfico 1 - Média dos valores de 1-RM no supino reto para as condições placebo, CAF-1 e CAF-2. \* CAF-2 diferente de PLA no valor de 1-RM no supino ( $p < 0.05$ ).

Os valores referentes a 1-RM obtida durante o levantamento terra pode ser observado no Gráfico 2, onde é possível observar um aumento significativo da força durante CAF-2 em comparação ao PLA ( $120,7 \pm 7,7$  para  $136,3 \pm 7,09$  com  $p < 0.05$ ; ES = 0,73). Nenhuma outra diferença significativa pode ser observada entre PLA, CAF-1 e CAF-2.

Gráfico 2 - Efeito de diferentes suplementações (PLA/CAF) na força do levantamento terra.

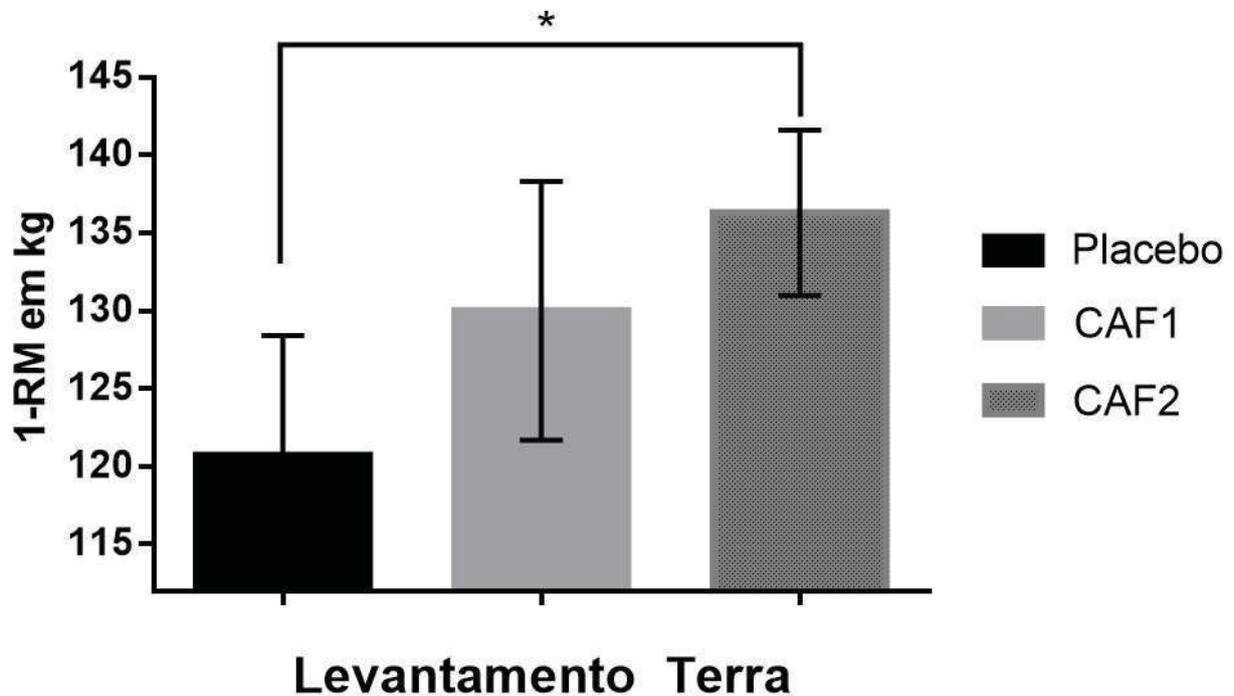


Gráfico 2 - Média dos valores de 1-RM no levantamento terra para as condições placebo, CAF-1 e CAF-2. \* CAF-2 diferente de PLA no valor de 1-RM no levantamento terra ( $p < 0.05$ ).

No Gráfico 3 é possível verificar os efeitos de diferentes tipos de suplementação sobre a força de 1-RM no agachamento. Podemos verificar uma diferença significativa no que diz respeito ao aumento de força durante CAF-2 em comparação com PLA ( $119.4 \pm 7.4$  para  $132.1 \pm 5.2$  com  $p < 0.05$ ;  $ES = 0,70$ ). Nenhuma outra diferença significativa pode ser verificada entre PLA, CAF-1 e CAF-2 ( $p > 0.05$ ).

Gráfico 3 - Efeito de diferentes suplementações (PLA/CAF) na força do agachamento.

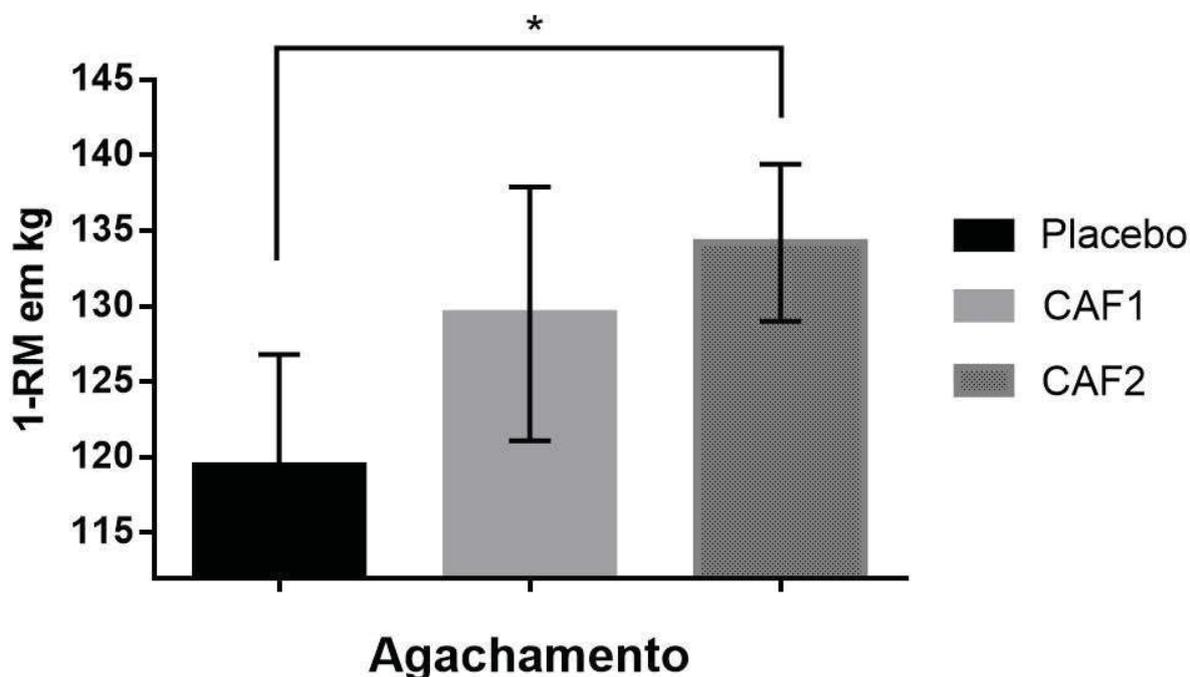


Gráfico 3 - Média dos valores de 1-RM no agachamento para as condições placebo, CAF-1 e CAF-2. \* CAF-2 diferente de PLA no valor de 1-RM no levantamento terra ( $p < 0.05$ ).

Os parâmetros fisiológicos relacionados à liberação de  $Ca^{++}$ , lactato, glicemia, TGL, estão apresentados nos gráficos a seguir seguindo um modelo de média  $\pm$  DP. O Gráfico 4 apresenta os valores relativos à liberação de cálcio antes e após a suplementação com PLA ou diferentes doses de cafeína. É possível verificar um aumento significativo nos níveis de cálcio durante o período pós suplementação em CAF-2 comparado a PLA ( $8,4 \pm 0,32$  mg/dl para  $10,4 \pm 0,44$  mg/dl com  $p < 0.01$ ; ES = 0,92) e entre CAF-2 e CAF-1 ( $8,8 \pm 0,36$  mg/dl para  $10,4 \pm 0,44$  mg/dl com  $p < 0.05$ ; ES = 0.88).

Gráfico 4 - Efeito de diferentes suplementações (PLA/CAF) na liberação de cálcio.

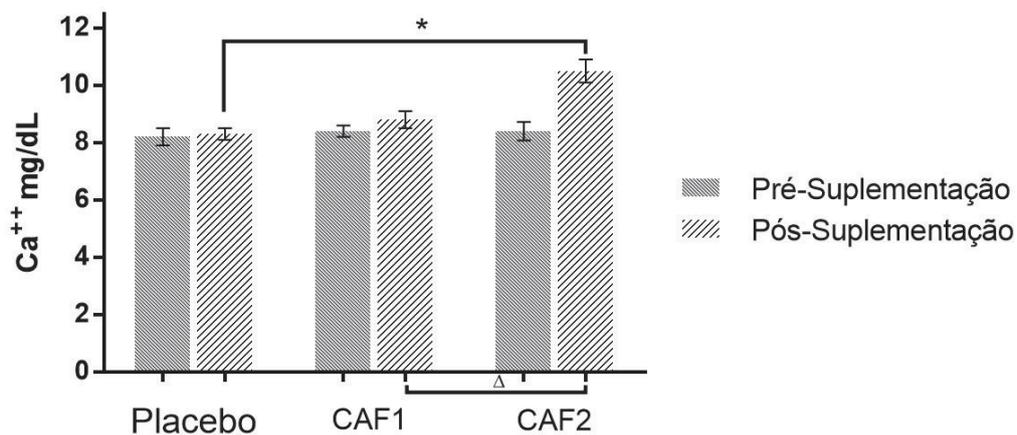


Gráfico 4 – Efeito de diferentes doses de cafeína ou placebo na liberação de cálcio 40 min após a suplementação. \*  $p=0.01$  entre as condições PLA e CAF-2 durante o momento pós-suplementação.  $\Delta p < 0.05$  entre as condições CAF-1 e CAF 2 no pós suplementação.

No Gráfico 5 é possível verificarmos o comportamento do cálcio após a suplementação com placebo e durante os 3 testes de repetições máximas, apresentando uma diferença significativa nos níveis de cálcio após a realização do primeiro teste ( $8,4 \pm 0,32$  mg/dl para  $8,9 \pm 0.20$  com  $p < 0.05$ ;  $ES = 0.68$ ). Nenhuma outra diferença estatística foi verificada ( $p > 0.05$ ).

Gráfico 5 - Comportamento do cálcio pós suplementação com PLA e testes de força máxima.

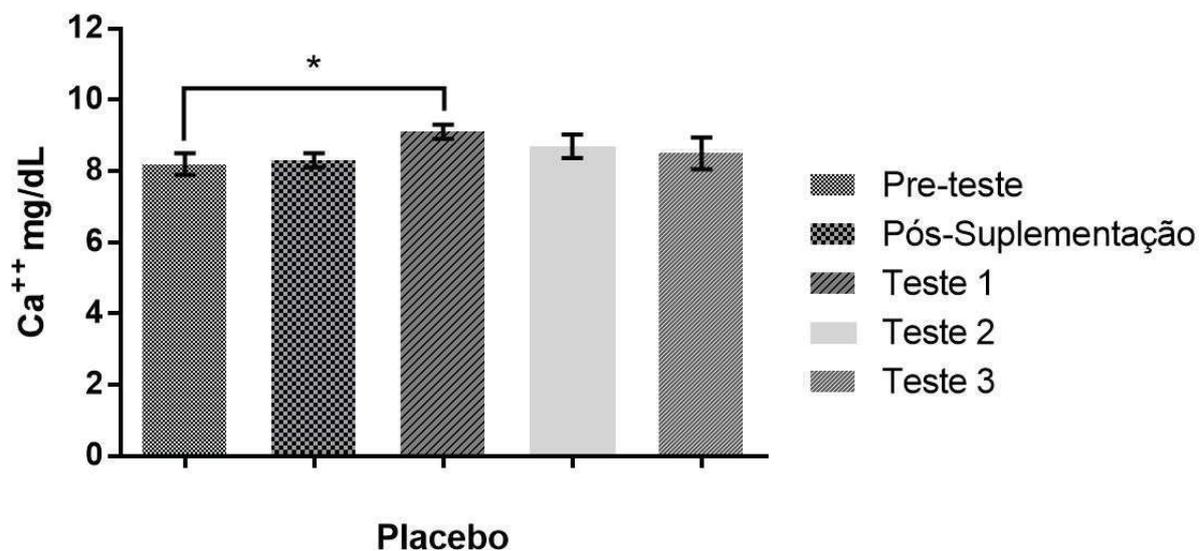


Gráfico 5 - Comportamento do cálcio durante o pós suplementação e testes de força máxima. \*  $p < 0.05$  entre o teste 1 e o pré-teste.

No Gráfico 6 podemos verificarmos o comportamento do cálcio após a suplementação com CAF-1 e durante os 3 testes de repetições máximas, apresentando uma diferença significativa nos níveis de cálcio após a realização do teste 1 ( $8,4 \pm 0.31$  para  $9,1 \pm 0.27$  com  $p < 0.05$ ; ES = 0,76). Nenhuma outra diferença estatística foi verificada ( $p > 0.05$ ).

Gráfico 6 - Comportamento do cálcio pós suplementação com CAF-1 e testes de força máxima.

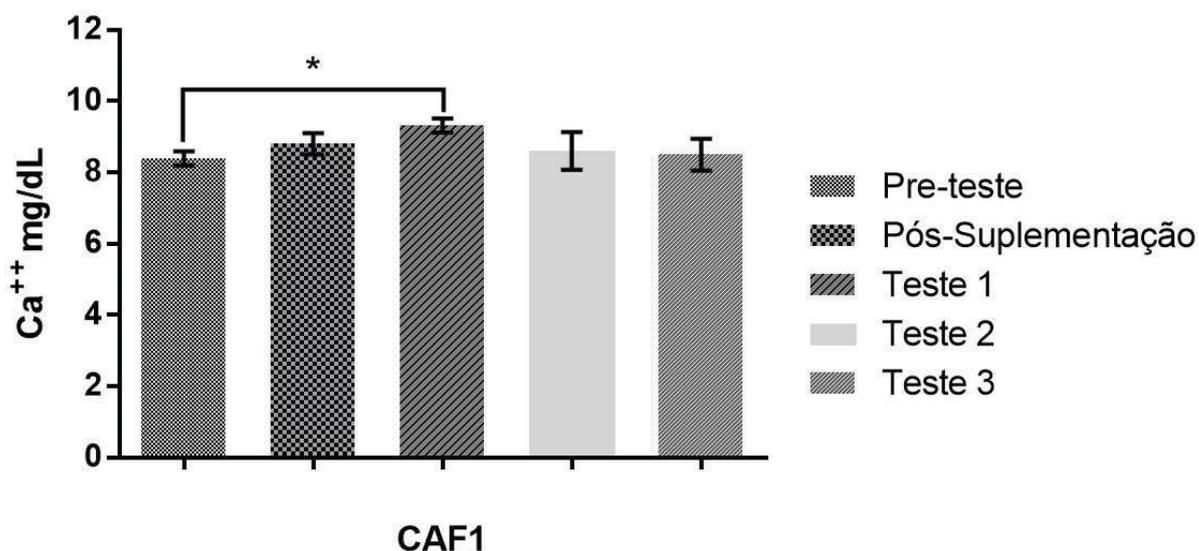


Gráfico 6 - Comportamento do cálcio durante o período pós suplementação e testes de força máxima. \*  $p < 0.05$  entre o teste 1 e o pré-teste.

No Gráfico 7 é possível verificarmos o comportamento do cálcio após a suplementação com CAF-2 e durante os 3 testes de repetições máximas, apresentando uma diferença significativa entre os níveis de cálcio durante o momento pré e pós suplementação ( $8,5 \pm 0,25$  para  $10,4 \pm 0,44$  mg/dl com  $p=0.001$ ; ES =0,93). Também é possível verificar uma diferença estatisticamente significativa entre o pré-teste e o teste 1 durante CAF-2 ( $8,5 \pm 0,25$  para  $10,8 \pm 0,26$  com  $p=0,001$ ). Por fim, foi possível verificar uma diferença significativa entre o momento pré-teste e o teste 2 ( $8.5 \pm 0.25$  para  $9.3 \pm 0.39$  com  $p=0.041$ ; ES =0,73). Nenhuma outra diferença significativa foi verificada.

Gráfico 7 - Comportamento do cálcio pós suplementação com CAF-2 e testes de força máxima.

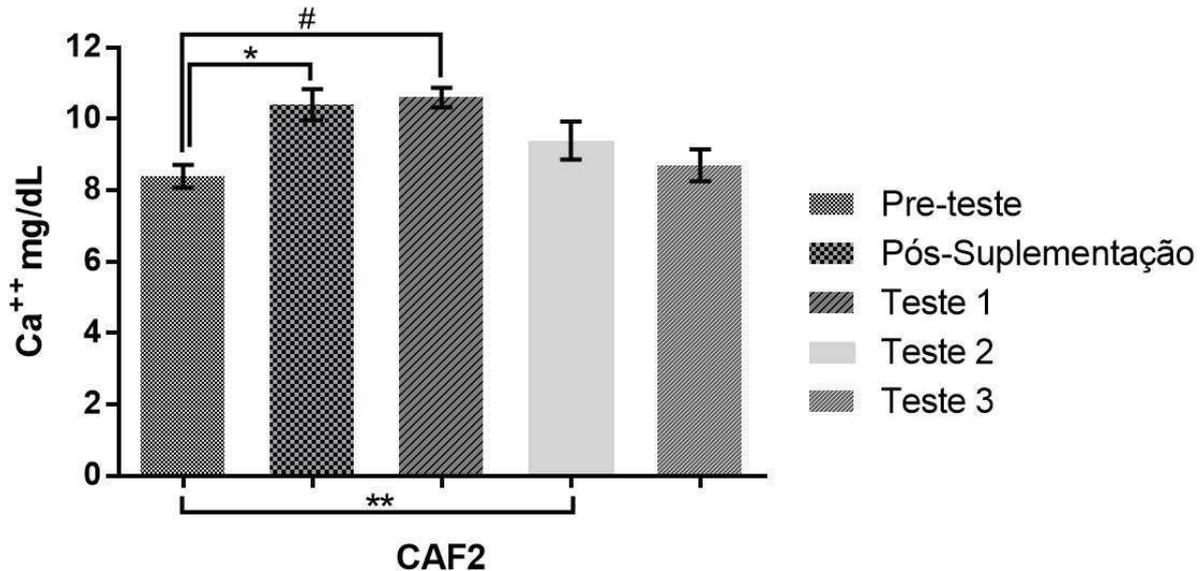


Gráfico 7 - Comportamento do cálcio durante o pós-suplementação e testes de força máxima. \*  $p=0,001$  entre o pré-teste e o pós-suplementação. #  $p=0,001$  entre o pré-teste e teste 1. \*\*  $p<0,05$  Diferente de pré-teste.

É possível verificarmos o comportamento da glicemia durante os momentos PLA, CAF-1 e CAF-2 nos gráficos a seguir. No Gráfico 8 podemos visualizar os resultados relativos à glicemia durante a suplementação com PLA, apresentando uma diferença significativa entre a glicemia de jejum e a de 40 min pós-suplementação ( $92,1 \pm 12,2$  para  $141,5 \pm 25$  mg/dl com  $p=0,013$ ; ES = 0,78). Também foi possível verificar uma diferença significativa entre a glicemia do pós-exercício 3 em comparação com o pós-suplementação e pós exercício 1 ( $73,1 \pm 14,3$  para  $141,5 \pm 25$  mg/dl com  $p=0,02$  e  $73,1 \pm 14,3$  para  $127,3 \pm 22$  mg/dl com  $p<0,05$  respectivamente).

Gráfico 8 - Comportamento da glicemia no grupo PLA durante o jejum, pós-suplementação e pós exercícios físicos.

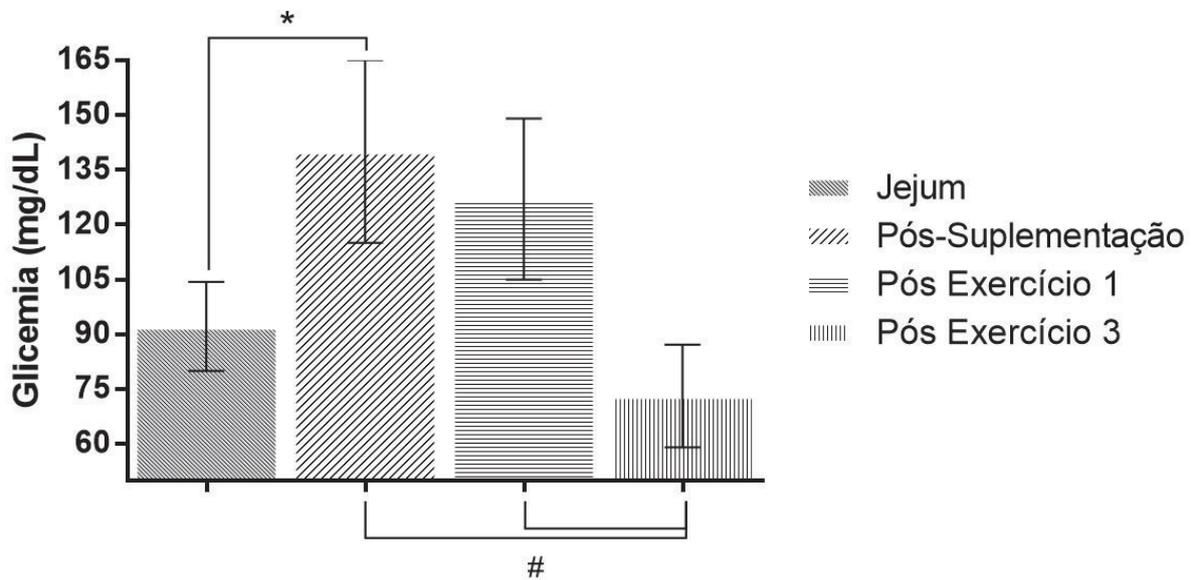


Gráfico 8 - Análise do comportamento da glicemia durante períodos de jejum, pós-suplementação e pós exercícios propostos. \*  $p=0,013$  entre jejum e pós-suplementação. #  $p<0,05$  entre o período pós exercício 3 e pós exercício 1.  $p=0,02$  entre o pós exercício 3 e o pós-suplementação.

No Gráfico 9 é possível verificar o comportamento da glicemia durante a suplementação com CAF-1. Podemos visualizar uma diferença significativa nos valores referentes à glicemia de jejum e a de pós-suplementação durante CAF-1 ( $86 \pm 16,2$  para  $138 \pm 21,5$  mg/dl com  $p \leq 0,013$ ; ES = 0,76). Também foi possível verificar uma diferença significativa entre os valores da pós-suplementação com o exercício 3 ( $138 \pm 21,5$  para  $86,1 \pm 11,2$  com  $p=0,001$ ; ES = 0,83). Nenhuma outra diferença significativa foi observada durante a análise dos dados ( $p>0,05$ ).

Gráfico 9 - Comportamento da glicemia no grupo CAF-1 durante o jejum, pós-suplementação e pós exercícios físicos.

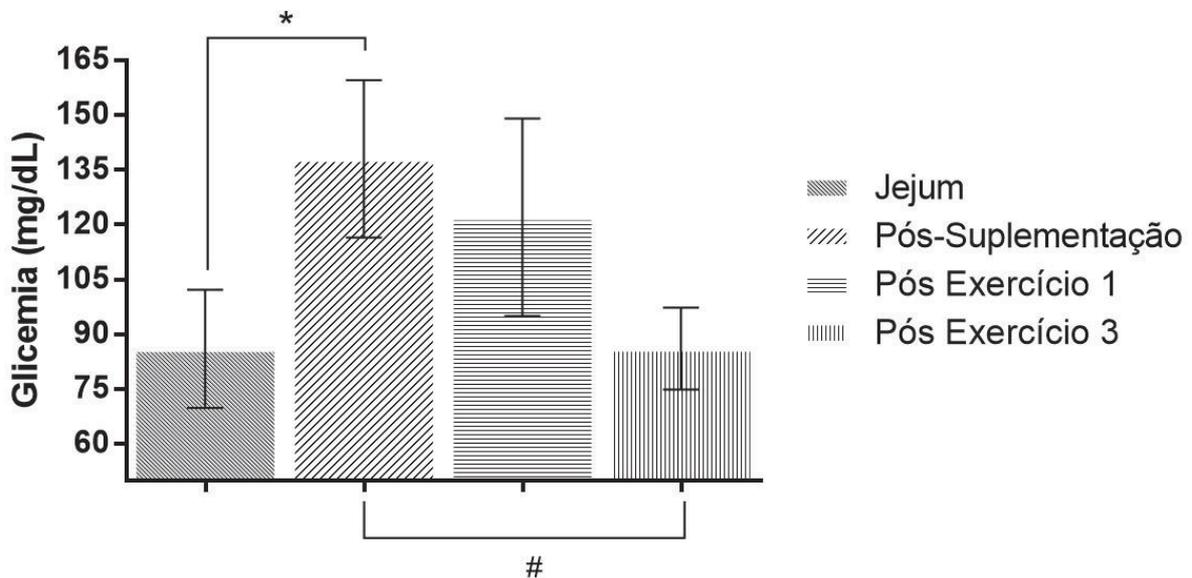


Gráfico 9 - Análise do comportamento da glicemia durante períodos de jejum, pós-suplementação e pós exercícios propostos. \*  $p \leq 0,013$  entre jejum e pós-suplementação. #  $p=0,001$  entre a glicemia pós-suplementação e pós exercício 3.

Os valores relativos ao comportamento da glicemia durante a suplementação com CAF-2 podem ser observados no Gráfico 10. É possível verificar uma diferença significativa entre a glicemia em jejum e a 40 min após a suplementação ( $81,1 \pm 16,5$  para  $122 \pm 19,1$  mg/dl com  $p \leq 0,05$ ; ES= 0,75). Também é possível visualizar uma diferença significativa entre a glicemia em jejum e a glicemia pós-exercício 1 ( $81,1 \pm 16,5$  para  $117 \pm 14,2$  mg/dl com  $p < 0,03$ ; ES= 0,75) durante a suplementação com CAF-2. Nenhuma outra diferença significativa pode ser observada ( $p > 0,05$ ).

Gráfico 10 - Comportamento da glicemia no grupo CAF-2 durante o jejum, pós-suplementação e pós exercícios físicos.

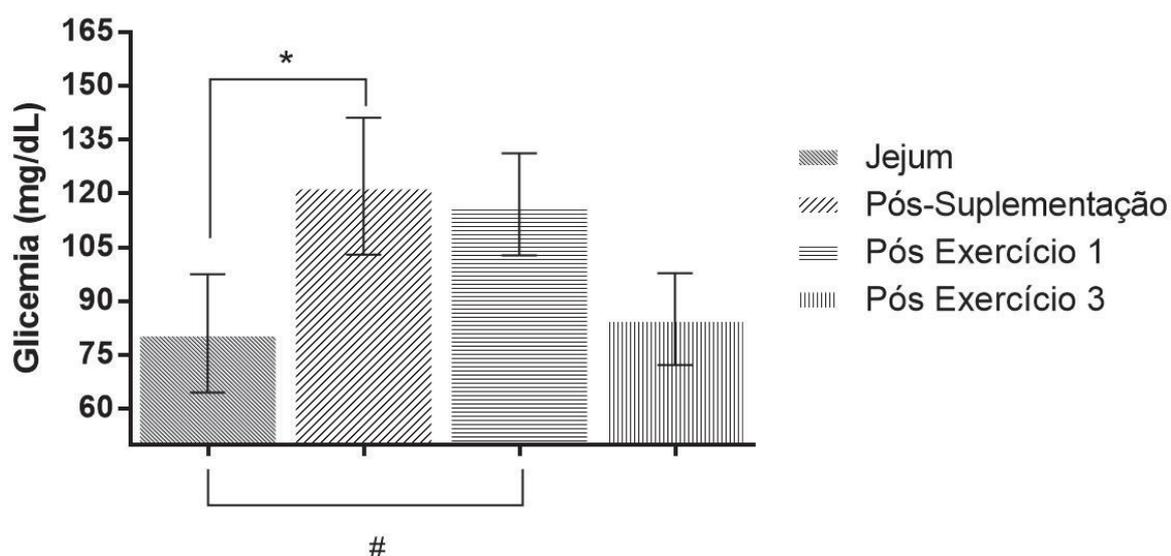


Gráfico 10 - Análise do comportamento da glicemia durante períodos de jejum, pós-suplementação e pós exercícios propostos. \*  $p \leq 0,05$  entre jejum e pós-suplementação. #  $p < 0,03$  entre a glicemia em jejum e pós exercício 1.

No gráfico 11 podemos observar o comportamento da glicemia em comparação com os momentos suplementados com PLA, CAF-1 e CAF-2. É possível verificar uma diferença significativa entre os níveis de glicemia de PLA em comparação com CAF-1 ( $73,1 \pm 14$  para  $86,1 \pm 11,2$  mg/dl com  $p=0,05$ ; ES= 0,45). Não houveram diferenças significativas entre os valores apresentados na glicemia 40 min após a suplementação quando comparado com PLA e CAF-1 ( $122 \pm 19.1$  para  $141 \pm 25$  mg/dl com  $p=0,19$ ; ES= 0,39 e  $122 \pm 19.1$  para  $138 \pm 21.5$  mg/dl com  $p=0.33$ ; ES=0,36). Nenhuma outra diferença significativa foi observada nos dados referentes à glicemia entre grupos ( $p > 0,05$ ).

Gráfico 11 - Análise do comportamento da glicemia entre grupos durante o jejum, pós-suplementação (PLA/CAF) e pós exercícios físicos.

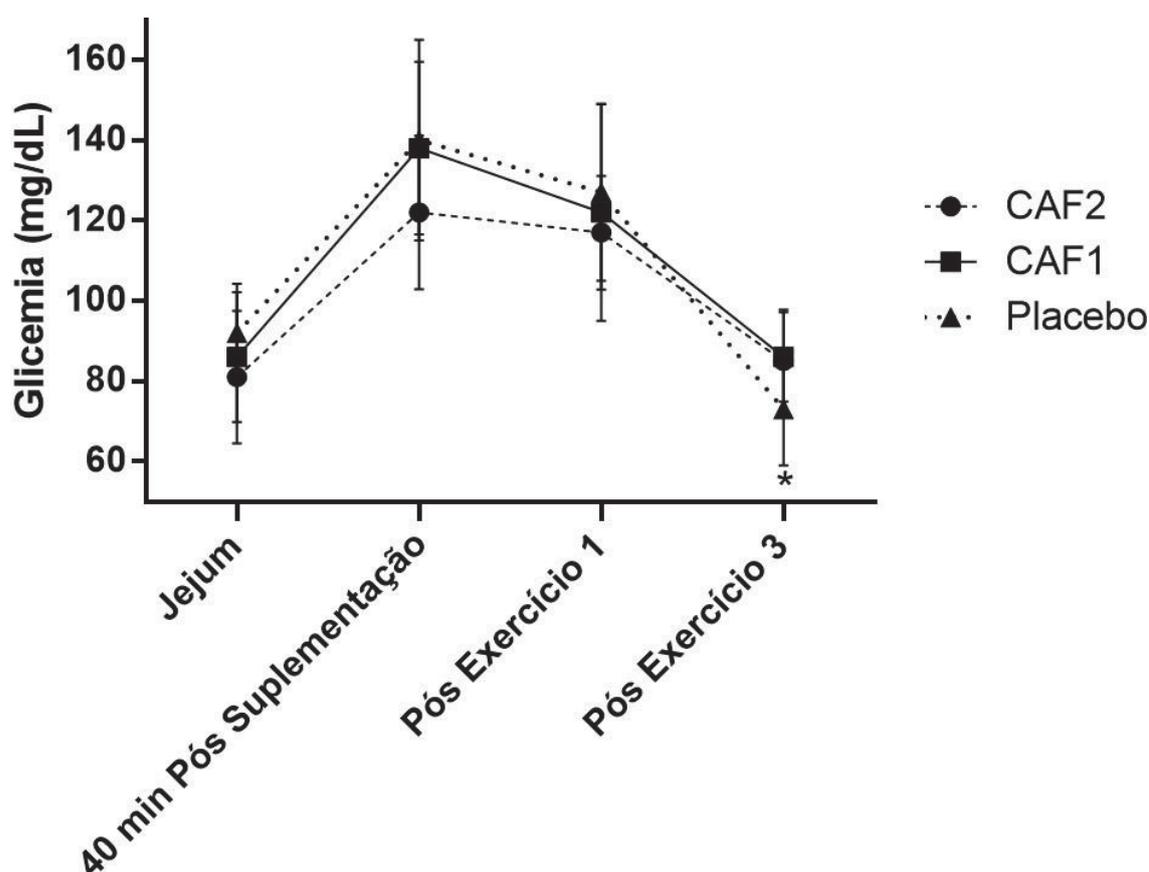


Gráfico 11- Análise entre os comportamentos apresentados pela glicemia entre os grupos PLA, CAF-1 e CAF-2 durante o jejum, pós-suplementação e pós exercícios físicos. \* PLA diferente de CAF-1 ( $p=0,05$ ).

No Gráfico 12 é possível visualizarmos o comportamento do lactato durante a suplementação entre os grupos PLA, CAF-1 e CAF-2. Nenhuma diferença entre grupos foi observada durante o pré-teste e o aquecimento. Durante a execução do levantamento terra ocorreu um aumento significativo nos níveis de lactato durante CAF-2 em comparação com PLA e CAF-1 ( $10.3 \pm 1.3$  para  $4.5 \pm 1.21$  mmol/l com  $p=0,001$ ; ES = 0,91 e  $10.3 \pm 1.3$  para  $4.48 \pm 0,97$  com  $p=0,001$ ; ES = 0,93). Nenhuma outra diferença significativa foi observada durante a análise dos dados sobre o lactato ( $p>0,05$ ).

Gráfico 12 Análise dos níveis de lactato entre grupos durante a suplementação com PLA, CAF-1 e CAF-2.

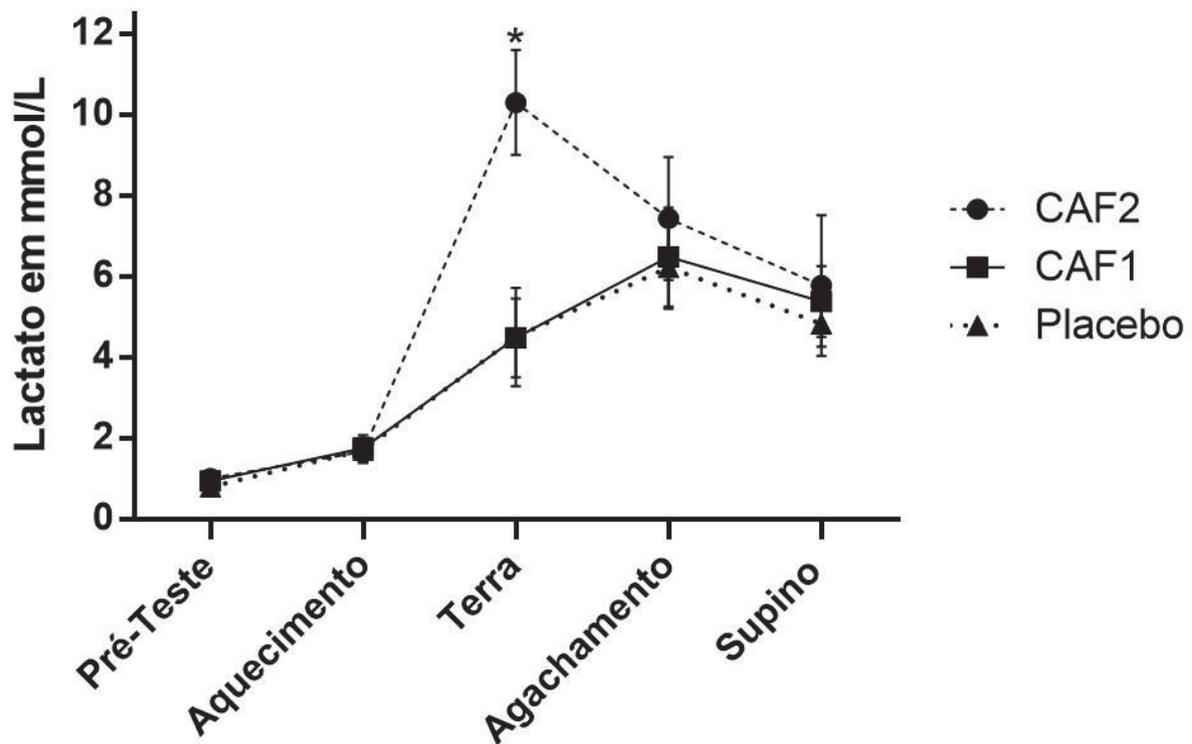


Gráfico 12 - Análise dos níveis de lactato durante o pré-teste, aquecimento, terra, agachamento e supino entre os grupos durante a suplementação com PLA, CAF-1 e CAF-2. \* Significativamente superior em comparação com PLA ( $p=0,001$ ) e CAF-1 ( $p=0,001$ ) durante o levantamento terra.

A seguir poderemos visualizar no Gráfico 13 os valores relativos ao comportamento do TGL durante a suplementação com PLA. Foi possível verificar uma diferença significativa entre os valores apresentados entre o pós-teste e pré-teste ( $145,2 \pm 14,4$  para  $96 \pm 11,2$  com  $p=0,001$ ; ES = 0,88), assim como entre pós-teste e pós 45 min ( $145,2 \pm 14,4$  para  $101,5 \pm 9,22$  com  $p=0,012$ ; ES = 0,87). Nenhuma outra diferença significativa foi encontrada.

Gráfico 13 - Análise dos níveis de TGL entre o pré-teste e o pós-teste com a suplementação de PLA.

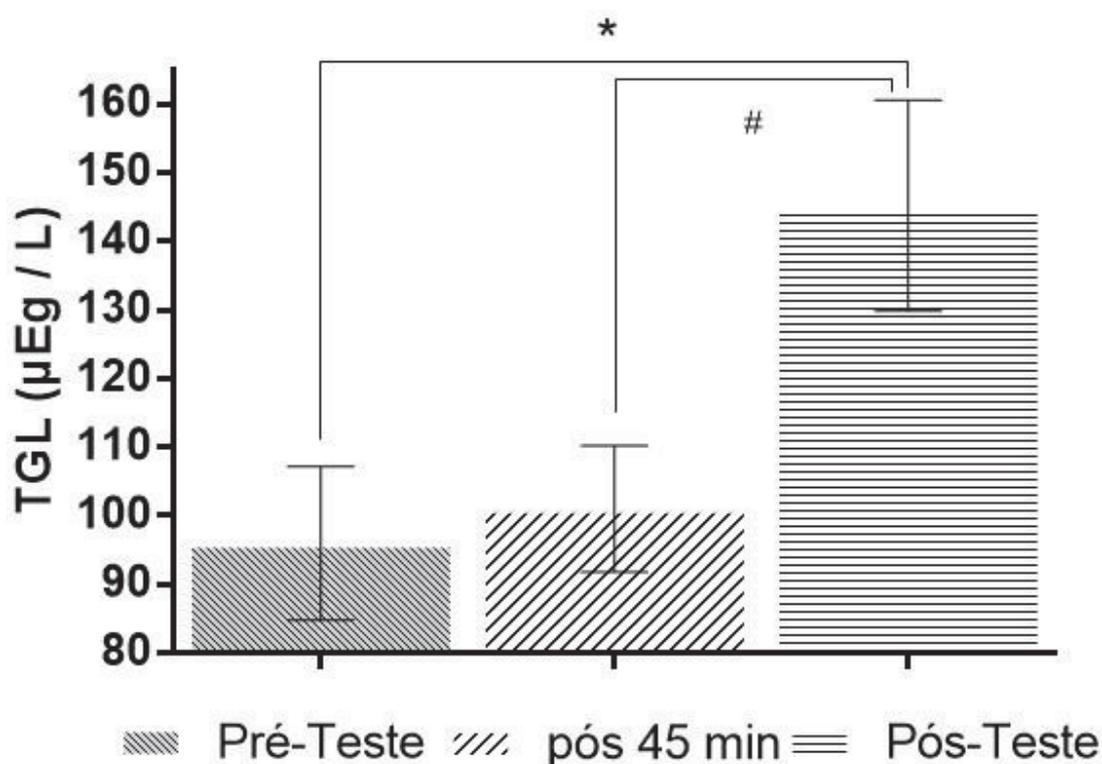


Gráfico 13 - Média dos níveis de TGL entre o pré-teste, 45 min após a suplementação (pós 45 min) e o pós teste utilizando a suplementação de PLA. \*Diferente de Pré-Teste ( $p=0,001$ ). #Diferente de pós 45 min ( $p=0,013$ ).

No Gráfico 14 é possível visualizar o comportamento do TGL durante a suplementação com CAF-1. Uma diferença significativa pode ser visualizada entre o pré-teste e pós 45 min ( $99 \pm 8.7$  para  $148.2 \pm 22.1$  com  $p=0.001$ ;  $ES = 0,82$ ). Nenhuma outra diferença significativa foi notada ( $p>0,05$ ).

Gráfico 14 - Análise dos níveis de TGL entre o pré-teste e o pós-teste com a suplementação de CAF-1.

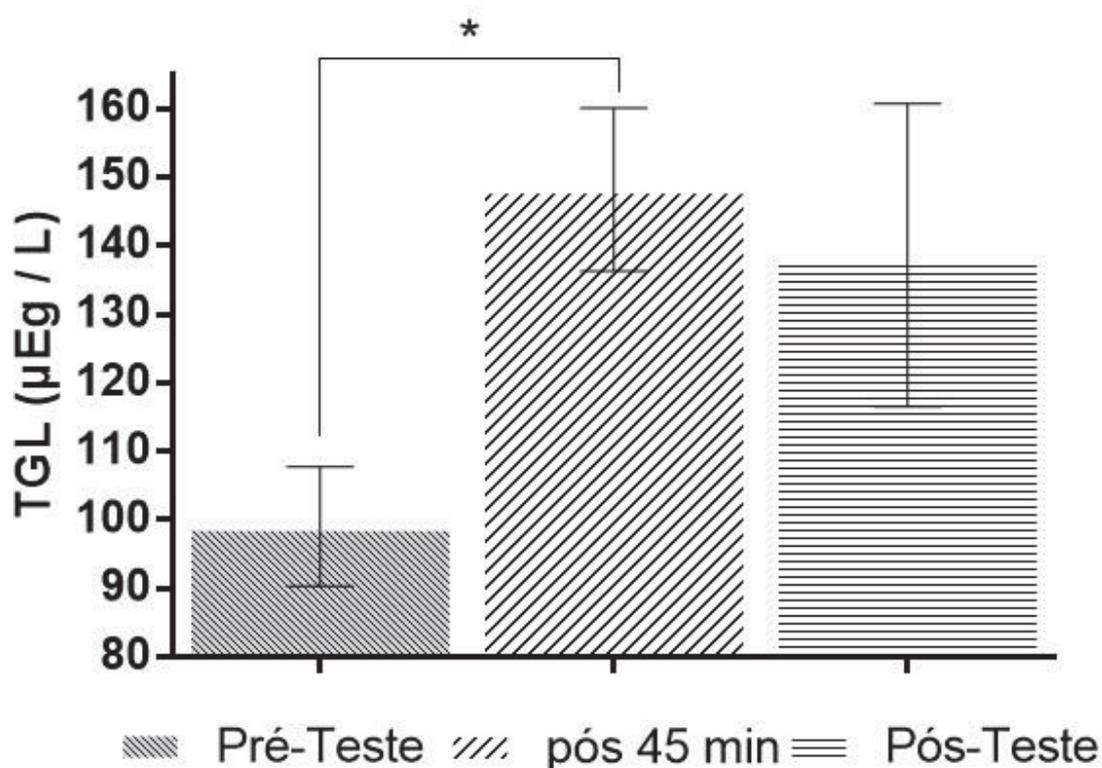


Gráfico 14 - Média dos níveis de TGL entre o pré-teste, 45 min após a suplementação (pós 45 min) e o pós teste utilizando a suplementação de PLA. \*Diferente de Pré-Teste ( $p=0,001$ ).

A seguir o Gráfico 15 expõem o comportamento do TGL durante a suplementação com CAF-2. É possível verificar uma diferença significativa entre as condições de pré-teste e pós 45 min durante a suplementação com CAF-2 ( $101,4 \pm 10,5$  para  $157,3 \pm 12,4$  com  $p=0,001$ ;  $ES = 0,92$ ). Nenhuma outra diferença significativa pode ser observada

Gráfico 15 - Análise dos níveis de TGL entre o pré-teste e o pós-teste com a suplementação de CAF-2.

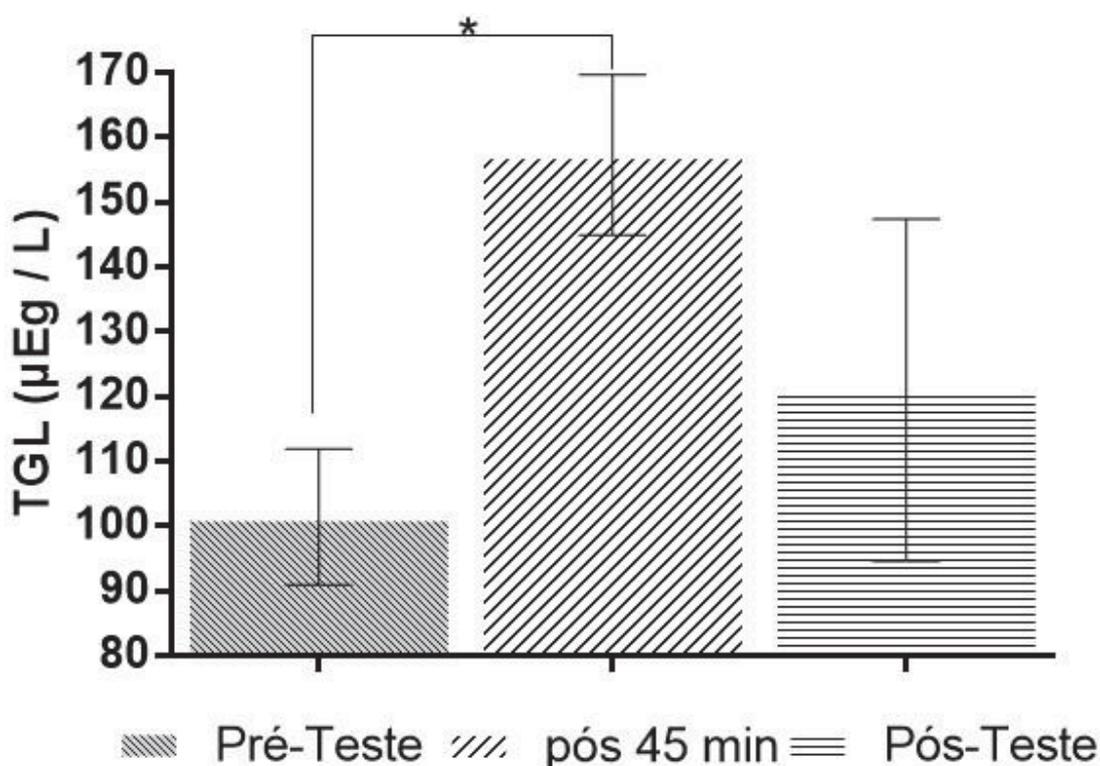


Gráfico 15 - Média dos níveis de TGL entre o pré-teste, 45 min após a suplementação (pós 45 min) e o pós teste utilizando a suplementação de PLA. \*Diferente de Pré-Teste ( $p=0,001$ ).

No Gráfico 16 podemos analisar o comportamento do TGL entre os grupos PLA, CAF-1 e CAF-2, as médias com DP do pré-teste, pós 45 min e pós-teste. É possível verificar uma diferença significativa nos valores de TGL durante o período pós 45 min entre PLA e CAF-1 ( $101,1 \pm 9,22$  para  $148,2 \pm 11,9$  com  $p= 0,017$ ; ES = 0,91) e entre PLA e CAF-2 ( $101,1 \pm 9,22$  para  $157,3 \pm 12,4$  com  $p=0,013$ ; ES = 0,93).

Gráfico 16 - Análise do comportamento da TGL entre o pré-teste e o pós-teste com as suplementações de PLA, CAF-1 e CAF-2.

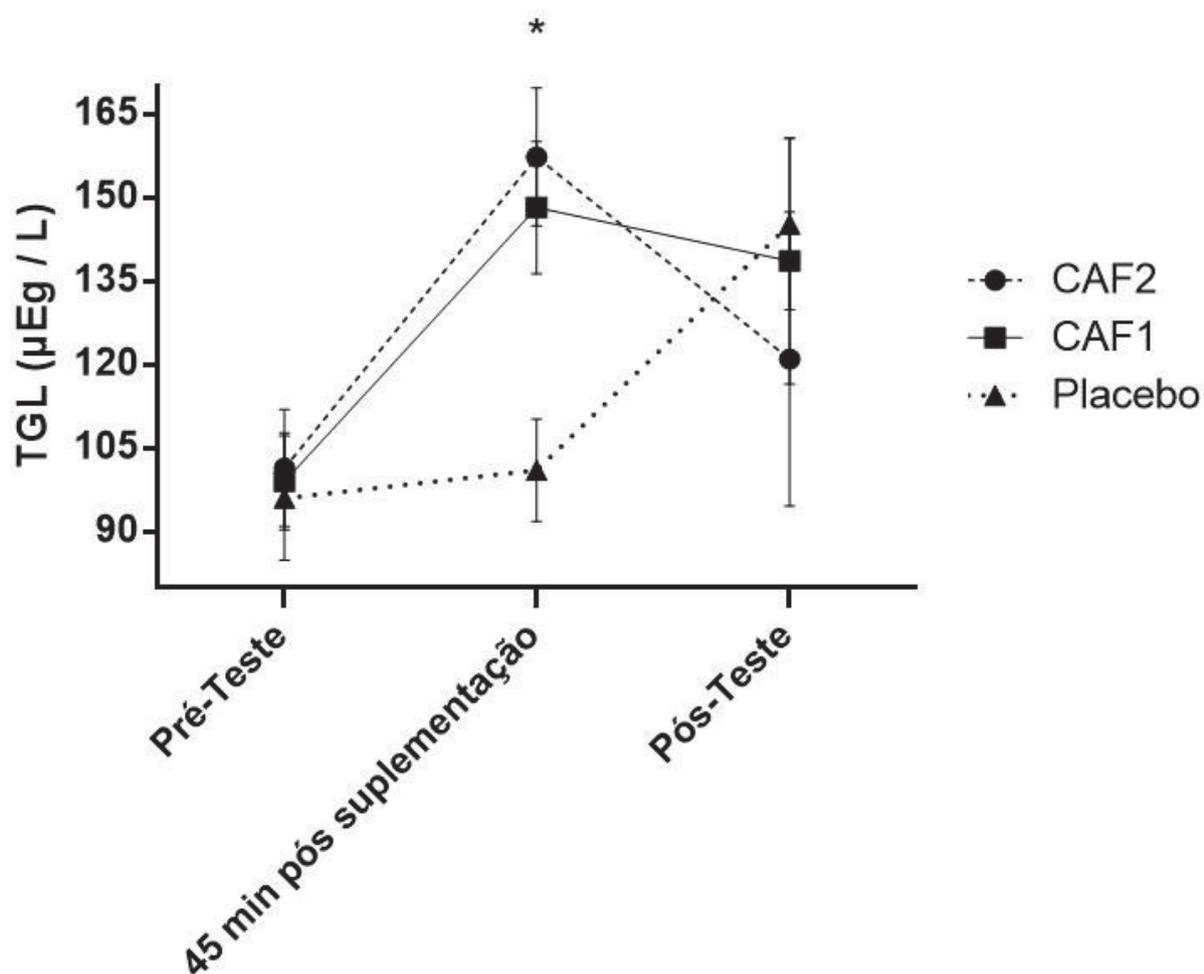


Gráfico 16 - Média dos níveis de TGL entre o pré-teste, 45 min após a suplementação e o pós teste utilizando a suplementação de PLA, CAF-1 e CAF-2. \*Diferente de Pré-Teste ( $p=0,013$ ).

Nos gráficos a seguir será possível visualizar os dados referentes às análises da LDH, CPK e AU realizadas para buscar uma melhor compreensão sobre as ações de diferentes doses de cafeína sobre o estresse oxidativo. No Gráfico 17 estão expostos os

valores relativos à LDH durante a suplementação com PLA. Foi possível verificar uma diferença significativa no que diz respeito às concentrações de LDH entre o momento pré-teste e o exercício 3 ( $157,3 \pm 19,2$  para  $201,3 \pm 24,5$  com  $p=0,04$ ;  $ES=0,70$ ). Nenhuma outra diferença estatística foi encontrada ( $p>0,05$ ).

Gráfico 17 - Demonstração do comportamento do LDH entre o pré-teste e 2 sessões de teste máximo suplementando com PLA.

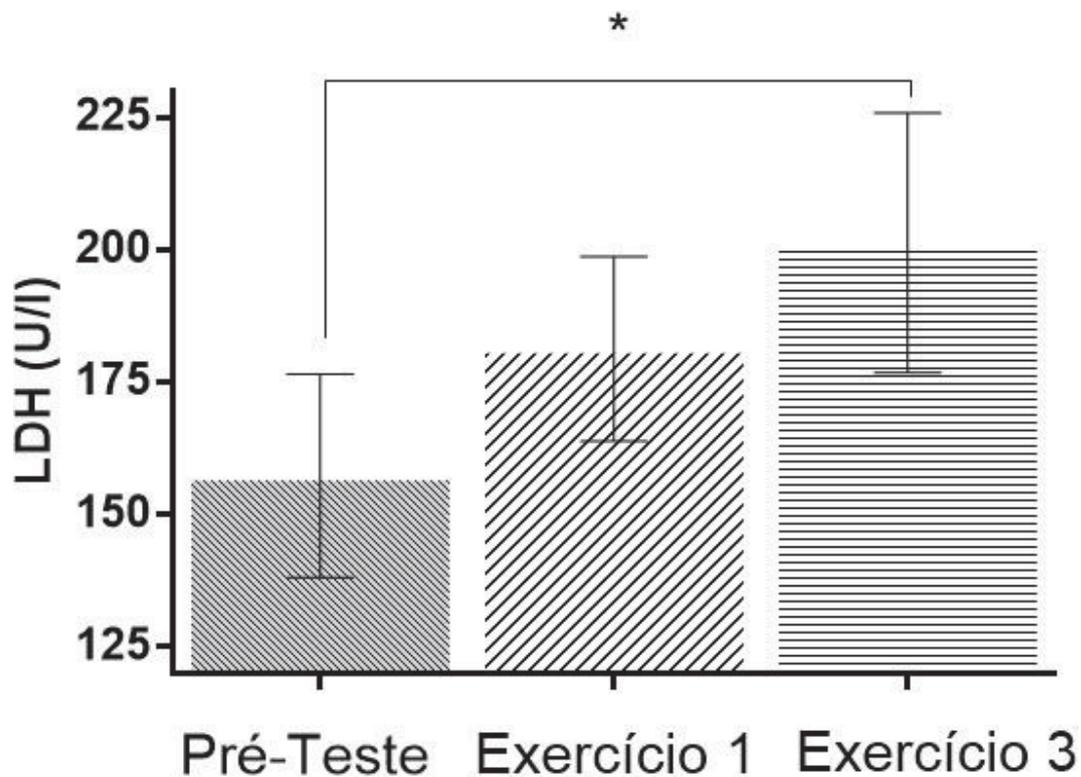


Gráfico 17 – Demonstração do comportamento do LDH entre o pré-teste, levantamento terra (Exercício 1) e supino (Exercício 3) utilizando PLA. \* Diferente de Pré-Teste ( $p=0,04$ ).

No Gráfico 18 podemos visualizar os resultados referentes à LDH com a suplementação de CAF-1 durante o pré-teste e a sessão de repetições máximas nos exercícios 1 e exercício 3. Foi possível visualizar uma diferença significativa entre os

valores do pré-teste e exercício 3 ( $175 \pm 12,8$  para  $218,7 \pm 27,3$  com  $p=0,03$ ;  $ES= 0,71$ ). Nenhuma outra diferença foi encontrada entre condições ( $p>0,05$ ).

Gráfico 18 - Demonstração do comportamento do LDH entre o pré-teste e 2 sessões de teste máximo suplementando com CAF-1.

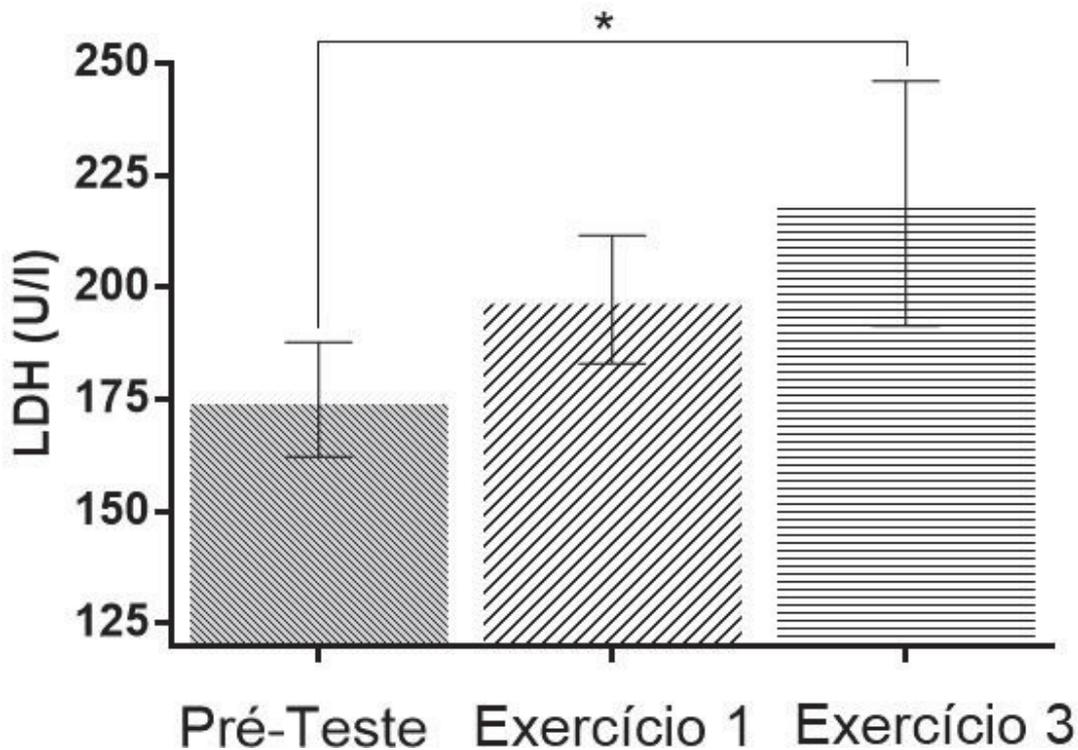


Gráfico 18 – Demonstração do comportamento do LDH entre o pré-teste, levantamento terra (Exercício 1) e supino (Exercício 3) utilizando CAF-1. \* Diferente de Pré-Teste ( $p=0,04$ ).

No Gráfico 19 podemos analisar o comportamento da LDH após a suplementação com CAF-2. Nenhuma diferença significativa foi observada durante CF2, mesmo quando analisamos os valores relativos ao pré-teste e o exercício 3 ( $176,4 \pm 16,4$  para  $210,7 \pm 19,3$  com  $p=0,066$ ;  $ES= 0,54$ ).

Gráfico 19 - Demonstração do comportamento do LDH entre o pré-teste e 2 sessões de teste máximo suplementando com CAF-2.

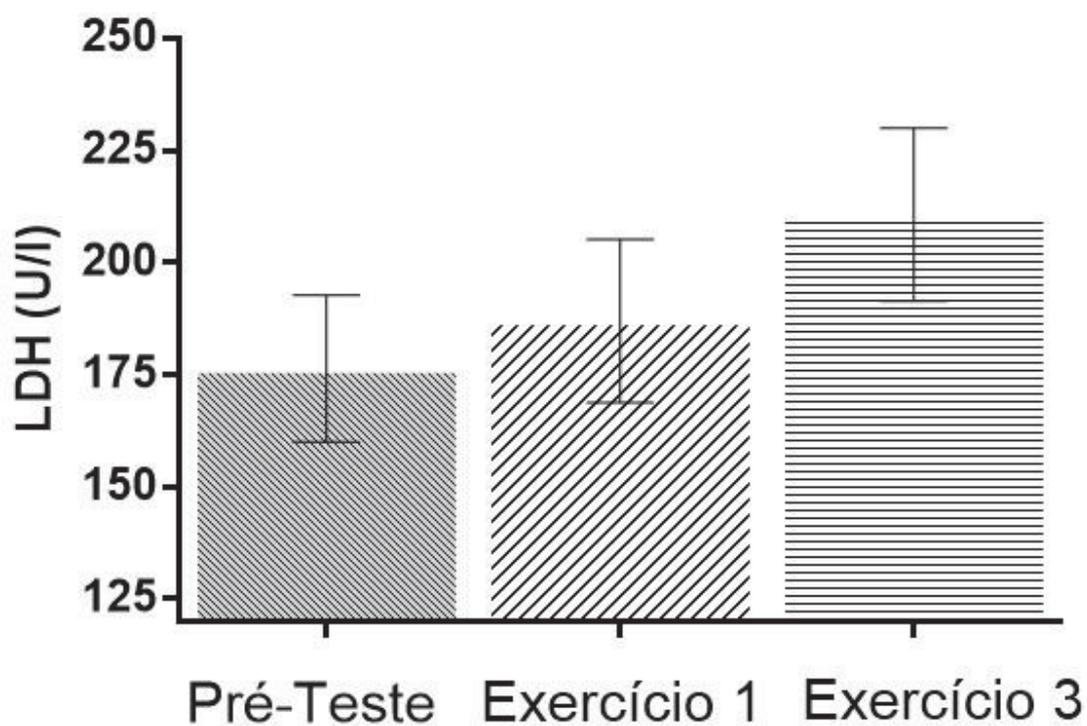


Gráfico 19 – Demonstração do comportamento do LDH entre o pré-teste, levantamento terra (Exercício 1) e supino (Exercício 3) utilizando CAF-2.

No Gráfico 20 podemos visualizar a análise do comportamento da LDH entre os grupos durante diferentes ocasiões. Nenhuma diferença significativa foi observada durante a análise dos dados entre PLA e CAF-1 durante o exercício 1 e 2 ( $181,3 \pm 17,4$  para  $197,3 \pm 13,3$  com  $p = 0,74$ ;  $ES = 0,41$ ) e ( $201,1 \pm 24,5$  para  $218,7 \pm 27,3$  com  $p = 0,68$ ;  $ES = 0,32$ ) respectivamente. O mesmo ocorreu entre PLA e CAF-2 para o exercício 1 e 2 ( $181,3 \pm 17,4$  para  $187 \pm 18,2$  com  $p = 0,91$ ;  $ES = 0,15$ ) e ( $201,1 \pm 24,5$  para  $210,7 \pm 19,3$  com  $p = 0,80$ ;  $ES = 0,21$ ) respectivamente.

Gráfico 20 - Demonstração do comportamento do LDH entre grupos (PLA/CAF) durante o pré-teste e 2 sessões de teste máximo.

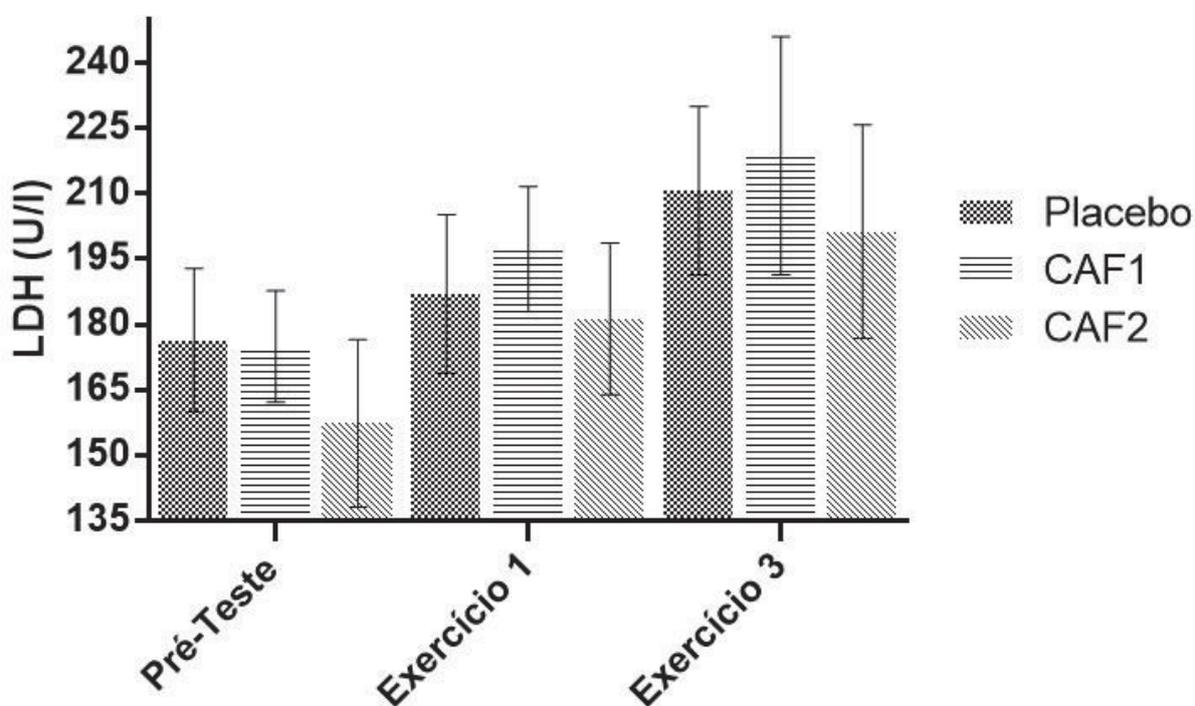


Gráfico 20 – Demonstração do comportamento do LDH entre grupos durante as análises do pré-teste, levantamento terra (Exercício 1) e supino (Exercício 3).

No Gráfico 21 os valores médios de concentração de mmolMDA/ml no plasma, mensurados através do ensaio de TBARS. Nenhuma diferença significativa pode ser encontrada durante a análise dos dados ( $p > 0,05$ ).

Gráfico 21 - Comportamento da média de concentração plasmática de mmolMDA/ml durante diferentes condições (PLA/CAF).

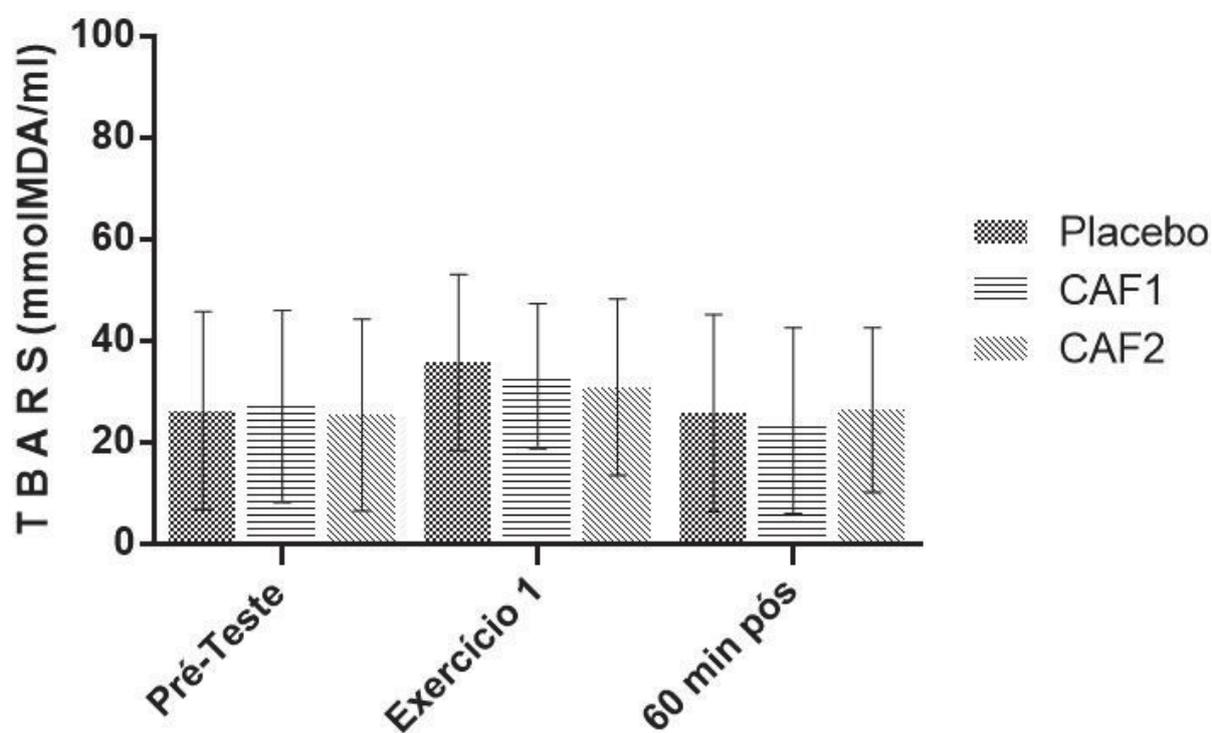


Gráfico 21 - Média de concentração plasmática de mmolMDA/ml no momento nos momentos que antecederam o teste (Pré-teste), após o primeiro protocolo de repetições máximas (Exercício 1) e 60 min após (Pós60) o protocolo de repetições máximas para as condições PLA, CAF-1 e CAF-2.

No Gráfico 22 podemos visualizar o comportamento do AU durante as condições de PLA, CAF-1 e CF2. Foi possível verificar uma redução significativa nos níveis de AU quando comparamos a condição PLA com CF2 60 min após o final dos protocolos de

RM ( $7,1 \pm 0,88$  para  $5,82 \pm 0,5$  com  $p = 0,018$ ; ES = 0,66. Nenhuma outra diferença significativa foi observada no decorrer das análises.

Gráfico 22 - Valores relativos às medias de AU apresentadas em 3 diferentes momentos durante a suplementação com PLA, CAF-1 e CAF-2.

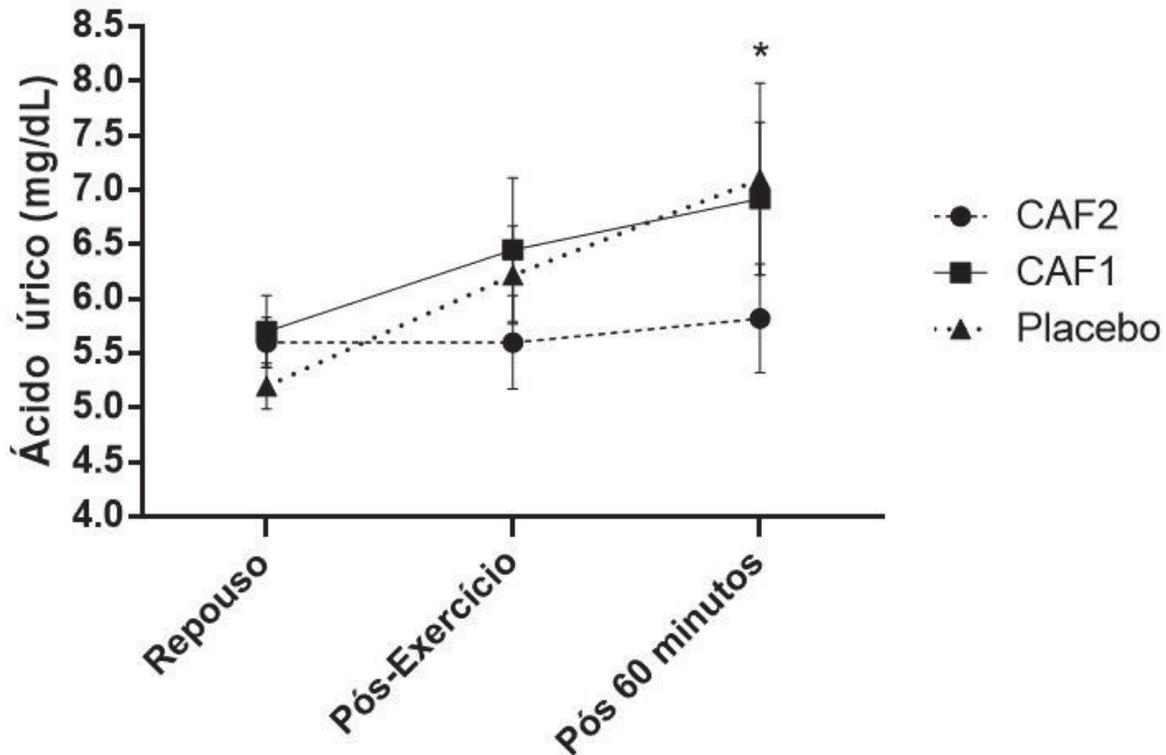


Gráfico 22 – Valores relativos às medias de AU em diferentes condições (PLA, CAF-1 e CAF-2) apresentadas durante o repouso, após a realização dos 3 protocolos de repetições máximas (Pós-Exercício) e 60 min após o termino dos protocolos de RM. \* CAF-2 significativamente diferente de PLA ( $p=0,018$ ).

No gráfico 23 podemos visualizar os resultados expressos em média e DP dos valores de PSE. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre a PSE durante os exercícios, entretanto, uma diferença significativa foi observada entre PLA e CAF-2 na PSE da sessão ( $7.37 \pm 1.14$  para  $4.87 \pm 1.36$  com  $p= 0.04$ ; ES = 0,7).

Gráfico 23 - Valores relativos às medias de PSE durante a suplementação com PLA, CAF-1 e CAF-2.

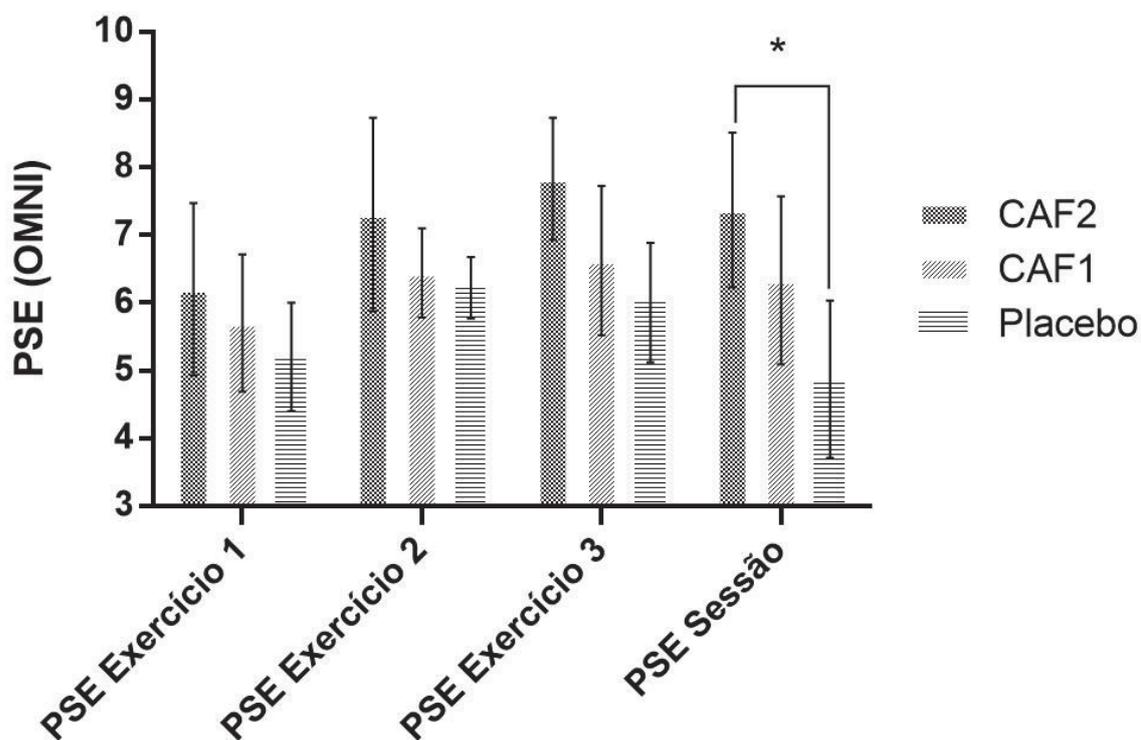


Gráfico 23 – Valores relativos às medias de PSE em diferentes condições (PLA, CAF-1 e CAF-2) apresentadas após o exercício 1, após a realização do exercício 2 e 3, finalizado pela PSE da sessão. \* Diferente de PLA ( $p = 0,04$ ).

## 5. DISCUSSÃO

Muito embora ainda não exista um consenso com relação à eficácia da cafeína para o desenvolvimento de força muscular (ASTORINO e ROBERSON, 2010; CLARKE *et al.*, 2015; TREXLER *et al.*, 2016), é de extrema importância compreender que a magnitude do efeito desta substância respeita um mecanismo de dose/resposta (SOUZA-JUNIOR *et al.*, 2012b).

No presente estudo, a perspectiva de que diferentes doses apresentam diferentes resultados fica bastante evidente, principalmente quando analisamos o efeito desta suplementação sobre a variável força. Colaborando com alguns apontamentos já descritos anteriormente (CLARKE *et al.*, 2015; TREVINO *et al.*, 2015) doses mais baixas de cafeína ( $6\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) acabaram não se mostrando eficientes para elevar significativamente os níveis de força em indivíduos recreacionalmente ativos. Porém, contrapondo aos resultados encontrados no presente estudo, alguns pesquisadores (TIMMINS e SAUNDERS, 2014; ALI *et al.*, 2016) vem demonstrando melhoras significativas na força com doses de  $6\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . É importante ressaltar que a amostra que compunha os dois estudos citados anteriormente, apresentavam indivíduos com fundamentação prática no treinamento de força, sendo considerados recreacionalmente ativos, mas apresentando uma vantagem de vivência prática dentro dos testes realizados para averiguar os níveis de força (YUE e COLE, 1992).

Contrastando com a ausência de resultados obtidos a partir da suplementação com doses mais baixas de cafeína, durante a suplementação com doses mais elevadas ( $8\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), um aumento significativo acabou ocorrendo em todos os testes de força realizados, indo diretamente de encontro a outros apontamentos ofertados pela literatura (ASTORINO *et al.*, 2010; BEHRENS *et al.*, 2015). A compreensão total sobre os mecanismos responsáveis por estas melhorias ainda não são completamente compreendidos, mas especula-se que em decorrência de uma combinação de respostas centrais e periféricas, doses mais elevadas possam atuar sobre alguns mecanismos já conhecidos, tais como a inibição da enzima fosfodiesterase (WOOLF *et al.*, 2008) e o

incremento da mobilização intracelular de cálcio do retículo sarcoplasmático (BEHRENS *et al.*, 2015; ALI *et al.*, 2016).

Um dos fatores que poderia justificar os efeitos positivos de doses elevadas de cafeína sobre a força acaba indo diretamente de encontro para com a literatura (USACHEV *et al.*, 1993; VON RUDEN e NEHER, 1993; DALY, 2007; ASTORINO e ROBERSON, 2010; BEHRENS *et al.*, 2015). No presente trabalho, os resultados obtidos demonstraram que doses elevadas de cafeína acabaram sendo capazes de elevar os níveis plasmáticos de cálcio. Sugere-se então que após a ingestão de doses mais elevadas de cafeína, ocorra uma redução significativa do limiar de excitabilidade muscular (BEHRENS *et al.*, 2015), além de elevar a liberação de cálcio por parte do retículo sarcoplasmático. Associando a redução da sensibilidade muscular com a elevação dos níveis de cálcio, um ambiente que favorece a ligação entre os filamentos de actina e miosina acaba se apresentando como uma excelente oportunidade para contrações musculares máximas (NEHLIG e DEBRY, 1994).

Contrações voluntárias máximas acabam por apresentar desafios bastante complexos para a manutenção de um estado estável dentro de nosso organismo (AAGAARD *et al.*, 2002). Desta forma, os resultados encontrados no presente estudo com relação à glicemia vão diretamente de encontro com as elevadas demandas energéticas apresentadas por atividades de alta intensidade. Ao término do último teste de repetições máximas, a glicemia do grupo controle se encontrava significativamente mais baixa do que a do grupo que suplementou com cafeína, sugerindo desta maneira que em decorrência das elevadas demandas metabólicas, associadas à um outro mecanismo de ação (i.e. inibição da enzima fosfodiesterase), o aporte energético acabou sendo favorecido por parte dos indivíduos que suplementaram com cafeína (ASTORINO *et al.*, 2008).

Os dados obtidos com relação ao TGL também acabam por colaborar com a literatura vigente (HECKMAN *et al.*, 2010; TIMMINS e SAUNDERS, 2014; ZHENG *et al.*, 2014; TREVINO *et al.*, 2015; TREXLER *et al.*, 2016), pois em decorrência da inibição da enzima fosfodiesterase, ocorre uma redução da degradação de AMPc, promovendo uma elevação da lipólise em todo o organismo (TARNOPOLSKY e CUPIDO, 2000). Tanto o

grupo que utilizou doses baixas quanto o grupo que utilizou doses elevadas de cafeína apresentaram elevações significativas nos níveis de TGL 45 min após a ingestão da suplementação. Muito embora o AMPc não tenha sido diretamente analisado, supõe-se que em decorrência da inibição da enzima fosfodiesterase, a enzima adenilato-ciclase acabe sendo ativada de maneira mais expressiva, elevando-se assim os níveis de TGL (BOSWELL-SMITH *et al.*, 2006).

Ainda no que diz respeito à elevada demanda metabólica inerente aos testes de repetições máximas, os níveis de lactato encontrados no grupo que suplementou com elevadas doses de cafeína vão de encontro com alguns apontamentos feitos por Glaister e colaboradores (GLAISTER *et al.*, 2008), onde também unido à uma melhoria significativa de performance, os componentes da amostra demonstraram uma elevação significativa nos níveis de lactato. Considerando que melhorias na performance estão diretamente associados com maiores impactos a todo nosso metabolismo (URSO e CLARKSON, 2003), a elevação dos níveis de lactato durante a suplementação com maiores doses de cafeína apenas demonstra que o trabalho executado exerceu um maior impacto sobre a glicólise (ROBERGS *et al.*, 2004), justificando assim a elevação nos níveis de lactato.

Algumas pesquisas demonstram uma relação entre a ingestão de cafeína e redução nos níveis de PSE (WOOLF *et al.*, 2008). Porém, no presente trabalho, não encontramos diferenças significativas no que diz respeito a PSE após a realização dos exercícios (ASTORINO *et al.*, 2008; ASTORINO e ROBERSON, 2010; ASTORINO *et al.*, 2010; CLARKE *et al.*, 2015). Uma elevação gradual nos níveis de percepção de esforço pode ser observada com o decorrer dos testes, porém esta era uma ação esperada em decorrência da característica exaustiva apresentada pelos mesmos. Não obstante, a PSE da sessão demonstrou valores significativamente maiores para o grupo que suplementou com elevadas doses de cafeína em comparação ao grupo que ingeriu doses mais baixas ou placebo. Muito embora a PSE tenha se elevado significativamente, ela não prejudicou a grupo que suplementou com elevadas doses de cafeína (GLAISTER *et al.*, 2008), fato este evidenciado quando analisamos os resultados inerentes à melhoria da performance.

A partir da ingestão da cafeína, nosso organismo inicia-se uma série de reações catabólicas para sintetizar essa substância, a qual muitas vezes é convertida em xantinas (ASTORINO *et al.*, 2010). A elevação dos níveis de cafeína circulante poderia refletir em um feedback contrário de nosso organismo, iniciando assim uma elevação nos níveis de atividade da enzima xantina oxidase, promovendo primordialmente a degradação das purinas, podendo desencadear uma elevação nos níveis de AU em nosso organismo (MAIUOLO *et al.*, 2016). Esta perspectiva vai diretamente de encontro com os achados do presente trabalho, onde os valores de AU foram significativamente maiores durante a suplementação com doses mais elevadas de cafeína quando comparado com a condição placebo.

Atividades físicas em geral costumam elevar os níveis de AU, entretanto, é importante ressaltar que a magnitude do trabalho realizado reflete diretamente na forma como o AU é liberado em nosso organismo (SUGITA *et al.*, 2016). Assumindo a perspectiva de que exercícios intensos tendem a liberar mais AU quando comparado com atividades menos intensas, os valores obtidos 60 min após o término dos exercícios no grupo CAF-2 acaba sendo justificado, pois a performance foi significativamente melhor quando comparado ao controle. Em concordância com outros trabalhos (SOUZA-JUNIOR *et al.*, 2014), o AU não se elevou imediatamente após a realização dos exercícios, apresentando uma resposta significativa 60 min após a realização do mesmo. Tendo em vista que o AU possui um papel bastante importante em decorrência de sua capacidade antioxidante, supõem-se que essa elevação pode representar uma melhoria no que diz respeito aos mecanismos de proteção de nosso organismo, podendo atuar na minimização da peroxidação lipídica de membrana (SOUZA-JUNIOR *et al.*, 2014).

De acordo com os resultados apresentados no presente trabalho, o TBARS não foi alterado em nenhuma condição analisada. Uma pequena elevação nos níveis de TBARS podem ser observados após a realização do primeiro protocolo de repetições máximas, entendendo que esta pode ser uma possível resposta antioxidante ao estresse que o exercício veio a proporcionar (URSO e CLARKSON, 2003; SUGITA *et al.*, 2016)

## 6. CONCLUSÃO

No presente estudo foi possível verificar que a suplementação aguda com  $8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  foi capaz de promover melhorias significativas na força máxima em indivíduos recreacionalmente ativos. Doses de  $6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  não foram capazes de promover melhorias significativas no desempenho da força. Não houve diferenças significativas na PSE apresentada logo após os exercícios em nenhuma das condições, entretanto, a PSE da sessão foi significativamente maior para o grupo CAF-2.

Apenas a suplementação com doses de  $8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  foi capaz de promover melhorias significativas na liberação de cálcio. A glicemia foi significativamente mais baixa durante a suplementação com PLA ao término de todos os testes de força máxima. Os valores referentes ao TGL foram significativamente superiores durante CAF-1 e CAF-2 quando comparado com placebo, demonstrando assim um melhor aporte energético quando suplementado com cafeína.

O lactato foi significativamente mais alto durante a realização do primeiro teste de força máxima em CAF-2 quando comparado às outras condições, porém é importante ressaltar que o aumento do lactato acompanhou a elevação dos níveis de força apresentado pela amostra.

As relações entre a suplementação com a cafeína e o AU demonstraram uma relação tempo dependente, demonstrando valores superiores 60 min após o término dos protocolos de força máxima na condição CAF-2.

A resposta individual e a ausência de especificidade de treinamento de força apresentado pela amostra podem ter afetado principalmente os indivíduos do CAF-1, demonstrando a que atualmente ainda existe uma ausência de consenso com relação aos efeitos da suplementação com cafeína, portanto acaba sendo imprescindível que novos trabalhos venham a colaborar com esta lacuna da literatura analisando os efeitos desta suplementação em populações diversas.

## REFERÊNCIAS

AAGAARD, P. et al. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 6, p. 2309-2318, 2002.

AHTIAINEN, J. P. et al. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. **European journal of applied physiology**, v. 89, n. 6, p. 555-563, 2003. ISSN 1439-6319.

ALI, A. et al. The Effect of Caffeine Ingestion during Evening Exercise on Subsequent Sleep Quality in Females. **Int J Sports Med**, v. 36, n. 6, p. 433-9, Jun 2015. ISSN 0172-4622.

ALI, A. et al. The influence of caffeine ingestion on strength and power performance in female team-sport players. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 13, n. 1, p. 46, December 05 2016. ISSN 1550-2783. Disponível em: < <https://doi.org/10.1186/s12970-016-0157-4> >.

ALTIMARI, L. R. et al. EFEITOS ERGOGÊNICOS DA CAFEÍNA SOBRE O DESEMPENHO FÍSICO. **Rev. paul. Educ. Fís.**, v. 14, n. 2, p. 141-58, 2000.

ALTIMARI, L. R. et al. Cafeína e performance em exercícios anaeróbios. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, p. 17-27, 2006. ISSN 1516-9332. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-93322006000100003&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-93322006000100003&nrm=iso) >.

ANDERSON, C. E.; SFORZO, G. A.; SIGG, J. A. The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 567-574, 2008. ISSN 1064-8011.

ANDERSSON, H. et al. Plasma antioxidant responses and oxidative stress following a soccer game in elite female players. **Scand J Med Sci Sports**, v. 20, n. 4, p. 600-8, Aug 2010. ISSN 0905-7188.

ANSELME, F. et al. Caffeine increases maximal anaerobic power and blood lactate concentration. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 65, n. 2, p. 188-91, 1992. ISSN 0301-5548 (Print)

0301-5548.

AROOM, K. R. et al. Bioimpedance Analysis: A Guide to Simple Design and Implementation. **J Surg Res**, v. 153, n. 1, p. 23-30, May 1 2009. ISSN 0022-4804 (Print).

ASTORINO, T. A.; ROBERSON, D. W. Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: a systematic review. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 1, p. 257-65, Jan 2010. ISSN 1064-8011.

ASTORINO, T. A.; ROHMANN, R. L.; FIRTH, K. Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength. **Eur J Appl Physiol**, v. 102, n. 2, p. 127-32, Jan 2008. ISSN 1439-6319.

ASTORINO, T. A. et al. Effect of two doses of caffeine on muscular function during isokinetic exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 12, p. 2205-10, Dec 2010. ISSN 0195-9131.

BAECHLE, T. R. et al. **Essentials of strength training and conditioning**. Leeds: Human Kinetics, 2008. ISBN 9780736058032 0736058036.

BAKER, D.; NANCE, S. The Relation Between Running Speed and Measures of Strength and Power in Professional Rugby League Players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 13, n. 3, p. 230-235, 1999. ISSN 1064-8011. Disponível em: < [http://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1999/08000/The\\_Relation\\_Between\\_Running\\_Speed\\_and\\_Measures\\_of.9.aspx](http://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1999/08000/The_Relation_Between_Running_Speed_and_Measures_of.9.aspx) >.

BAKER, D. G. Comparison of Strength Levels Between Players From Within the Same Club Who Were Selected vs. Not Selected to Play in the Grand Final of the National Rugby League Competition. **J Strength Cond Res**, v. 31, n. 6, p. 1461-1467, Jun 2017. ISSN 1064-8011.

BEAM, J. R. et al. Effect of post-exercise caffeine and green coffee bean extract consumption on blood glucose and insulin concentrations. **Nutrition**, v. 31, n. 2, p. 292-7, Feb 2015. ISSN 0899-9007.

BEAUDOIN, M. S. et al. Caffeine ingestion impairs insulin sensitivity in a dose-dependent manner in both men and women. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 38, n. 2, p. 140-7, Feb 2013. ISSN 1715-5312 (Print)

1715-5312.

BEAUMONT, R. E.; JAMES, L. J. Effect of a moderate caffeine dose on endurance cycle performance and thermoregulation during prolonged exercise in the heat. **J Sci Med Sport**, Mar 31 2017. ISSN 1878-1861.

BECK, T. W. et al. The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance, and anaerobic capabilities. **J Strength Cond Res**, v. 20, n. 3, p. 506-10, Aug 2006. ISSN 1064-8011 (Print)

1064-8011.

BEHRENS, M. et al. Caffeine-induced increase in voluntary activation and strength of the quadriceps muscle during isometric, concentric and eccentric contractions. **Sci Rep**, v. 5, 2015.

BELL, D. G.; JACOBS, I.; ELLERINGTON, K. Effect of caffeine and ephedrine ingestion on anaerobic exercise performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, n. 8, p. 1399-403, Aug 2001. ISSN 0195-9131 (Print)

0195-9131.

BENEDETTI, T. R. B. et al. Reprodutibilidade e validade do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) em homens idosos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, p. 11-16, 2007. ISSN 1517-8692. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-86922007000100004&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922007000100004&nrm=iso) >.

BIANCHI, C. P. The kinetics of radio-caffeine uptake in frog sartorius. . **J. Gen. Physiol** v. 44:, p. 845-858, 1961.

BLOMS, L. P. et al. The Effects of Caffeine on Vertical Jump Height and Execution in Collegiate Athletes. **J Strength Cond Res**, v. 30, n. 7, p. 1855-61, Jul 2016. ISSN 1064-8011.

BOSWELL-SMITH, V.; SPINA, D.; PAGE, C. P. Phosphodiesterase inhibitors. **British Journal of Pharmacology**, v. 147, n. Suppl 1, p. S252-S257, 01/09 2006. ISSN 0007-1188

1476-5381. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1760738/> >.

BRZYCKI, M. Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. **Journal of Physical Education, Recreation & Dance**, v. 64, n. 1, p. 88-90, 1993. ISSN 0730-3084.

CAMPOS, G. E. et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **Eur J Appl Physiol**, v. 88, n. 1-2, p. 50-60, Nov 2002. ISSN 1439-6319 (Print)

1439-6319.

CAPUTO, F. et al. Cafeína e desempenho anaeróbio. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 14, p. 602-614, 2012. ISSN 1980-0037. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-00372012000500012&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-00372012000500012&nrm=iso) >.

CHEN, J. T.; KOTANI, K. Association between coffee consumption and an oxidative stress marker in women. **Wien Klin Wochenschr**, v. 127, n. 13-14, p. 567-9, Jul 2015. ISSN 0043-5325.

CLARKE, N. D.; KORNILIOS, E.; RICHARDSON, D. L. Carbohydrate and Caffeine Mouth Rinses Do Not Affect Maximum Strength and Muscular Endurance Performance. **J Strength Cond Res**, v. 29, n. 10, p. 2926-31, Oct 2015. ISSN 1064-8011.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

COLLOMP, K. et al. Effects of caffeine ingestion on performance and anaerobic metabolism during the Wingate Test. **Int J Sports Med**, v. 12, n. 5, p. 439-43, Oct 1991. ISSN 0172-4622 (Print)

0172-4622.

COMFORT, P.; BULLOCK, N.; PEARSON, S. J. A comparison of maximal squat strength and 5-, 10-, and 20-meter sprint times, in athletes and recreationally trained men. **J Strength Cond Res**, v. 26, n. 4, p. 937-40, Apr 2012. ISSN 1064-8011.

COMFORT, P. et al. Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 1, p. 173-177, 2014. ISSN 1064-8011.

CRUZAT, V. F. et al. Aspectos atuais sobre estresse oxidativo, exercícios físicos e suplementação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, p. 336-342, 2007. ISSN 1517-8692. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-86922007000500011&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922007000500011&nrm=iso) >.

CURATOLO, P. W.; ROBERTSON, D. The health consequences of caffeine. **Ann Intern Med**, v. 98, n. 5 Pt 1, p. 641-53, May 1983. ISSN 0003-4819 (Print)

0003-4819.

CURI, R. et al. Ciclo de Krebs como fator limitante na utilização de ácidos graxos durante o exercício aeróbico. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 47, p. 135-143, 2003. ISSN 0004-2730. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-27302003000200005&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27302003000200005&nrm=iso) >.

DALY, J. W. Caffeine analogs: biomedical impact. **Cell Mol Life Sci**, v. 64, n. 16, p. 2153-69, Aug 2007. ISSN 1420-682X (Print)

1420-682x.

DAVIS, J. K.; GREEN, J. M. Caffeine and anaerobic performance: ergogenic value and mechanisms of action. **Sports Med**, v. 39, n. 10, p. 813-32, 2009. ISSN 0112-1642 (Print)

0112-1642.

DE TONI, L. et al. Effects of type 5-phosphodiesterase inhibition on energy metabolism and mitochondrial biogenesis in human adipose tissue ex vivo. **J Endocrinol Invest**, v. 34, n. 10, p. 738-41, Nov 2011. ISSN 0391-4097.

DIAZ-LARA, F. J. et al. Caffeine improves muscular performance in elite Brazilian Jiu-jitsu athletes. **Eur J Sport Sci**, v. 16, n. 8, p. 1079-86, Nov 2016a. ISSN 1536-7290.

\_\_\_\_\_. Caffeine improves muscular performance in elite Brazilian Jiu-jitsu athletes. **Eur J Sport Sci**, p. 1-8, Feb 10 2016b. ISSN 1536-7290.

DOHONEY, P. et al. Prediction of one repetition maximum (1-RM) strength from a 4-6 RM and a 7-10-RM submaximal strength test in healthy young adult males. **J Exerc Physiol**, v. 5, n. 3, p. 54-9, 2002.

FREDHOLM, B. B. Astra Award Lecture. Adenosine, adenosine receptors and the actions of caffeine. **Pharmacol Toxicol**, v. 76, n. 2, p. 93-101, Feb 1995. ISSN 0901-9928 (Print)

0901-9928.

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, p. 394-398, 2013. ISSN 1517-8692. Disponível em: <

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-86922013000600003&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922013000600003&nrm=iso) >.

GLAISTER, M. et al. Caffeine supplementation and multiple sprint running performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 40, n. 10, p. 1835-40, Oct 2008. ISSN 0195-9131.

GLAISTER, M. et al. Effects of dietary nitrate, caffeine, and their combination on 20-km cycling time trial performance. **J Strength Cond Res**, v. 29, n. 1, p. 165-74, Jan 2015. ISSN 1064-8011.

GOLDSTEIN, E. R. et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. **J Int Soc Sports Nutr**, v. 7, n. 1, p. 5, 2010. ISSN 1550-2783.

GRAHAM, T. E. et al. Caffeine ingestion elevates plasma insulin response in humans during an oral glucose tolerance test. **Can J Physiol Pharmacol**, v. 79, n. 7, p. 559-65, Jul 2001. ISSN 0008-4212 (Print)

0008-4212.

GRAHAM, T. E.; SPRIET, L. L. Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. **J Appl Physiol (1985)**, v. 71, n. 6, p. 2292-8, Dec 1991. ISSN 8750-7587 (Print)

0161-7567.

HAFF, G. G.; TRIPLETT, N. T. **Essentials of Strength Training and Conditioning 4th Edition**. Human kinetics, 2015. ISBN 149250162X.

HÄKKINEN, K. Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. A review. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 29, n. 1, p. 9-26, 1989. ISSN 0022-4707.

HE, F. et al. Redox Mechanism of Reactive Oxygen Species in Exercise. **Front Physiol**, v. 7, 2016.

HECKMAN, M. A.; WEIL, J.; GONZALEZ DE MEJIA, E. Caffeine (1, 3, 7-trimethylxanthine) in foods: a comprehensive review on consumption, functionality, safety, and regulatory matters. **J Food Sci**, v. 75, n. 3, p. R77-87, Apr 2010. ISSN 0022-1147.

HENRY, J. P. Biological basis of the stress response. **Integr Physiol Behav Sci**, v. 27, n. 1, p. 66-83, Jan-Mar 1992. ISSN 1053-881X (Print)

1053-881x.

HIGDON, J. V.; FREI, B. Coffee and health: a review of recent human research. **Crit Rev Food Sci Nutr**, v. 46, n. 2, p. 101-23, 2006. ISSN 1040-8398 (Print)

1040-8398.

JACKSON, M. J.; VASILAKI, A.; MCARDLE, A. Cellular mechanisms underlying oxidative stress in human exercise. **Free Radic Biol Med**, Feb 18 2016. ISSN 0891-5849.

KALMAR, J. M.; CAFARELLI, E. Effects of caffeine on neuromuscular function. **J Appl Physiol (1985)**, v. 87, n. 2, p. 801-8, Aug 1999. ISSN 8750-7587 (Print)

0161-7567.

KLEIN, M. G.; SIMON, B. J.; SCHNEIDER, M. F. Effects of caffeine on calcium release from the sarcoplasmic reticulum in frog skeletal muscle fibres. **J Physiol**, v. 425, p. 599-626, Jun 1990. ISSN 0022-3751 (Print).

LAKE, J. P.; LAUDER, M. A. Kettlebell swing training improves maximal and explosive strength. **J Strength Cond Res**, v. 26, n. 8, p. 2228-33, Aug 2012. ISSN 1064-8011.

LEONARD, T. K.; WATSON, R. R.; MOHS, M. E. The effects of caffeine on various body systems: a review. **J Am Diet Assoc**, v. 87, n. 8, p. 1048-53, Aug 1987. ISSN 0002-8223 (Print)

0002-8223.

LESUER, D. A. et al. The Accuracy of Prediction Equations for Estimating 1-RM Performance in the Bench Press, Squat, and Deadlift. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 11, n. 4, p. 211-213, 1997. ISSN 1064-8011.

LUNDBERG, U. Human psychobiology in Scandinavia: II. Psychoneuroendocrinology--human stress and coping processes. **Scand J Psychol**, v. 25, n. 3, p. 214-26, 1984. ISSN 0036-5564 (Print)

0036-5564.

MAIUOLO, J. et al. Regulation of uric acid metabolism and excretion. **Int J Cardiol**, v. 213, p. 8-14, Jun 15 2016. ISSN 0167-5273.

MARTINI, D. et al. Coffee Consumption and Oxidative Stress: A Review of Human Intervention Studies. **Molecules**, v. 21, n. 8, p. 979, 2016. ISSN 1420-3049. Disponível em: < <http://www.mdpi.com/1420-3049/21/8/979> >.

MATTOS, F. D. O. et al. Eficácia ergogênica da suplementação de cafeína sobre o desempenho de força? uma análise crítica. **Revista da Educação Física / UEM**, v. 25, p. 501-511, 2014. ISSN 1983-3083. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-30832014000300501&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-30832014000300501&nrm=iso) >.

MATVEYEV, L. P. Periodization of sports training. **Moscow, Russia: Fisicultura I Sport**, 1966.

MAUGHAN, R. J.; SHIRREFFS, S. M. **Biochemistry of Exercise IX**. Human Kinetics Publishers, 1996. ISBN 088011486X.

MELO, A. P. F. et al. Métodos de estimativa de peso corporal e altura em adultos hospitalizados: uma análise comparativa. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 16, p. 475-484, 2014. ISSN 1980-0037. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-00372014000400475&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-00372014000400475&nrm=iso) >.

NEHLIG, A.; DEBRY, G. Caffeine and sports activity: a review. **Int J Sports Med**, v. 15, n. 5, p. 215-23, Jul 1994. ISSN 0172-4622 (Print)

0172-4622.

OLCINA, G. J. et al. Effect of Caffeine on Oxidative Stress During Maximum Incremental Exercise. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 5, n. 4, p. 621-628, 2006. ISSN 1303-2968. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3861764/> >.

PAPADELIS, C. et al. Effects of mental workload and caffeine on catecholamines and blood pressure compared to performance variations. **Brain Cogn**, v. 51, n. 1, p. 143-54, Feb 2003. ISSN 0278-2626 (Print)

0278-2626.

PASCOE, D. D.; GLADDEN, L. B. Muscle glycogen resynthesis after short term, high intensity exercise and resistance exercise. **Sports Med**, v. 21, n. 2, p. 98-118, Feb 1996. ISSN 0112-1642 (Print)

0112-1642.

PEDRAZA, D. F.; MENEZES, T. N. D. Questionários de Frequência de Consumo Alimentar desenvolvidos e validados para população do Brasil: revisão da literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, p. 2697-2720, 2015. ISSN 1413-8123. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232015000902697&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232015000902697&nrm=iso) >.

PEIXOTO, C. A.; NUNES, A. K. S.; GARCIA-OSTA, A. Phosphodiesterase-5 Inhibitors: Action on the Signaling Pathways of Neuroinflammation, Neurodegeneration, and Cognition. **Mediators Inflamm**, v. 2015, 2015. ISSN 0962-9351 (Print).

PINHO, R. A. D. et al. Doença arterial coronariana, exercício físico e estresse oxidativo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 94, p. 549-555, 2010. ISSN 0066-782X. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0066-782X2010000400018&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2010000400018&nrm=iso) >.

POWERS, S. K.; RADAK, Z.; JI, L. L. Exercise-induced oxidative stress: past, present and future. **J Physiol**, Feb 19 2016. ISSN 0022-3751.

PRASANTHI, J. R. et al. Caffeine protects against oxidative stress and Alzheimer's disease-like pathology in rabbit hippocampus induced by cholesterol-enriched diet. **Free Radic Biol Med**, v. 49, n. 7, p. 1212-20, Oct 15 2010. ISSN 0891-5849.

RHEA, M. R. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. **J Strength Cond Res**, v. 18, n. 4, p. 918-20, Nov 2004. ISSN 1064-8011 (Print)

1064-8011.

ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, v. 287, n. 3, p. R502-16, Sep 2004. ISSN 0363-6119 (Print)

0363-6119.

ROBERTSON, R. J. et al. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 2, p. 333-341, 2003. ISSN 0195-9131.

ROKITZKI, L. et al. alpha-Tocopherol supplementation in racing cyclists during extreme endurance training. **Int J Sport Nutr**, v. 4, n. 3, p. 253-64, Sep 1994. ISSN 1050-1606 (Print)

1050-1606.

SANTOS RDE, A. et al. Caffeine alters anaerobic distribution and pacing during a 4000-m cycling time trial. **PLoS One**, v. 8, n. 9, p. e75399, 2013. ISSN 1932-6203.

SCHOTT, J.; MCCULLY, K.; RUTHERFORD, O. M. The role of metabolites in strength training. II. Short versus long isometric contractions. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 71, n. 4, p. 337-41, 1995. ISSN 0301-5548 (Print)

0301-5548.

SCHUBERT, M. M. et al. Caffeine consumption around an exercise bout: effects on energy expenditure, energy intake, and exercise enjoyment. **J Appl Physiol (1985)**, v. 117, n. 7, p. 745-54, Oct 01 2014. ISSN 0161-7567.

SELYE, H. The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation. **J Clin Endocrinol Metab**, v. 6, p. 117-230, Feb 1946. ISSN 0021-972X (Print)

0021-972x.

SILVA, A. S. R.; ZANESCO, A. Exercício físico, receptores  $\alpha$ -adrenérgicos e resposta vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 9, p. 47-56, 2010. ISSN 1677-5449. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1677-54492010000200007&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-54492010000200007&nrm=iso) >.

SILVA, N. L. et al. Influence of strength training variables on strength gains in adults over 55 years-old: a meta-analysis of dose-response relationships. **J Sci Med Sport**, v. 17, n. 3, p. 337-44, May 2014.

SILVEIRA, L. R.; CURI, R. Regulação do metabolismo de glicose e ácido graxo no músculo esquelético durante o exercício físico. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 56, p. 468-469, 2012. ISSN 0004-2730. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-27302012000700011&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27302012000700011&nrm=iso) >.

SILVESTRE, J. C. et al. Acute effect of a grape concentrate intake on oxidative stress markers in triathletes. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 16, p. 533-544, 2014. ISSN 1980-0037. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-00372014000500533&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-00372014000500533&nrm=iso) >.

SLEPECKY, N.; ULFENDAHL, M.; FLOCK, Å. Effects of caffeine and tetracaine on outer hair cell shortening suggest intracellular calcium involvement. **Hearing Research**, v. 32,

n. 1, p. 11-21, 1988/01/01/ 1988. ISSN 0378-5955. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0378595588901438> >.

SOKMEN, B. et al. Caffeine use in sports: considerations for the athlete. **J Strength Cond Res**, v. 22, n. 3, p. 978-86, May 2008. ISSN 1064-8011.

SOUZA-JUNIOR, T. P. et al. DELAYED URIC ACID ACCUMULATION IN PLASMA PROVIDES ADDITIONAL ANTI-OXIDANT PROTECTION AGAINST IRON-TRIGGERED OXIDATIVE STRESS AFTER A WINGATE TEST. **Biology of Sport**, v. 31, n. 4, p. 271-276, 09/12

04/29/accepted 2014. ISSN 0860-021X

2083-1862. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4203843/> >.

SOUZA-JUNIOR, T. P. D. et al. A CAFEÍNA POTENCIALIZA O DESEMPENHO EM ATIVIDADES DE ENDURANCE? **Brazilian Journal of Biomotricity**, v. 6, n. 3, p. 144-152, 2012a. ISSN 1981-6324.

SOUZA-JUNIOR, T. P. D. et al. A CAFEÍNA POTENCIALIZA O DESEMPENHO EM ATIVIDADES DE ENDURANCE? **Brazilian Journal of Biomotricity**, v. vol 6, p. 144-152, 2012b.

SOUZA JR., T. P. D.; OLIVEIRA, P. R. D.; PEREIRA, B. Exercício físico e estresse oxidativo: efeitos do exercício físico intenso sobre a quimioluminescência urinária e malondialdeído plasmático. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, p. 91-96, 2005. ISSN 1517-8692. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-86922005000100010&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922005000100010&nrm=iso) >.

SOUZA JUNIOR, T. P. D.; PEREIRA, B. Creatina: auxílio ergogênico com potencial antioxidante? **Revista de Nutrição**, v. 21, p. 349-353, 2008. ISSN 1415-5273. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-52732008000300010&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732008000300010&nrm=iso) >.

SPRIET, L. L. Exercise and sport performance with low doses of caffeine. **Sports Med**, v. 44 Suppl 2, p. S175-84, Nov 2014. ISSN 0112-1642.

SUGITA, M. et al. Influence of green tea catechins on oxidative stress metabolites at rest and during exercise in healthy humans. **Nutrition**, v. 32, n. 3, p. 321-31, Mar 2016. ISSN 0899-9007.

TAN, B. Manipulating Resistance Training Program Variables to Optimize Maximum Strength in Men: A Review. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 13, n. 3, p. 289-304, 1999. ISSN 1064-8011. Disponível em: < [http://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1999/08000/Manipulating\\_Resistance\\_Training\\_Program\\_Variables.19.aspx](http://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1999/08000/Manipulating_Resistance_Training_Program_Variables.19.aspx) >.

TARNOPOLSKY, M.; CUPIDO, C. Caffeine potentiates low frequency skeletal muscle force in habitual and nonhabitual caffeine consumers. **J Appl Physiol** (1985), v. 89, n. 5, p. 1719-24, Nov 2000. ISSN 8750-7587 (Print)

0161-7567.

THOMAS, J.; NELSON, J.; SILVERMAN, S. **Research Methods in Physical Activity**. New York: Human Kinetics, 2005.

TIMMINS, T. D.; SAUNDERS, D. H. Effect of Caffeine Ingestion on Maximal Voluntary Contraction Strength in Upper- and Lower-Body Muscle Groups. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 11, p. 3239-3244, 2014. ISSN 1064-8011. Disponível em: < [http://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2014/11000/Effect\\_of\\_Caffeine\\_Ingestion\\_on\\_Maximal\\_Voluntary.28.aspx](http://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2014/11000/Effect_of_Caffeine_Ingestion_on_Maximal_Voluntary.28.aspx) >.

TREVINO, M. A. et al. Acute effects of caffeine on strength and muscle activation of the elbow flexors. **J Strength Cond Res**, v. 29, n. 2, p. 513-20, Feb 2015. ISSN 1064-8011.

TREXLER, E. T. et al. Effects of coffee and caffeine anhydrous on strength and sprint performance. **Eur J Sport Sci**, v. 16, n. 6, p. 702-10, Sep 2016. ISSN 1536-7290.

TRICE, I.; HAYMES, E. M. Effects of caffeine ingestion on exercise-induced changes during high-intensity, intermittent exercise. **Int J Sport Nutr**, v. 5, n. 1, p. 37-44, Mar 1995. ISSN 1050-1606 (Print)

1050-1606.

URSO, M. L.; CLARKSON, P. M. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. **Toxicology**, v. 189, n. 1-2, p. 41-54, Jul 15 2003. ISSN 0300-483X (Print)

0300-483x.

USACHEV, Y. et al. Caffeine-induced calcium release from internal stores in cultured rat sensory neurons. **Neuroscience**, v. 57, n. 3, p. 845-859, 1993/12/01/ 1993. ISSN 0306-

4522. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030645229390029F> >.

VOLEK, J. S. Influence of nutrition on responses to resistance training. **Med Sci Sports Exerc**, v. 36, n. 4, p. 689-96, Apr 2004. ISSN 0195-9131 (Print)

0195-9131.

VON RUDEN, L.; NEHER, E. A Ca-dependent early step in the release of catecholamines from adrenal chromaffin cells. **Science**, v. 262, n. 5136, p. 1061-5, Nov 12 1993. ISSN 0036-8075 (Print)

0036-8075.

WELSH, E. J. et al. Caffeine for asthma. **Cochrane Database Syst Rev**, n. 1, p. Cd001112, Jan 20 2010. ISSN 1361-6137.

WOOLF, K.; BIDWELL, W. K.; CARLSON, A. G. The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, v. 18, n. 4, p. 412-29, Aug 2008. ISSN 1526-484X (Print)

1526-484x.

WUST, R. C. et al. Rapid frequency-dependent changes in free mitochondrial calcium concentration in rat cardiac myocytes. **J Physiol**, v. 595, n. 6, p. 2001-2019, Mar 15 2017. ISSN 0022-3751.

YONEZAWA, L. A. et al. Efeito da suplementação com vitamina E sobre os metabolismos oxidativo e cardíaco em equinos submetidos a exercício de alta intensidade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 71-79, 2015. ISSN 0102-0935. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-09352015000100071&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352015000100071&nrm=iso) >.

YUE, G.; COLE, K. J. Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. **J Neurophysiol**, v. 67, n. 5, p. 1114-23, May 1992. ISSN 0022-3077 (Print)

0022-3077.

ZERAATPISHE, A. et al. The Effects of Caffeine Supplements on Exercise-Induced Oxidative Damages. **Asian J Sports Med**, v. 6, n. 4, p. e23023, Dec 2015. ISSN 2008-000X (Print)

2008-000x.

ZHENG, X. et al. Acute intraperitoneal injection of caffeine improves endurance exercise performance in association with increasing brain dopamine release during exercise. **Pharmacol Biochem Behav**, v. 122, p. 136-43, Jul 2014. ISSN 0091-3057.

## **APÊNDICES**

### **APÊNDICE 1 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Nós, Professor Dr. Tácito de Souza Pessoa Junior e Mestrando Luis Henrique Boiko Ferreira do programa de pós graduação em Educação Física da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você, homens adultos saudáveis, habituados ao exercício intermitente de alta intensidades, recrutados em academias de musculação, da cidade de Irati/PR a participar de um estudo intitulado : “efeito de diferentes doses de cafeína sobre as variáveis de força máxima e estresse oxidativo em indivíduos recreacionalmente ativos e competidores de levantamento de peso”. Maiores evidências científicas sobre os efeitos da suplementação de cafeína no exercício intermitente poderá ser útil para a melhor prescrição do seu uso, para elaboração de novas pesquisas na área e formação de um corpo de evidências que suportem seu uso.

- a) O objetivo desta pesquisa é verificar os possíveis benefícios da suplementação aguda com cafeína no desempenho e combate ao estresse oxidativo gerado durante o exercício intermitente.
- b) Caso você participe da pesquisa, será necessário que você compareça em 3 dias diferentes a uma academia específica de sua preferencia, para alguns testes. Realize as medidas de peso, altura, pressão arterial, frequência cardíaca, glicemia, e realize protocolos de exercício intenso no ciclo-ergômetro (bicicleta ergométrica). Será necessário que consuma duas capsulas em três dias distintos, separados por 7 dias, uma contendo cafeína e outra contendo placebo, numa proporção de 6/8 mg por kg corporal. Também serão realizadas coletas sanguíneas da região do antebraço por um enfermeiro particular contratado, em dois dos três dias, antes e após realizar o exercício intenso, totalizando 4 coletas.
- c) Alguns riscos relacionados ao estudo podem ser: sentir agitação, nervosismo, insônia, desconforto gastro-intestinal, aumento da pressão, arritmias, diurese, dores musculares, cansaço ou desconforto devido a suplementação e o exercício intenso. As possíveis complicações que podem ocorrer durante a coleta sanguínea pode destacar o desconforto, formação de Hematoma, punção acidental de uma artéria, infecção, lesão nervosa, dor. Você poderá deixar a pesquisa a qualquer momento em que achar necessário.
- d) Os benefícios esperados com essa pesquisa serão os avanços científicos sobre o efeito da cafeína no exercício intermitente. Você receberá todos os dados das avaliações de pressão arterial, glicemia, frequência cardíaca, desempenho e análises sanguíneas.
- e) Os pesquisadores Prof. Dr. Tácito Pessoa Junior Tel. (41) 9217-7879 e Mestrando Alexandre Ricardo Okuyama Tel. (41) 96266854 serão responsáveis por este estudo poderão ser localizados no Departamento de Educação Física.

- g) A sua participação neste estudo é voluntária e se o senhor não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado.
- h) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas por pessoas autorizadas pelo Prof. Dr. Tácito Pessoa de Souza Júnior. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida sua confidencialidade.
- i) As despesas necessárias para a realização da pesquisa (exames, medicamentos, suplementação e etc.) não são de sua responsabilidade e pela sua participação no estudo você não receberá qualquer valor em dinheiro. Custos adicionais de transporte e exame médico serão ressarcidos pelo pesquisador caso solicitado.
- j) O material obtido – as medidas antropométricas, das variáveis fisiológicas, de capacidades físicas e das amostras sanguíneas – será utilizado unicamente para essa pesquisa e será destruído/descartado ao término do estudo, dentro de 4 anos. As amostras sanguíneas serão descartadas segundo as normas e recomendações da Sociedade Brasileira de Patologia Clínica e Medicina Laboratorial para a coleta de sangue venoso.
- k) Caso alguma lesão, mal estar ocorram, ou qualquer outro fator que necessite de atendimento, os devidos primeiros socorros serão prestados no local.
- l) Quando os resultados forem publicados, seus dados serão preservados e não aparecerá seu nome, e sim um código.

Eu, \_\_\_\_\_ li esse termo de consentimento e

compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão. Eu entendi o que não posso fazer durante a pesquisa e fui informado que serei atendido sem custos para mim se eu apresentar algum dos problemas relacionados ao estudo.

Irati, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017

---

[Assinatura do Participante de Pesquisa]

---

[Assinatura do Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE]

APÊNDICE 2

FICHA 2 – PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA E USO DE SUPLEMENTOS E  
MEDICAMENTOS

|        |      |
|--------|------|
| Nome:  |      |
| Email: | Tel: |

|  |
|--|
| Pratica Exercício Físico ( ) Sim ( ) Não   |
| Modalidades:                               |
| Tempo de prática:                          |
| Dias por semana:                           |
| Horas por Dia:                             |
| Uso de Suplementos ( ) Sim ( ) Não         |
| Tipo e marca:                              |
| Dose consumida:                            |
| Vitaminas:(A,C,E ou complexos vitamínicos) |

|                                     |
|-------------------------------------|
| Uso de Medicamentos ( ) Sim ( ) Não |
| Tipo e marca:                       |
| Doses consumida :                   |

**Declaração:** Assumo a veracidade das informações prestadas acima

Assinatura: \_\_\_\_\_

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

APENDICE 3

FICHA 3- O CONSUMO DO PRODUTO E O CONTEÚDO EM CAFEÍNA

|        |      |
|--------|------|
| Nome:  |      |
| Email: | Tel: |

CONSUMO DE CAFÉ

- 1\_ Consumo de café:  
 Sim  Não
- 2\_ Tipos de café que regularmente consome:  
 Filtrado (filtro de papel)  
 Filtrado (coador de papel),  
 Solúvel  
 Descafeinado  
 Fevido/Mocho ou perolado  
 Espresso  
 Não sabe  
 Outro: \_\_\_\_\_
- 3\_ Frequência de consumo \_\_\_\_\_ vez(es) por dia;
- 4\_ Tamanho da porção que geralmente consome (por exemplo, xícara pequena, xícara grande, etc.)

CONSUMO DE PRODUTOS COM CONTÉUDO EM CAFEÍNA

| Produto                                  | Tipo/Marca | Quantidade por Dia |
|--|------------|--------------------|
| Café (preto, mate, branco, verde),       |            |                    |
| Chocolate (ao leite, amargo, branco)     |            |                    |
| Bebida achocolatada                      |            |                    |
| Refrigerantes (Cola, Guaraná),           |            |                    |
| Bebidas Energéticas                      |            |                    |
| Suplementos (Pre-treinos e Termogênicos) |            |                    |
| Analgésicos                              |            |                    |
| Remédio para gripe                       |            |                    |

## APENDICE 4

### LISTA DE PRODUTOS/ALIMENTOS

Prezado participante, o consumo dos itens abaixo deve ser evitado em um período de 110 minutos (mínimo 24 horas anteriores ao comparecimento no laboratório para o dia da coleta. Essa medida é necessária para o controle do consumo de cafeína, presente em todos os itens, abaixo, o que poderia prejudicar o resultado da pesquisa.

|  |                           |
|--|---------------------------|
| Café   | Whey protein              |
| Cafeína  | BCAA                      |
| Óleos  | Metformina                |
| Bebidas Energéticas  | Termogênicos              |
| Chocolate  | Beta-alanina              |
| Alimentos  | Omega 3/6                 |
| Vitamina G (balas, efervescentes)                            | Bicarbonato               |
| Refrigerantes  | Glutamina                 |
| Guarana (pó, bebidas)  | Analgesicos               |
| Sucos Funcionais/Detox (Frutas, Legumes, Tubérculos, Fibras) | Remédios para gripe       |
| Suplementos polivitamínicos                                  | Anti-inflamatórios        |
| Suplementos de beterraba                                     | Relaxantes musculares     |
| Creatina   | Antibióticos              |
| Pre-treinos  | Suplementos Antioxidantes |

APÊNDICE 5

FICHA 4 – FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO

|       |       |
|-------|-------|
| Nome: | Data: |
|-------|-------|

Você conseguiu identificar qual suplementação utilizou? (    ) Sim (    ) Não

Se sim, qual suplementação você acha que utilizou? (    ) Cafeína (    ) Placebo

Por que? \_\_\_\_\_

Sentiu algum efeito colateral? (    ) Sim (    ) Não

Se sim, quais dos citados abaixo:

(    ) Diurese

(    ) Arritmia

(    ) Dor de Cabeça

(    ) Desconfortos Gastrointestinais

(    ) Aumento da disposição/sensação de alerta

(    ) Aumento da Ventilação

(    ) Aumento da Frequência Cardíaca

(    ) Outros \_\_\_\_\_

## **ANEXOS**

ANEXO 1

**PARO.**  
*Physical Activity Readiness Questionnaire*

Este Questionário tem o objetivo de identificar a necessidade de avaliação física antes do início da atividade física. Gasão, e marque mais de um sim, e aconselhe a realização da avaliação física. Contudo, qualquer pessoa pode participar de uma atividade física de esforço moderado, respeitando as restrições médicas.

Por favor, assinalar "sim" ou "não" as seguintes questões:

1) Alguma vez, você se lembra de um médico que recomendou que você praticasse atividade física sob orientação médica?

( ) sim ( ) não, 1130

2) Você sente dor no peito causada pela prática de atividades físicas?

( ) sim ( ) não

3) Você sentiu dor no peito nos últimos 110 meses?

( ) sim ( ) não, 1130

4) Você tende a perder a consciência ou cair como resultado do treinamento?

( ) sim ( ) não, 1130

5) Você tem algum problema de saúde ou musculares que possa ser agravado com a prática de atividades físicas?

( ) sim ( ) não, 1100

6) Seu médico já recomendou o uso de medicamentos para controle de pressão arterial ou colesterol? 30 cardiologia?

( ) sim ( ) não, 1100

7) Você tem alguma condição, através de sua própria experiência ou de aconselhamento médico, de alguma outra razão física que impeça a realização de atividades físicas?

( ) sim ( ) não, 1100

Gostaria de orientar um centro de treinamento de saúde de seu país em física ou psicologia que impeça a sua participação na atividade física? PQiStar?

---

**Declaração:** Assumo a veracidade das informações prestadas e declaro que estou em plena capacidade física para realizar exercícios físicos, sem nenhuma restrição médica para me submeter ao programa de treinamento físico. Declaro, ainda, que não sou portador de nenhuma doença infecciosa que possa prejudicar os demais frequentadores do ambiente de exercícios.

Nome: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

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



| Suplementos |      |       |                   |
|-------------|------|-------|-------------------|
| Tipo        | Dose | Marca | Frequencia de uso |
|             |      |       |                   |
|             |      |       |                   |
|             |      |       |                   |
|             |      |       |                   |
|             |      |       |                   |
|             |      |       |                   |
|             |      |       |                   |
|             |      |       |                   |
|             |      |       |                   |

Quem indicou o uso de suplementos: \_\_\_\_\_

Você usa algum medicamento?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

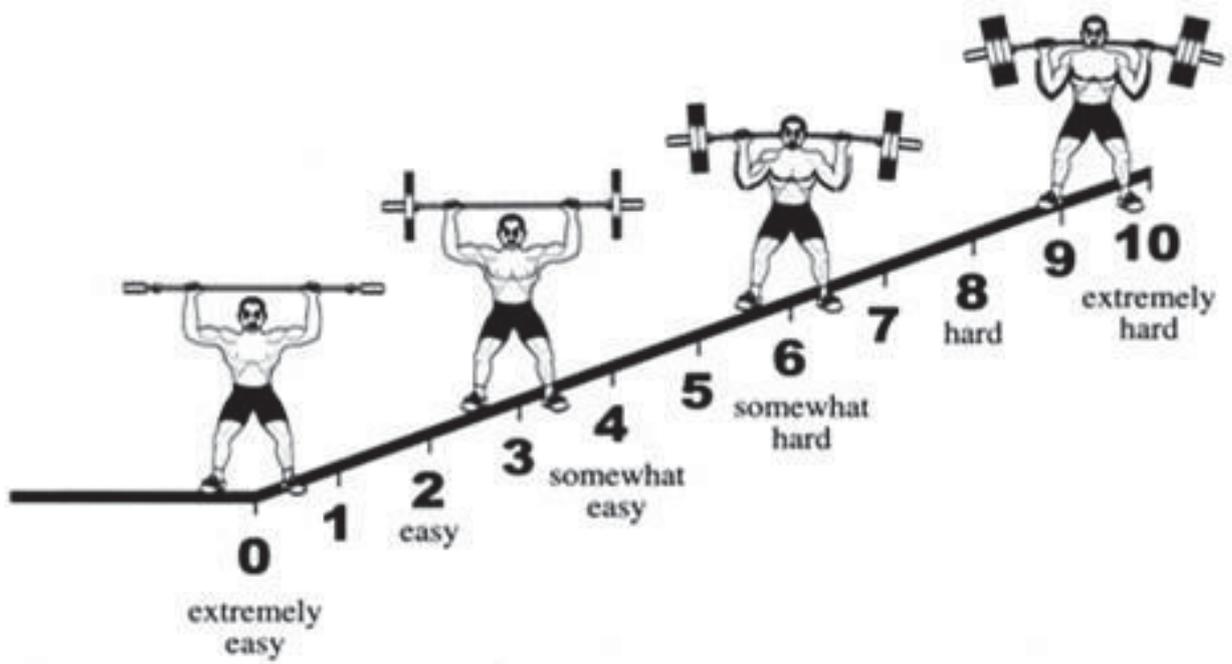
Observações: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ANEXO 3



*Escala OMNI de percepção de esforço para adultos (ROBERTSON et al., 2003)*

ANEXO 4

| Repetições completadas | Fator de repetição |
|------------------------|--------------------|
| 1                      | 1.00               |
| 2                      | 1.07               |
| 3                      | 1.10               |
| 4                      | 1.13               |
| 5                      | 1.16               |
| 6                      | 1.20               |
| 7                      | 1.23               |
| 8                      | 1.27               |
| 9                      | 1.32               |
| 10                     | 1.36               |

Fonte: BAECHLE, 1992