

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FABIANO TOMAZINI

EFEITO COMBINADO DE ADVERSÁRIO VIRTUAL E INGESTÃO AGUDA DE
CAFEÍNA SOBRE O DESEMPENHO E FADIGA NEUROMUSCULAR EM UMA
PROVA DE 4 KM DE CICLISMO

CURITIBA

2022

FABIANO TOMAZINI

EFEITO COMBINADO DE ADVERSÁRIO VIRTUAL E INGESTÃO AGUDA DE
CAFEÍNA SOBRE O DESEMPENHO E FADIGA NEUROMUSCULAR EM UMA
PROVA DE 4 KM DE CICLISMO

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em
Educação Física, Setor de Ciências Biológicas,
Universidade Federal do Paraná, como requisito
para a obtenção do título de Doutor em Educação
Física.

Orientador: Prof. Dr. Adriano E. Lima da Silva

CURITIBA

2022

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

Tomazini, Fabiano.

Efeito combinado de adversário virtual e ingestão aguda de cafeína sobre o desempenho e fadiga neuromuscular em uma prova de 4 km de ciclismo. / Fabiano Tomazini. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Orientador: Adriano E. Lima da Silva.

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

1. Substâncias para melhoria do desempenho. 2. Competição (Esporte). 3. Teste de esforço. 4. Cafeína. 5. Ciclismo. I. Título. II. Silva, Adriano E. Lima da. III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação EDUCAÇÃO FÍSICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **FABIANO TOMAZINI** intitulada: **"EFEITO COMBINADO DE ADVERSÁRIO VIRTUAL E INGESTÃO AGUDA DE CAFEÍNA SOBRE O DESEMPENHO E FADIGA NEUROMUSCULAR EM UMA PROVA DE 4 KM DE CICLISMO"**, sob orientação do Prof. Dr. ADRIANO EDUARDO LIMA DA SILVA, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 18 de Março de 2022.

Assinatura Eletrônica
18/03/2022 17:10:43.0
ADRIANO EDUARDO LIMA DA SILVA
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
18/03/2022 17:51:41.0
GLEBER PEREIRA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
06/05/2022 10:03:41.0
ANDERSON CAETANO PAULO
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
18/03/2022 17:01:50.0
ROMULO CÁSSIO DE MORAES BERTUZZI
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)

Dedico este trabalho aos meus pais Enivaldo Tomazini e Tereza Fermino Tomazini que sempre fizeram o possível e o impossível para me proporcionar o melhor, valores, educação e apoio (seja qual for).

À todos aqueles (amigos, familiares e professores) que de alguma forma me ajudaram ao longo da minha vida. Em especial, aos amigos e treinadores Tarcísio Gasparini (*in memoriam*) e Adilson Ferreira da Silva, meus pais no Atletismo, por todo apoio e conhecimento transmitido.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao meu orientador, professor Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva pela paciência, presteza e sabedoria na condução ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Grande pesquisador, exemplo de profissional e pessoa. Tenho muito orgulho de ter sido seu orientando.

Agradeço a ajuda do grande amigo e professor Dr. Marcos David da Silva Cavalcante pelo exemplo de pessoa e sabedoria.

À minha fiel companheira Dda. Ana Carla Santos Mariano. Obrigado por todo apoio e companheirismo durante as coletas e desenvolvimento de todo este trabalho.

Aos professores Drs. Gleber Pereira, Rômulo Bertuzzi e Anderson Caetano Paulo pelas considerações e sugestões que ajudaram no aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao grande amigo Ddo. Vinícius F. dos Santos Andrade por toda ajuda nas coletas deste trabalho.

Aos participantes que doaram o seu esforço e precioso tempo para participar deste trabalho.

Ao professor Dr. Daniel B. Coelho pela ajuda nas análises de dados.

À instituição, direção, professores e funcionários da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) campus Neoville por toda ajuda.

Aos colegas (Angélica, Astrid, Gislaine, Letícia V., Letícia W., Nicholas, Ottávio, Pâmela, Renato, Saulo e Victor) integrantes do nosso laboratório e do Grupo de Pesquisa em Performance Humana (GPPH), enquanto estive em Curitiba-PR, por toda ajuda e apoio.

Aos professores que ministraram e ministram as disciplinas do PPGEDF-UFPR.

À instituição, direção professores e funcionários da UFPR campus Botânico (atual Centro Politécnico) por toda ajuda e apoio.

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação em Educação Física (PPGEDF) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Rodrigo Waki por toda ajuda com as questões burocráticas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Seu futuro depende de muitas coisas, mas principalmente de você”

Frank Tyger

(in memoriam)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar o efeito da combinação adversário virtual (ADV) e ingestão aguda de cafeína (CAF, 5 mg·kg⁻¹ de massa corporal) sobre o desempenho e fadiga neuromuscular em uma prova simulada de 4 km de ciclismo. Onze atletas de ciclismo (consumo máximo de oxigênio- $\dot{V}O_{2max}$: 56,1 ± 13,2 mL·kg⁻¹·min⁻¹, potência de pico-PPO: 359,5 ± 22,5 W, frequência de treinamento: 5 ± 1 vezes p/semana), realizaram cinco visitas ao laboratório: na primeira visita foi realizada a caracterização da amostra com teste incremental máximo e um teste contrarrelógio (TCR) de 4 km para familiarização. Na segunda visita foram realizados dois testes de familiarização com TCR de 4 km. Na terceira, quarta e quinta visitas foram realizados o TCR de 4 km nas seguintes condições: 1) sem ADV e suplementação – controle (CON), 2) com ADV combinado com a ingestão aguda de placebo (ADVPLA), e 3) com ADV combinado com a ingestão aguda de cafeína (ADVCAF). Os testes das visitas 3, 4 e 5 foram realizados com intervalo de sete dias, no formato randomizado e contrabalanceado, enquanto a ingestão de placebo e cafeína de forma duplo-cega. A potência mecânica, atividade eletromiográfica, percepção subjetiva de esforço e frequência cardíaca foram convertidas em médias a cada 1 km. A função neuromuscular foi medida pelo método de eletroestimulação, pré- e pós-TCR. O tempo de duração do TCR foi significativamente reduzido ($P \leq 0,05$) em ADVPLA (370,7 ± 14,2 s) vs. CON (375,1 ± 15,5 s), e em ADVCAF (367,3 ± 15,3 s) vs. ADVPLA e CON. A média de potência foi maior em ADVPLA (309,3 ± 25,7 W) comparado ao CON (301,1 ± 23,7 W, $P = 0,034$), mas foi similar entre ADVCAF (316,0 ± 27,7 W) e ADVPLA ($P = 0,074$), embora tenha sido maior que no CON ($P = 0,001$). Da mesma forma, a média de atividade eletromiográfica no TCR foi maior em ADVPLA (55,9 ± 2,8 %) e ADVCAF (51,9 ± 2,5 %) comparado ao CON (42,0 ± 2,6 %, $P < 0,05$), mas sem diferença entre ADVCAF e ADVPLA ($P = 0,330$). A percepção de esforço aumentou durante o TCR, sendo no 1 km maior em ADVPLA (14,0 ± 1,9 u. a.) do que em CON (13,3 ± 1,7 u. a., $P = 0,034$) e ADVCAF (13,1 ± 2,5 u. a., $P = 0,009$); no 2 km ADVPLA (15,4 ± 2,0 u. a.) foi maior do que CON (14,7 ± 2,0 u. a., $P = 0,034$), mas sem diferenças entre ADVPLA e ADVCAF ($P = 0,420$); no 3 km não houve diferenças entre as três condições; no 4 km ADVCAF (18,4 ± 1,9 u. a.) foi maior que ADVPLA (17,3 ± 1,8 u. a.; $P = 0,001$) e CON (17,7 ± 1,9 u. a.; $P = 0,034$). A frequência cardíaca na condição ADVCAF foi maior (181 ± 10 bpm) do que em ADVPLA (177 ± 13 bpm, $P = 0,024$) e CON (175 ± 11 bpm, $P = 0,001$), mas não houve diferença entre CON e ADVPLA ($P > 0,05$). Os parâmetros de função neuromuscular indicadores de fadiga global, central e periférica reduziram de pré- para pós-exercício de forma similar entre as condições ($P > 0,05$). Em conclusão, a cafeína se mostrou ergogênica mesmo quando o desempenho já está otimizado com o adversário virtual, mas isso não ocorre devido a maior ativação muscular ou as custas de aumento significativo de fadiga neuromuscular ao final do exercício.

Palavras-chaves: Recurso ergogênico. Competidor virtual. Teste contrarrelógio. Estratégia de prova.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of combined virtual opponent and ingestion of caffeine (5 mg·kg⁻¹ body mass, CAF) on performance during a 4-km cycling time-trial (TT). Eleven men, trained cyclists (maximal oxygen uptake- $\dot{V}O_{2\max}$: 56.1 ± 13.2 mL·kg⁻¹·min⁻¹, peak power output-PPO: 359.5 ± 22.5 W, training frequency: 5 ± 1 t/wk), performed five visits to the laboratory: the first visit consisted of selection and characterization of sample, with an incremental maximal test and a 4-km cycling time-trial (TT) familiarization. On the second visit was performed more two 4-km TT for familiarization. On the third, fourth and fifth visits, the 4-km TT was performed under the following conditions: 1) no virtual opponent (OP) and supplementation - control (CON); 2) with OP combined with acute intake of placebo (OPPLA), and 3) with OP combined with acute intake of caffeine (OPCAF). Trials at visits 3, 4 and 5 were performed with an interval of seven days, in a randomized and crossover design, while intake placebo and caffeine in double-blind manner. The power output, electromyography, rating of perceived, and heart rate were analysed for average every 1-km. The neuromuscular function was measured by the electrostimulation method at pre-TT and post-TT. The time during the 4-km cycling TT was significantly reduced ($P \leq 0.05$) in OPPLA (370.7 ± 14.2 s) vs CON (375.1 ± 15.5 s), and in OPCAF (367.3 ± 15.3 s) vs. OPPLA and CON. The mean power output was higher throughout the TT in OPPLA (309.3 ± 25.7 W) compared to CON (301.1 ± 23.7 W, $P = 0.034$), but it was similar between OPCAF (316.0 ± 27.7 W) OPPLA ($P = 0.074$) and higher in OPCAF than in CON ($P = 0.001$). The mean root mean square (RMS) of EMG signal was higher throughout the TT in OPPLA (55.9 ± 2.8 %) compared to CON (42.0 ± 2.6 %, $P = 0.003$), and OPCAF (51.9 ± 2.5 %) compared to CON ($P = 0.023$), but not between OPCAF and OPPLA ($P = 0.330$). There was a condition vs distance interaction for rating of perception of effort ($P = 0.001$), with perception of effort at 1 km being greater in OPPLA (14.0 ± 1.9 u. a.) than in CON (13.3 ± 1.7 a. u., $P = 0.034$) and OPCAF (13.1 ± 2.5 a. u., $P = 0.009$); at 2 km OPPLA (15.4 ± 2.0 a. u.) was greater than CON (14.7 ± 2.0 a. u., $P = 0.034$) but not OPCAF ($P = 0.420$); at 4 km OPCAF (18.4 ± 1.9 a. u.) was greater than OPPLA (17.3 ± 1.8 a. u.; $P = 0.001$) and CON (17.7 ± 1.9 a. u.; $P = 0.034$). Heart rate in the OPCAF was higher (181 ± 10 bpm) than in the OPPLA (177 ± 13 bpm, $P = 0.024$) and CON conditions (175 ± 11 bpm, $P = 0.001$). Neuromuscular parameters indicating global, central, and peripheral fatigue were reduced from pre- and post- exercise similarly between the conditions ($P > 0.05$). In conclusion, caffeine was ergogenic even with performance already increased with virtual opponent, but this increase was not due to a greater muscle activation or at the expense of greater end-exercise fatigue neuromuscular.

Key-words: Ergogenic aid. Virtual opponent. Time-trial test. Pacing strategy.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - TIPOS DE PROVAS DE VELOCIDADE E RESISTÊNCIA	14
FIGURA 2 - CONCENTRAÇÃO PLASMÁTICA DE CAFEÍNA AO LOGO DE 60 MINUTOS APÓS A INGESTÃO (REPOUSO) E DURANTE O EXERCÍCIO, COM BASE EM QUATRO (0, 3, 6 E 9 MG·KG ⁻¹) DOSAGENS DIFERENTES.....	24
FIGURA 3 - EFEITOS DA CAFEÍNA NO SISTEMA NERVOSO CENTRAL E TECIDOS PERIFÉRICOS.....	27
FIGURA 4 - DESENHO EXPERIMENTAL DO ESTUDO.....	43
FIGURA 5 - LINHA DO TEMPO DOS TESTES DE FAMILIARIZAÇÃO.....	45
FIGURA 6 - LINHA DO TEMPO DOS TESTES EXPERIMENTAIS.....	46
FIGURA 7 - VISÃO DO <i>DISPLAY</i> E DO AVATAR PELO PARTICIPANTE DURANTE UM TESTE EXPERIMENTAL.....	47
FIGURA 8 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA AVALIAÇÃO NEUROMUSCU- LAR PRÉ- E PÓS-TCR DE 4 KM.....	50

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - DESEMPENHO DURANTE O TCR DE 4 KM CICLISMO NAS CONDIÇÕES CONTROLE (CON), ADVERSÁRIO COMBINADO COM PLACEBO (ADVPLA) E ADVERSÁRIO COMBINADO COM CAFEÍNA (ADVCAF).....	54
GRÁFICO 2 - PARÂMETROS DE POTÊNCIA (PAINEL A) E RECRUTAMENTO NEUROMUSCULAR (PAINEL B) DURANTE O TCR DE 4 KM DE CICLISMO DURANTE A CONDIÇÃO CONTROLE (CON) SEM ADVERSÁRIO VIRTUAL, ADVERSÁRIO VIRTUAL COMBINADO COM INGESTÃO DE PLACEBO (ADVPLA) E ADVERSÁRIO VIRTUAL COMBINADO COM INGESTÃO DE CAFEÍNA (ADVCAF).....	56
GRÁFICO 3 - PARÂMETROS DE RESPOSTAS DE FADIGA EM PRÉ-TCR E PÓS-TCR DE 4 KM APÓS O CONTROLE (CON), ADVERSÁRIO COMBINADO COM PLACEBO (ADVPLA) E ADVERSÁRIO COMBINADO COM CAFEÍNA (ADVCAF).....	58
GRÁFICO 4 - PARÂMETROS DE RESPOSTA PERCEPTUAL E FISIOLÓGICA DURANTE O TCR DE 4 KM. PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PAINEL A) E FREQUÊNCIA CARDÍACA (PAINEL B), DURANTE A CONDIÇÃO CONTROLE (CON) SEM ADVERSÁRIO VIRTUAL, ADVERSÁRIO VIRTUAL COMBINADO COM PLACEBO (ADVPLA) E ADVERSÁRIO VIRTUAL COMBINADO COM CAFEÍNA (ADVCAF).....	60

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - RESUMO DOS ESTUDOS COM TCR, COM ADVERSÁRIO E SEUS RESULTADOS SOBRE O DESEMPENHO E FADIGA.....	18
QUADRO 2 - RESUMO DOS ESTUDOS COM TCR, COM INGESTÃO AGUDA DE CAFEÍNA E SEUS RESULTADOS SOBRE O DESEMPENHO E FADIGA.....	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, FISIOLÓGICOS E DE TREINAMENTO DOS PARTICIPANTES (N=11).....	41
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

ADP	- Difosfato de adenosina
ADV	- Adversário virtual
ADVCAF	- Adversário virtual combinado com cafeína (condição)
ADVPLA	- Adversário virtual combinado com placebo (condição)
Ag/AgCL	- Prata/cloreto de prata
AMPc	- Adenosina monofosfato cíclica
ATP	- Trifosfato de adenosina
AV	- Ativação voluntária
A ₁	- Receptor de adenosina 1
A ₂	- Receptor de adenosina 2
bpm	- Batimentos por minuto
CAAE	- Certificado de apresentação para apreciação ética
CAF	- Cafeína
Ca ²⁺	- Íon cálcio
CEP	- Comitê de ética e pesquisa
CHO	- Carboidrato
cm	- Centímetro
CON	- Condição controle
CONEP	- Conselho nacional de ética em pesquisa
CO ₂	- Gás carbônico
CVIM	- Contração voluntária isométrica máxima
CVIM+EE	- Contração voluntária isométrica máxima + estimulação elétrica
C ₆ H ₁₂ O ₆	- Glicose
dB	- Decibel
DHP	- Receptor de diidropiridina
EE	- Estimulação elétrica
EMG	- Eletromiografia
ES	- <i>Effect Size</i> (tamanho de efeito)
FC	- Frequência cardíaca
FC _{máx.}	- Frequência cardíaca máxima
g	- Grama

GΩ	- Gigaohm
h	- Hora
IC	- Intervalo de confiança
Hz	- Hertz
H ⁺	- Íon de hidrogênio
ISSN	- <i>International Society of Sports Nutrition</i> (Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva)
kg	- Quilograma
kHz	- Kilohertz
Kj	- Kilojoule
K ⁺	- Íon potássio
kΩ	- Quiloohm
km	- Quilômetro
lbs	- Libras
L.min ⁻¹	- Litros por minuto
LSD Test	- <i>Least Significant Difference Test</i> (Teste de Diferença Mínima Significativa)
m	- Metro
mA	- MiliAmpère
mg.kg ⁻¹	- Miligrama por quilograma por minuto
Mg ²⁺	- Íon magnésio
min.	- Minuto
mL	- Mililitro
mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹	- Mililitro por quilograma por minuto
mm	- Milímetro
mmHg	- Milímetro de mercúrio
Ms	- milissegundo
mV	- milivolt
MVIC	- Maximal voluntary isometric contraction
n	- Número da amostra
N	- Newton
Na ⁺	- Sódio
OP	- <i>Virtual opponent</i>

OPCAF	- <i>Virtual opponent combined with caffeine (condition)</i>
OPPLA	- <i>Virtual opponent combined with placebo (condition)</i>
O ₂	- Oxigênio
PaCO ₂	- Pressão parcial de gás carbônico
PAR-Q	- Questionário de avaliação de risco ao exercício
PCr	- Creatina fosfato
PDE	- Fosfodiesterase
pH	- Potencial hidrogeniônico
PHOS	- Fosforilases
Pi	- Fosfato inorgânico
POT	- Potência (Watts)
PLA	- Placebo
PO _{UEC}	- Potência do último estágio completo do teste
PSE	- Percepção subjetiva de esforço
PPO	- Potência pico
Q _{tw,pot}	- <i>Quadriceps potentiated twitch-force</i> (estímulo elétrico potencializado de 1 Hz)
Q _{tw10}	- <i>Quadriceps twitch-force</i> 10 Hz (estímulo elétrico duplo de 10 Hz)
Q _{tw100}	- <i>Quadriceps twitch-force</i> 100 Hz (estímulo elétrico duplo de 100 Hz)
RER	- Taxa de mudança respiratória
RyRs	- Receptor de rianodina
RMS	- <i>Root mean square</i>
RMS-EMG	- <i>Root mean square</i> em percentual da atividade eletromiográfica
RMS% _{CVIM}	- <i>Root mean square</i> em percentual da contração voluntária isométrica máxima
rpm	- Rotações por minuto
s	- Segundo
SENIAM	- <i>Surface EMG for a non-invasive assessment of muscles</i> (Eletromiografia de superfície para uma avaliação não-invasiva de músculos)

SNC	- Sistema nervoso central
t	- Tempo
TCLE	- Termo de consentimento livre e esclarecido
TCR	- Teste contrarrelógio
TCR ADVCAF	- Teste contrarrelógio com adversário combinado com cafeína
TCR ADVPLA	- Teste contrarrelógio com adversário combinado com placebo
TF	- Teste de familiarização
TT	- <i>Time-trial</i>
URA	- Umidade relativa do ar
$\dot{V}CO_2$	- Dióxido de carbônico
$\dot{V}E$	- Ventilação
$\dot{V}O_2$	- Consumo de oxigênio
$\dot{V}O_{2max}$	- Consumo máximo de oxigênio
$\dot{V}O_{2pico}$	- Pico de consumo de oxigênio
vs.	- <i>Versus</i>
W	- Watts
WADA	- <i>World Anti-doping Agency</i> (Agência Mundial Antidoping)
$W \cdot kg^{-1}$	- Watts por quilograma por minuto
μg	- Micrograma
$\mu g \cdot ml^{-1}$	- Micrograma por mililitro por minuto
μM	- Micromolar
μs	- Microsegundo

LISTA DE SÍMBOLOS

®	-	Marca registrada
°C	-	Grau Celsius
[]	-	Concentração

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	13
2.1. GERAL	13
2.2. ESPECÍFICOS	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1. TIPOS DE PROVAS NO CICLISMO	14
3.2. TESTE CONTRARRELÓGIO	15
3.3. ADVERSÁRIO VIRTUAL E DESEMPENHO	15
3.4. CAFEÍNA	23
3.4.1. Dosagem e farmacocinética	23
3.4.2. Mecanismos de ação durante o exercício físico	25
3.4.3. Desempenho esportivo	27
3.5. FADIGA NEUROMUSCULAR	34
3.5.1. Fadiga: história, conceito contextualização	34
3.5.2. Fadiga central	36
3.5.3. Fadiga periférica	38
3.6. ESTRATÉGIA DE PROVA, ADVERSÁRIO, CAFEÍNA E FADIGA	39
4. MATERIAL E MÉTODOS	41
4.1. AMOSTRA E APROVAÇÃO ÉTICA	41
4.2. DESENHO EXPERIMENTAL	42
4.3. DESCRIÇÃO DOS TESTES	44
4.3.1. Teste incremental e familiarizações	44
4.3.2. Testes experimentais	46
4.4. PROCEDIMENTOS DE COLETA	47
4.4.1. Teste de contração voluntária isométrica máxima, eletromiografia e estimulação elétrica	47
4.5. PROCEDIMENTOS E ANÁLISES	50
4.5.1. Determinação da potência de pico através do teste incremental máximo	50
4.5.2. Procedimentos para análise da potência mecânica e eletromiografia	51
4.5.3. Procedimento para análise da fadiga central e periférica	51

4.5.4. Avaliação da blindagem.....	52
4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	52
5. RESULTADOS.....	54
5.1. DESEMPENHO NOS TESTES CONTRARRELÓGIO.....	54
5.2. POTÊNCIA E RECRUTAMENTO NEUROMUSCULAR.....	55
5.3. FADIGA CENTRAL E PERIFÉRICA.....	57
5.4. PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO E FREQUÊNCIA CARDÍACA.....	58
5.5. EFEITO DE ORDEM.....	60
5.6. A BLINDAGEM.....	60
6. DISCUSSÃO.....	61
6.1. LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	65
6.2. APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	66
7. CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS.....	69
 APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).....	 96
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO VOLUN TÁRIO	100
APÊNDICE C – REGISTRO ALIMENTAR.....	102
APÊNDICE D – FORMULÁRIO DE ORIENTAÇÕES AO VOLUNTÁRIO DE PESQUISA.....	103
ANEXO A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE RISCO AO EXERCÍCIO (PAR-Q).....	105
ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP.....	106
ANEXO C – QUESTIONÁRIO DE CONSUMO DE CAFEÍNA.....	115
ANEXO D – ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO DE 15 PONTOS.....	117
ANEXO E – CERTIFICADO DE ANÁLISE - CAFEÍNA.....	116

1. INTRODUÇÃO

Em várias modalidades esportivas, como o ciclismo, os competidores têm como objetivo completar determinada distância no menor tempo possível ou cruzar a linha de chegada à frente dos demais competidores (FOSTER *et al.*, 1993). Considerando que em eventos entre 45 segundos e 8 minutos a diferença entre o primeiro e o segundo colocado pode ser de segundos, ou seja, menor que 1% (CURREL; JEUKENDRUP, 2008; CHRISTENSEN *et al.*, 2017), qualquer mudança no desempenho pode significar estar ou não no pódio.

Para otimizar o desempenho, é necessário que os competidores adotem uma série de atitudes antes e durante o evento, sendo uma delas determinar a estratégia de prova. A estratégia é importante para que os atletas administrem a intensidade, a fim de evitar acúmulo excessivo de metabólitos que levem a fadiga antes do término da prova (ABBISS; LAURSEN, 2008; MATTERN *et al.*, 2001). A forma como se distribui a potência/velocidade ao longo da prova é conhecida como estratégia de prova (ABBISS; LAURSEN, 2008; FOSTER *et al.*, 1994). Por exemplo, no ciclismo de contrarrelógio de 4 km, os atletas adotam um tipo de estratégia conhecida como parabólico ou em formato de “U”, na qual o atleta realiza uma saída rápida, seguido de uma diminuição da potência no meio da prova e uma aceleração final (*sprint* final) (ABBISS; LAURSEN, 2008). Ao adotar uma saída rápida, ocorre uma elevada taxa de quebra de fosfocreatina e um rápido acúmulo de metabólitos nos músculos, resultando na diminuição da potência no trecho médio (CORBETT *et al.*, 2012). Além disso, também tem sido proposto que essa diminuição na intensidade seria em virtude de uma redução no recrutamento neuromuscular (MAUGER *et al.*, 2010; FOSTER *et al.*, 2014), com intuito de preservar parte da limitada reserva energética anaeróbia para que seja utilizada no *sprint* final (ABBISS; LAURSEN, 2008), e/ou para evitar uma fadiga, que pode comprometer o desempenho ou até mesmo levar a interrupção do exercício precocemente (AZEVEDO *et al.*, 2021).

Um dos fatores que pode afetar tanto o desempenho quanto a estratégia de prova é a presença de um adversário. Estudos recentes têm analisado a influência do adversário no desempenho e na estratégia de prova em um teste contrarrelógio (TCR) de ciclismo de 4 km (STONE *et al.*, 2012; SHEI *et al.*, 2016; KONINGS *et al.*, 2016; ANSDELL *et al.*, 2017; STONE *et al.*, 2017; KONINGS *et al.*, 2018; KONINGS *et al.*,

2020a; 2020b), e distâncias maiores, entre 5 e 16,1 km (BATH *et al.*, 2012; WILLIAMS *et al.*, 2015a; JONES *et al.*, 2016a; 2016b; WILLIAMS *et al.*, 2016; DUCROCQ *et al.*, 2017; CORBETT *et al.*, 2018; HIBBERT *et al.*, 2018; MASSEY *et al.*, 2020). Em um estudo que avaliou o desempenho durante um TCR de 2 km com adversário virtual (avatar) (CORBETT *et al.*, 2012), em comparação sem a presença de adversário, houve uma melhora significativa de 1,7% no desempenho. Achados semelhantes também foram observados em TCR com maiores distâncias, como 4 e 5 km (STONE *et al.*, 2012; DUCROCQ *et al.*, 2017). Interessante que foi observado um aumento significativo na atividade eletromiográfica na presença de um adversário, o que sugere um maior recrutamento neuromuscular nessa condição (DUCROCQ *et al.*, 2017). A presença de adversário virtual também parece melhorar de forma significativa o desempenho (1,7%) de ciclistas bem treinados durante um TCR de 4 km (STONE *et al.*, 2012). A melhora no desempenho tem sido atribuída a distração do foco das sensações internas (KONINGS *et al.*, 2018). Além disso, os participantes reportaram achar mais fácil competir (percepção de aumento do desempenho) com a presença do adversário durante o TCR de corrida de 5 km (BATH *et al.*, 2012). Porém, um aumento significativo na fadiga central (28%) e periférica (14%) foi observado durante um TCR de 5 km na condição avatar com acréscimo de 2% (102%) na intensidade de esforço (DUCROCQ *et al.*, 2017). Já em outro estudo foi observado melhora no desempenho em 2,9% com avatar, acompanhado de redução da força muscular em 17,5% e aumento da fadiga periférica (KONINGS *et al.*, 2018). Em conjunto, esses achados sugerem que a presença de adversário aumenta o desempenho, ocasionando maior recrutamento neuromuscular e adicional fadiga neuromuscular.

Assim como a presença de um adversário, a utilização de substâncias ergogênicas durante as competições é algo comum entre os atletas (DESBROW; LEVERITT, 2006; DEL COSO; MUNÓZ; MUNÓZ-GUERRA, 2011; CHESTER; WOJEK, 2008). A cafeína está entre as substâncias ergogênicas mais utilizadas nos últimos anos entre os atletas das mais diversas modalidades (GANIO *et al.*, 2009; DEL COSO; MUNÓZ; MUNÓZ-GUERRA, 2011). Isso ocorre pelo fato de a cafeína não ser considerada *doping* na atualidade (BRUNETTO *et al.*, 2010) e, principalmente, em virtude das robustas evidências científicas do seu efeito ergogênico sobre desempenho (ASTORINO *et al.*, 2011; ASTORINO *et al.*, 2012a; SANTOS *et al.*, 2013). Esse aumento no desempenho tem sido atribuído a alterações psicofisiológicas

promovidas pela ingestão da cafeína. A ingestão de cafeína aumenta o recrutamento neuromuscular (~17%), representado pela atividade eletromiográfica (FELIPPE *et al.*, 2018), além de reduzir a percepção de dor muscular durante o exercício (O'CONNOR *et al.*, 2004; MOTL *et al.*, 2006), contribuindo para redução da percepção de esforço (DOHERTY; SMITH, 2005). Entretanto, assim como observado no exercício com a presença de adversário, o aumento do desempenho ocasionado pela ingestão aguda de cafeína também resulta em maior grau de fadiga periférica após o exercício (FELIPPE *et al.*, 2018; SOUZA-SANTOS *et al.*, 2020). Portanto, a presença de adversário e a ingestão de cafeína parecem promover efeitos similares durante o exercício, resultando em maior recrutamento neuromuscular, melhora do desempenho e maiores níveis de fadiga neuromuscular pós-exercício.

Entretanto, não se sabe até o presente momento se a ingestão aguda de cafeína promoveria um efeito adicional/potencializador sobre o desempenho, aumento do recrutamento neuromuscular e tolerância a maiores níveis de fadiga quando o TCR é realizado na presença de um adversário virtual. Isso é importante, uma vez que em diversas competições de ciclismo, como *Tour de France*, os atletas realizam as provas com a presença de adversário durante o percurso e utilizam cafeína como recurso ergogênico. Dessa forma, torna-se necessário investigar se a combinação adversário + cafeína resultaria em uma melhora maior do desempenho, em comparação com as condições isoladas (adversário e cafeína). Os resultados do presente estudo poderão esclarecer a real vantagem da utilização de recursos ergogênicos no desempenho para condições de competições de TCR com adversário. A hipótese do presente estudo é que a combinação de adversário virtual e ingestão aguda de cafeína resultaria em uma melhora do desempenho, aumentando do recrutamento neuromuscular e a tolerância a maiores níveis de fadiga, em comparação com as condições controle e adversário + placebo.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Investigar o efeito combinado de adversário virtual e ingestão aguda de cafeína sobre o desempenho e fadiga neuromuscular em uma prova de 4 km de ciclismo.

2.2. ESPECÍFICOS

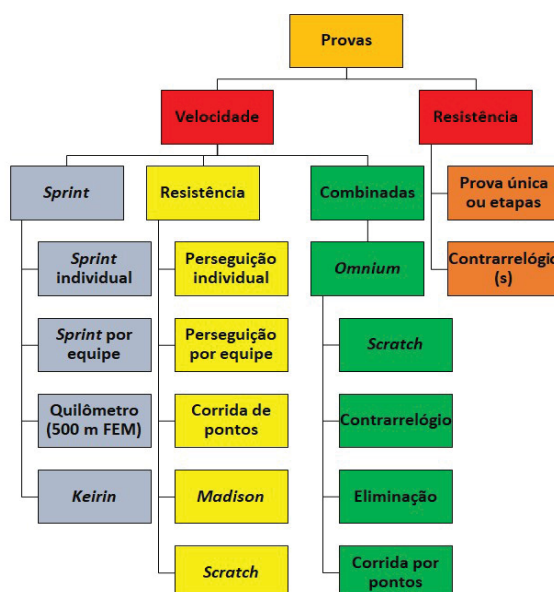
- 1) Investigar o efeito combinado de adversário virtual e ingestão aguda de cafeína sobre a atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral durante a prova;
- 2) Verificar o efeito combinado de adversário virtual e ingestão aguda de cafeína sobre a fadiga global (redução da contração voluntária Isométrica Máxima - CVIM);
- 3) Verificar o efeito combinado de adversário virtual e ingestão aguda de cafeína sobre a fadiga central (redução da Ativação Voluntária – AV, avaliada por meio da técnica *twitch interpolation*);
- 4) Verificar o efeito combinado de adversário virtual e ingestão aguda de cafeína sobre a fadiga periférica (redução da força estimulada por 100, 10 e 1 Hz - Q_{tw100} , Q_{tw10} , e $Q_{tw,pot}$, avaliada por meio da força potencializada evocada por estímulos elétricos no nervo femoral);
- 5) Verificar o efeito combinado de adversário virtual e ingestão aguda de cafeína sobre a excitabilidade de membrana (redução da Onda-M, avaliada por meio do sinal de eletromiografia durante o estímulo elétrico de 1 Hz);
- 6) Investigar o efeito combinado de adversário virtual e ingestão aguda de cafeína sobre a percepção de esforço e frequência cardíaca.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 TIPOS DE PROVA NO CICLISMO

No ciclismo de pista (disputado em velódromo), existem três grupos de provas (FIGURA 1). São elas: 1) provas de *sprint*: *sprint* individual, *sprint* por equipe, quilômetro (500 m para mulheres) e *keirin*; 2) provas de resistência: perseguição individual, perseguição por equipe, corrida de pontos, *madison* e *scratch*; e 3) provas combinadas: *omnium*, composta por quatro provas diferentes (*scratch*, contrarrelógio, eliminação e corrida de pontos). Disputadas em um único dia, vence o atleta que somar mais pontos ao final da quarta prova (UCI, 2020). Na perseguição por equipes, existe a prova de 4 km de ciclismo, onde a partida é realizada em dois pontos específicos (quatro atletas - de cada equipe - em lados opostos do velódromo) da pista, onde o objetivo é ultrapassar os adversários (outra equipe) ou completar a distância no menor tempo possível. Já na perseguição individual (prova de 4 km), é a mesma dinâmica da prova de perseguição por equipes, a diferença é que existe apenas um atleta largando de cada lado da pista (UCI, 2020). A prova de contrarrelógio é disputada tanto em ambiente fechado (velódromo – 250 m), quanto em ambiente aberto (etapas entre as provas de estrada), como o tradicional *Tour de France*, *Race Across America*, *Vuelta a España* e *Giro D'Itália*. Essas últimas apresentam várias etapas e contrarrelógios de várias distâncias (de 500 m a 54,5 km).

FIGURA 1 – TIPOS DE PROVAS DE VELOCIDADE E RESISTÊNCIA DE CICLISMO



FONTE: UCI (2020). O autor (2022).

3.2. TESTE CONTRARRELÓGIO

O TCR é uma prova em que o atleta deve realizar uma determinada distância no menor tempo possível. Também é frequentemente usado para analisar a influência de intervenções experimentais e desempenho esportivo em ciência do esporte. Portanto, tem crescido a utilização dos TCR em estudos controlados em laboratório, sendo esses testes mais recomendados porque simulam melhor uma situação real de prova. Contudo, no ciclismo, o objetivo também pode ser cruzar a linha de chegada à frente do (s) adversário (s), sem necessariamente realizar a tarefa no menor tempo possível.

3.3. ADVERSÁRIO VIRTUAL E DESEMPENHO ESPORTIVO

Essa característica competitiva pode ser simulada em laboratório através da utilização de adversário virtual. A presença de um adversário virtual parece proporcionar um aumento no desempenho devido ao aumento da motivação. Para compreendermos melhor o papel do adversário sobre o desempenho esportivo, precisamos entender como ele interage com a motivação, comportamento e recompensa (MCCORMICK; MEIJEN; MARCORA, 2015). Existe basicamente dois tipos de motivação que influenciam no comportamento humano, são elas: a) a intrínseca, que é definida como uma atividade inerente que causa satisfação, por exemplo, realizar uma tarefa que cause sentimento de prazer e realização pessoal, b) a extrínseca, que é caracterizada pelo ato de realizar uma atividade com base no resultado por fatores externos (*per se*) (TEIXEIRA *et al.*, 2012), como por exemplo, pedir para o participante realizar um TCR no menor tempo possível com recompensa monetária em troca (HULEMAN *et al.*, 2007). Sendo assim, a presença do adversário durante uma competição se enquadraria neste segundo (motivação extrínseca). Essa motivação extrínseca está relacionada à área de sensação de prazer e recompensa no cérebro, mais especificamente na ativação do circuito da recompensa ou sistema mesolímbico-mesocortical (área tegmentar ventral, amígdala, hipotálamo, núcleo *accumbens*, córtex cingulado anterior e córtex pré-frontal) pela liberação de dopamina (ESPERIDIÃO-ANTÔNIO, *et al.*, 2008).

O estudo de revisão realizado por Baron *et al.* (2011) descreve a importância da motivação na regulação da estratégia de prova. Durante a realização de um exercício de alta intensidade, são geradas sensações desagradáveis (desconforto), sendo importante que o nível de motivação seja suficiente para superar essas sensações. O processo de regulação da intensidade ótima de exercício é descrito como um processo de interação de controle inconsciente/fisiológico e consciente emocional, para que a tarefa seja executada com êxito (BARON *et al.*, 2011).

Estudos recentes têm analisado a influência de adversário no desempenho e na estratégia de prova (CORBETT *et al.*, 2012; TOMAZINI *et al.*, 2015; WILLIAMS *et al.*, 2015a; KONINGS *et al.*, 2018). Em um estudo que avaliou o desempenho durante um TCR de 2 km com adversário virtual (avatar), foi constatado uma melhora significativa no desempenho de 1,7% em comparação sem a presença de adversário. Isso foi atribuído à maior potência no trecho final devido à uma maior contribuição anaeróbia (CORBETT *et al.*, 2012). Já quando pessoas competem com adversários reais em uma prova simulada de corrida 3 km, uma melhora no desempenho em torno de 4,1% foi observada (TOMAZINI *et al.*, 2015). Essa melhora no desempenho foi atribuída ao maior vigor quando os participantes competiram com adversário em comparação quando correm sem adversário (TOMAZINI *et al.*, 2015). Outro estudo com ciclistas demonstrou melhora de ~1 minuto em TCR de 16,1 km com adversário (avatar) em comparação com a condição sem adversário. Essa melhora foi atribuída à redução da atenção do foco interno (distração externa-avatar) e pela dissuasão da percepção do exercício (WILLIAMS *et al.*, 2015a). Um estudo parecido analisou 12 ciclistas treinados e observou melhora significativa no desempenho (2,9%) durante um TCR de 4 km com a presença de adversário (avatar), sendo essa melhora no desempenho atribuída às mudanças na estratégia de prova (mais agressiva no começo e final), e distração do foco das sensações internas, porém com maior fadiga periférica e sem alteração na percepção subjetiva de esforço em comparação com a condição sem adversário (KONINGS *et al.*, 2018).

Estudos recentes também têm analisado a influência do adversário, mas utilizando o que é chamado de *deception* (decepção em tradução literal, ou simplesmente enganar o indivíduo). Os estudos que utilizaram esse método fizeram um incremento de 2 a 5% na intensidade de prova sem que os participantes soubessem (BATH *et al.*, 2012; STONE *et al.*, 2012; DUCROCQ *et al.*, 2017;

ANSDELL *et al.*, 2017). Decepção é quando o pesquisador fornece informações falsas ou distorcidas sobre o (s) teste (s) ao participante, com o propósito de isonomia, a fim de obter dados imparciais em relação ao comportamento e/ou atitudes do participante. Estudos com *deception*, como por exemplo, durante um TCR de 5 km de corrida com a presença de adversário, os participantes reportaram achar “mais fácil correr” - percepção de aumento do desempenho (BATH *et al.*, 2012). Esses achados também foram observados em TCR com maiores distâncias (STONE *et al.*, 2012; DUCROCQ *et al.*, 2017). Em outro estudo com *deception*, quando avaliado o desempenho em um TCR de 4 km de ciclismo, foi observado uma melhora no desempenho de 1,7% com a presença de adversário, sendo essa melhora no desempenho em parte atribuída a uma maior tolerância à fadiga provocado por alterações psicológicas como, mudança no foco da atenção (STONE *et al.*, 2012). Em outro estudo, que avaliou pessoas fisicamente ativas em três TCR de 5 km de ciclismo, foi observado um aumento significativo na atividade eletromiográfica quando compete com adversário (5 km 102% e 5 km 105%), o que sugere um maior recrutamento neuromuscular na condição 102%, consequentemente um aumento significativo na potência e aumento no desempenho (DUCROCQ *et al.*, 2017). Já em outro estudo com *deception* o qual se analisou 10 ciclistas bem treinados, foi encontrado melhora significativa no desempenho (1,7%) durante um TCR de 4 km com a presença de adversário (avatar), sendo essa melhora no desempenho atribuída a mudanças na estratégia de prova, em comparação com a condição controle (ANSDELL *et al.*, 2017).

Em conjunto, esses estudos afirmam que quando o atleta compete com adversário (s) parece aumentar a motivação/vigor, além de atuar tirando do foco das sensações internas (por exemplo, acúmulo de metabólitos) do organismo, resultando no aumento do desempenho, quando comparado ao correr sem adversário. Os principais resultados da presença de adversário virtual sobre o desempenho e fadiga estão reunidos no QUADRO 1, a seguir:

QUADRO 1 – RESUMO DOS ESTUDOS COM TCR, COM ADVERSÁRIO E SEUS RESULTADOS SOBRE O DESEMPENHO E FADIGA.

Título	Autores	Desenho do estudo	Distância do TCR	Resultados sobre a performance	Resultado sobre a fadiga pós exercício
Influence of Competition on Performance and Pacing during Cycling Exercise	Corbett <i>et al.</i> , 2012	Cada indivíduo (n=14 destreinados) realizou 5 testes em ordem contrabalanceada - 3 sessões de familiarização (FAM) sem adversário - 1 TCR sem adversário - 1 TCR simulando competição, embora acreditassem que estavam competindo contra outro adversário, eles competiram contra o melhor teste de FAM.	2 km	Melhora de 1,7% com avatar em comparação a condição sem avatar.	Não mediu
Effects of Deception on Exercise Performance: Implications for Determinants of Fatigue in Humans	Stone <i>et al.</i> , 2012	Tipo de estudo: <i>Deception</i> . 9 ciclistas treinados realizaram 4 visitas ao laboratório, sendo a primeira de familiarização. - 1 TCR baseline - 1 TCR avatar (<i>baseline</i>) - 1 TCR avatar contra o <i>baseline</i> com aumento de 102%	4 km	A condição avatar (102%) e <i>baseline</i> foram 1,7% e 1% mais rapidamente que a condição <i>baseline</i> .	Não mediu
Using Deception to Establish a Reproducible Improvement in 4-Km Cycling Time Trial Performance	Shei <i>et al.</i> , 2016	Tipo de estudo: <i>Deception</i> . 14 ciclistas treinados completaram 5 visitas, sendo a primeira de caracterização da amostra. - 1 TCR de FAM - 1 TCR de <i>baseline</i> - 1 TCR com avatar 102% mais rápido que o <i>baseline</i> (sem conhecimento). Foram falsamente informados que competiriam contra seu desempenho (<i>baseline</i>). - 1 TCR com avatar 102% mais rápido que o <i>baseline</i> (com conhecimento). Foram informados que no teste anterior tinham competido com um avatar a 102% mais rápido que o <i>baseline</i> .	4 km	O desempenho nas condições avatar foram 2,1% mais rápidos em comparação com a condição <i>baseline</i> .	Não mediu
The behavior of an opponent alters pacing decisions in 4-km cycling time trials	Konings <i>et al.</i> , 2016	12 ciclistas treinados realizaram 4 TCR de forma randomizada. - 1 TCR de familiarização - 1 TCR sem adversário - 1 TCR com adversário virtual, saída rápida e término lento (FAM)	4 km	O desempenho nas condições avatar foram 1,3 e 1,4% mais rápidos em comparação com a condição sem adversário.	Não mediu

			-1 TCR com adversário virtual, saída lenta e término rápido (FAM)			
Exploring the performance reserve: Effect of different magnitudes of power output deception on 4,000 m cycling time-trial performance	Stone <i>et al.</i> , 2017		Tipo de estudo: <i>Deception</i> . 10 ciclistas completaram 5 visitas, sendo a primeira de caracterização da amostra. - 1 TCR de FAM - 1 TCR <i>baseline</i> - 1 TCR avatar (102%) do <i>baseline</i> - 1 TCR avatar (105%) do <i>baseline</i>	4 km	Melhora significativa de 1% na condição avatar (102%) em comparação com a condição <i>baseline</i>	Não mediu
Deception Improves TT Performance in Well-trained Cyclists without Augmented Fatigue	Ansdell <i>et al.</i> , 2017		Tipo de estudo: <i>Deception</i> . 10 ciclistas treinados realizaram estudo com <i>design</i> randomizado e contrabalanceado. - 1 TCR de FAM - 1 TCR <i>baseline</i> sem <i>feedback</i> - 1 TCR avatar - 1 TCR avatar com 102% <i>deception (baseline)</i>	4 km	A condição avatar 2%, foi significativamente mais rápida (361 s; 1,6%) que a condição <i>baseline</i> (367 s).	Não encontrou nenhuma diferença significativa em variáveis de fadiga central e periférica.
Racing an Opponent Alters Pacing, Performance and Muscle Force Decline, But Not RPE	Konings <i>et al.</i> , 2018		12 ciclistas treinados completaram 4 visitas de forma randomizada, sendo a primeira para caracterização. - 1 TCR de FAM - 1 TCR sem adversário - 1 TCR com adversário (avatar) com base no teste de FAM, embora fossem informados que o competidor virtual fosse outra pessoa com nível de desempenho semelhante.	4 km	Houve um aumento significativo no desempenho com avatar em 2,9%.	Foi observado no momento pós- em relação ao pré- TCR, na força muscular (CVIM – 17,5%) e aumento da fadiga periférica, sem fadiga central, na condição adversário em comparação com a condição sem adversário.
Athlete–Opponent Interdependency Alters Pacing and Information-Seeking Behavior	Konings <i>et al.</i> , 2020		12 ciclistas experientes completaram 5 visitas em ordem randomizada e contrabalanceada. - 2 TCR de FAM - 1 TCR sem adversário virtual - 1 TCR com adversário virtual, sem instruções - 1 TCR com adversário virtual, o adversário só poderia ser ultrapassado uma vez pelo participante.	4 km	Não houve diferença no desempenho entre as condições.	Não mediu

Pre-exercise cycling protocol alters pacing behavior in competitive time-trials	Konings; Hettinga, 2020	12 ciclistas realizaram 4 TCR em ordem randomizada e contrabalanceada. Os testes foram precedidos de repouso ou 10 min a 67% da potência de pico. - 1 TCR repouso/sem adversário - 1 TCR repouso e adversário virtual - 1 TCR exercício/sem adversário - 1 TCR exercício e adversário virtual	4 km	O desempenho foi significativamente melhor na condição repouso/adversário em comparação com a condição repouso/sem adversário.	Não mediu
The Effect of a Second Runner on Pacing Strategy and RPE During a Running Time Trial	Bath <i>et al.</i> , 2012	Cada indivíduo (n=11 treinados) realizou seis testes, sendo a primeira visita de FAM - 1 TCR sem adversário (<i>baseline</i> , servido de base para os testes subsequentes) - 1 TCR com competidor 10 metros à frente - 1 TCR com um competidor 10 metros atrás - 1 TCR com um competidor competindo lado a lado - 1 TCR sem adversário para anular efeito de treinamento durante o estudo.	5 km	Não houve diferença entre as condições.	Não mediu
Increased Fatigue Response to Augmented Deceptive Feedback during Cycling Time Trial	Ducroq <i>et al.</i> , 2017	Tipo de estudo: <i>Deception</i> . 11 participantes fisicamente ativos compareceram de 8 a 9 vezes ao laboratório. Foram considerados familiarizados com o TCR quando a diferença da potência dos testes foi inferior a 2% - 1 TCR de controle (100%) para "coelho" - 1 TCR avatar com aumento de 102% - 1 TCR avatar com aumento de 105%	5 km	Aumento significativo de 2,1% no desempenho na condição 102% em comparação com a condição controle.	Aumento significativo da fadiga central (28%), periférica e redução da força muscular (CVIM) em 14% no momento pós- em relação ao momento <i>baseline</i> , na condição 102% em comparação a condição 100%.
Goal orientation and the presence of competitors influence cycling performance	Hibbert <i>et al.</i> , 2018	24 voluntários recreacionais. Compareceram no laboratório em 8 visitas. Sendo três experimentais de forma randomizada. - 3 TCR de FAM - 1 TCR 1 vs. 1 - 1 TCR com 4 adversários, sendo dois pares escolhidos do TCR 1 vs. 1, sendo um rápido (superiores) e um lento (inferiores).	5 km	Não houve diferença no desempenho entre as condições e entre os grupos.	Não mediu
Effects of different goal orientations and virtual opponents performance level on pacing	Carmo <i>et al.</i> , 2021	Tipo de estudo: <i>Deception</i> . 13 ciclistas completaram 4 visitas experimentais. - 2 TCR 10 km	10 km	Não houve diferença no desempenho entre as condições. Houve aumento da PSE e diminuição dos	Não mediu

strategy and performance in cycling time trials			-2 TCR contra adversário virtual (+ rápido 6% e outro lento -3%). Foi mensurado PO, PSE, sentimentos afetivos e autoeficácia.		sentimentos em todas as condições. O comportamento do <i>pacing</i> no início (1° km) e no <i>sprint</i> final (último km) foi alterado pelo adversário virtual.	
Competitor presence reduces internal attentional focus and improves 16.1 km cycling time trial performance		Willians <i>et al.</i> , 2015a	15 ciclistas em um estudo randomizado <i>crossover design</i> . - 1 TCR de FAM - 1 TCR sem adversário - 1 TCR sem visualização do <i>display</i> - 1 TCR competindo contra avatar mais rápido do teste de FAM ou sem adversário. Porém, foi informado que era um competidor de habilidade semelhante a ele.	16,1 km	Melhorou o desempenho e a potência de forma significativa em 1,4, e 2,8% na condição avatar, respectivamente.	Não mediu
Altered Psychological Responses to Different Magnitudes of Deception during Cycling		Willians <i>et al.</i> , 2015b	Tipo de estudo: <i>Deception</i> . Em um <i>design</i> contrabalanceado e randomizado, 12 ciclistas treinados completaram 6 visitas, sendo a primeira de caracterização da amostra. - 2 TCR de FAM (<i>baseline</i>) - 1 TCR com avatar 102% mais rápido que <i>baseline</i> - 1 TCR com avatar 105% mais rápido que a manipulação - 1 TCR competindo simultaneamente com avatar de 102 e 105%.	16, 1 km	Melhora de 1,3 a 1,7% nas manipulações (<i>deception</i>) 2, 5 e 2-5% em comparação com <i>baseline</i> , respectivamente.	Não mediu
Deception has no acute or residual effect on cycling time trial performance but negatively effects perceptual responses		Jones <i>et al.</i> , 2016a	Tipo de estudo: <i>Deception</i> . 20 ciclistas treinados divididos em dois grupos (n=10 grupo controle e n=10 grupo <i>deception</i>) completaram 5 visitas, sendo a primeira de caracterização da amostra - 2 TCR de familiarização - 1 TT <i>baseline</i> sem adversário - 1 TT <i>deception</i> 102% mais rápido que sem adversário - 1 TT sem adversário	16, 1 km	Não houve diferença entre os grupos.	Não mediu
Deceptive Manipulation of Competitive Starting Strategies Influences Subsequent Pacing, Physiological Status, and Perceptual Responses during Cycling Time Trials		Willians <i>et al.</i> , 2016	Tipo de estudo: <i>Deception</i> . 10 ciclistas treinados compareceram ao laboratório em 6 visitas randomizadas e contrabalanceadas, sendo a primeira para caracterização da mostra - 2 TCR de <i>baseline</i> para FAM - 1 TCR com avatar <i>baseline</i>	16, 1 km	Não houve diferença entre as condições	Não mediu

			-1 TCR com aumento de 105% na velocidade -1 TCR com diminuição de 105% na velocidade.			
Improvements in Cycling Time Trial Performance Are Not Sustained Following the Acute Provision of Challenging and Deceptive Feedback	Jones <i>et al.</i> , 2016b		Tipo de estudo: <i>Deception</i>. 17 ciclistas treinados divididos em dois grupos (n = 9 normal e n = 8 <i>deception</i>). 6 visitas sendo à primeira visita de caracterização da amostra. - 2 TCR sem adversário (<i>baseline</i>) - 2 TCR vs. avatar 102% do <i>baseline</i>. Grupo normal foi informado corretamente da manipulação de 102% (<i>baseline</i>) enquanto, o grupo <i>deception</i> foram informados que competiriam com o teste <i>baseline</i>. - 2 TCR vs. avatar. Grupo normal fez o TCR sem adversário enquanto, o grupo <i>deception</i> foi informado imediatamente antes que competiriam, não com seu teste <i>baseline</i>, mas sim com a manipulação de 102%.	16,1 km	Não houve diferença entre os grupos e as condições.	Não mediu
An investigation of expertise in cycling: Eye tracking, Think Aloud and the influence of a competitor	Massey <i>et al.</i> , 2020		Grupo 1: 8 ciclistas treinados, e grupo 2: 10 fisicamente ativos - 1 TCR <i>baseline</i> - 1 TCR sem adversário - 1 TCR competidor virtual. Foi fornecido a informação que o avatar representava um competidor com desempenho igual ao seu teste <i>baseline</i>, porém eles competiram contra o seu teste <i>baseline</i>.	16,1 km	Não houve diferença no desempenho entre as condições sem adversário e competidor em ambos os grupos.	Não mediu
The Effect of Head-to-Head Competition on Behavioural Thermoregulation, Thermophysiological Strain and Performance During Exercise in the Heat	Corbett <i>et al.</i> , 2018		18 ciclistas completaram 5 visitas com design <i>crossover</i>. A primeira foi de caracterização da amostra, seguido de um TCR de FAM entre 12 e 15°C e 55% URA. -1 TCR solo em condições frias -1 TCR solo com calor (entre 26 e 30°C) -1 TCR com adversário e calor	20 km	Na condição calor com adversário, houve diminuição significativa de 2,4% no desempenho, em comparação com a condição solo com calor.	Não mediu

FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: CVIM, contração voluntária isométrica máxima; FAM, familiarização; Km, quilometro; n, número amostral; PO, potência; PSE, percepção subjetiva de esforço; TCR, teste contrarrelógio; URA umidade relativa do ar; vs., *versus*; °C, graus celsius.

3.4. CAFEÍNA

Historicamente, o café e o chá (verde ou preto) são bebidas muito consumidas. O café, além de ser uma bebida muito apreciada socialmente, também é uma substância muito utilizada para protelar o sono. A principal substância ativa no café é a cafeína (1,3,7 trimetilxantina). A cafeína é provavelmente a substância farmacologicamente ativa mais frequentemente utilizada no mundo, sendo encontrada em vários produtos como bebidas (café, chá, a base de coca, energéticos), alimentos (chocolate, a base de xarope de guaraná) e medicamentos (NAWROT *et al.*, 2003; ASTORINO; ROBERSON, 2010). Seus efeitos em aumentar o trabalho muscular foram identificados por volta dos anos 1900 (ASTORINO; ROBERSON, 2010), porém, o conhecimento sobre os efeitos da cafeína no sistema nervoso central só ocorreu no início da década de 1990 (NEHLIG; DAVAL; DEBRY, 1992; JACOBSON; VAN GALEN; WILLIAMS, 1992; JACOBSON *et al.*, 1993; DALY, 1993; DALY; JACOBSON, 1994).

3.4.1. Dosagem e farmacocinética

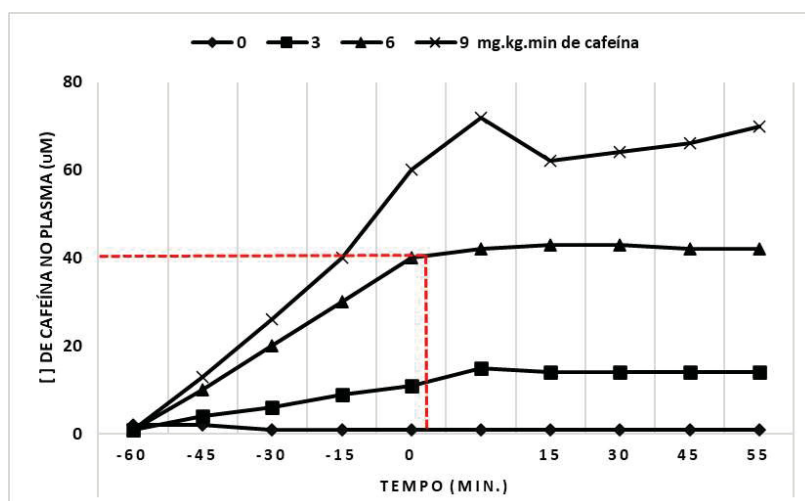
Segundo o posicionamento da Sociedade Internacional de Nutrição do Esporte (*International Society of Sports Nutrition - ISSN*), a suplementação com cafeína em baixas e moderadas doses, variando entre 3-6 mg·kg⁻¹ de massa corporal, ingerido em torno de 60 minutos antes do exercício, pode melhorar significativamente o desempenho aeróbio (GOLDSTEIN *et al.*, 2010). Por exemplo, em um estudo que analisou ciclistas treinados em TCR de 4 km de ciclismo uma hora após a ingestão de uma dose moderada de cafeína (5 mg·kg⁻¹), foi observado uma maior potência e contribuição anaeróbia no trecho médio da prova na condição cafeína em comparação com a condição placebo, além de uma melhora de ~2,4% no desempenho (SANTOS *et al.*, 2013). Já em outro estudo, também com ciclistas treinados, após três TCR de 10 km de ciclismo uma hora após a ingestão de uma dose moderada de cafeína (5 mg·kg⁻¹) foi observado uma melhora significativa (~2%) no desempenho final, em comparação com a condição placebo (ASTORINO *et al.*, 2012b).

De acordo com um estudo recente de meta-análise reunindo 45 estudos (SOUTHWARD; RUTHERFURD-MARKWICK; ALI, 2018), cafeína em doses moderadas (3 a 6 mg·kg⁻¹) apresenta um efeito significativo no aumento do desempenho em TCR (SOUTHWARD; RUTHERFURD-MARKWICK; ALI, 2018). Já dosagens maiores que 9 mg·kg⁻¹ não são recomendadas, pelo fato de promover efeitos adversos (GRGIC *et al.*,

2018), como desconforto gastrointestinal, taquicardia, inquietação, ansiedade, nervosismo, irritabilidade, dor de cabeça e insônia.

A cafeína é uma substância que quando ingerida é absorvida em aproximadamente 45 minutos após a ingestão (ASTORINO; ROBERSON, 2010). Em um estudo que testou três dosagens de cafeína (50, 100 e 200 mg), em cápsulas e em gomas, foi observado que as dosagens em cápsulas atingiram maiores concentrações plasmáticas, em comparação com as mesmas dosagens administradas em goma (KAMIMORI *et al.* 2002). Já em outro estudo testando três dosagens de cafeína (3, 6 e 9 mg·kg⁻¹) foi observado maior concentração plasmática de cafeína com a dose de 9 mg·kg⁻¹, com o pico variando 60 e 75 minutos após a ingestão (GRAHAM; SPRIET, 1995). A dosagem de 6 mg·kg⁻¹ apresentou um pico de concentração plasmática entorno de 40 micromolar (μM) (FIGURA 2). Contudo, em um estudo foi analisado o efeito de três (5, 9 e 13 mg·kg⁻¹) dosagens de cafeína sobre o tempo até a exaustão a 80% da potência máxima, com os resultados de tempo para exaustão de 47 ± 13 min. para placebo, 58 ± 11, 59 ± 12 min. e 58 ± 12 min. para as três doses de cafeína, respectivamente (PASMAN *et al.* 1995). Portanto, a dosagem de 5 mg·kg⁻¹ pode ser considerada suficiente para melhorar o desempenho, ao mesmo tempo que pode evitar possíveis efeitos colaterais.

FIGURA 2 - CONCENTRAÇÃO PLASMÁTICA DE CAFEÍNA AO LOGO DE 60 MINUTOS APÓS A INGESTÃO (REPOUSO) E DURANTE O EXERCÍCIO, COM BASE EM QUATRO (0, 3, 6 E 9 MG·KG⁻¹) DOSAGENS DIFERENTES.



FONTE: Graham; Spriet (1995). Adaptado de Magkos; Kavouras (2005). O autor (2022).

LEGENDA: [], concentração; μM, micromolar; min., minutos.

3.4.2. Mecanismos de ação da cafeína durante o exercício físico

A cafeína tem ação em diferentes tecidos e órgãos, como cérebro, medula, pulmões, coração, rins e músculos (LEONARD; WATSON; MOHS, 1987; LIMA-SILVA *et al.*, 2021). Estudos demonstram que a ingestão aguda de cafeína exerce efeitos em diferentes locais ao longo do SNC e sistema nervoso periférico, desde o córtex motor (FREDHOLM, 1995) até o aparato contrátil (ROUSSEAU *et al.*, 1988).

Em relação ao seu mecanismo de ação durante o exercício físico, existem algumas hipóteses (SPRIET, 1995; GANIO *et al.*, 2009 e GOLDSTEIN *et al.*, 2010). A hipótese principal é que, pelo fato da cafeína ter uma estrutura similar a adenosina, um dos sítios primários de ação da cafeína seria o efeito antagonista nos receptores de adenosina 1 (A₁) e 2 (A₂) no cérebro (DAVIS *et al.*, 2003, ELMENHORST *et al.*, 2012), resultando na liberação de alguns neurotransmissores no SNC (NEHLIG; DAVAL; DEBRY, 1992), como dopamina (FERRÉ, 2016), acetilcolina (BROWN *et al.*, 1990), serotonina (OKADA *et al.*, 1999) e noradrenalina (FREDHOLM, 1979). Essas alterações têm um efeito psicoestimulante (FERRÉ, 2016) tendo como consequência uma redução da percepção de esforço (DOHERTY; SMITH, 2005). Além disso, a cafeína parece aumentar o estado de humor (ASTORINO; ROBERSON, 2003), prazer, disposição e vigor quando realizando exercício (ALI *et al.*, 2015). Em conjunto, esses estudos sugerem que a cafeína poderia modular a percepção subjetiva de esforço e aumentar o recrutamento muscular (SPRIET, 1995; GANIO *et al.*, 2009).

Ainda sobre os mecanismos centrais, foram realizados experimentos em ratos *Wistar* para verificar a hipótese do bloqueio de receptores A₁ e A₂ no sistema nervoso central. Para tal, em um grupo foi injetado intracerebroventricular uma solução com cafeína (200 µg, ~0,6 mg·kg⁻¹), e em outro grupo uma solução com agonista dos receptores A₁ e A₂. A cafeína aumentou em 60% o tempo de exaustão em corrida na esteira, em comparação com o grupo com solução com característica agonista. Já quando foi aplicado as mesmas soluções para avaliar a ação periférica (intraperitoneal) não foi observado melhora com a solução de cafeína. Então foi sugerida a hipótese que esse aumento no tempo de exaustão é devido ao bloqueio de receptores centrais de adenosina (DAVIS *et al.*, 2003). O bloqueio dos receptores de adenosina e o aumento da liberação de neurotransmissores como dopamina e serotonina que se ligam a receptores A₁ na membrana pré-sináptica, associado ao bloqueio também os receptores A₂ na membrana pós-sináptica, atuaria otimizando a transmissão dopaminérgica (KALMAR; CAFARELLI, 2004) (FIGURA 3, INDICAÇÃO 1).

Outro mecanismo pelo qual a cafeína pode melhorar o desempenho via SNC é que, ao atravessar a barreira hematoencefálica, ela causaria um aumento na secreção de β -endorfina (GOLDSTEIN *et al.*, 2010). Devido as altas concentrações plasmáticas de endorfina, aumentaria as propriedades analgésicas durante o exercício (KALMAR; CAFARELLI, 2004), proporcionando maior desempenho (GOLDSTEIN *et al.*, 2010). De fato, a cafeína reduz a sensação de dor muscular durante o exercício (O'CONNOR *et al.*, 2004; MOTL *et al.*, 2006)

Ainda no SNC, a cafeína pode diminuir o *input* cortical (sinal aferente) (FIGURA 3, INDICAÇÃO 2), assim como, aumentar a excitabilidade cortical e espinhal (WALTON; KALMAR; CAFARELLI, 2003) (FIGURA 3, INDICAÇÕES 2 e 3), levando a diminuição da sensação de esforço e dor muscular por via aferente (KALMAR; CAFARELLI, 2004). Essas alterações centrais, em conjunto, contribuem para redução da percepção subjetiva de esforço (KILLEN *et al.*, 2013).

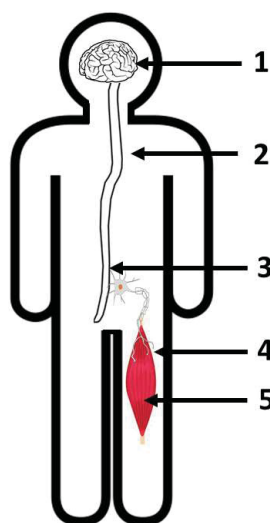
Em relação à ação periférica, a partir da junção neuromuscular (FIGURA 4, INDICAÇÃO 4) acredita-se que a cafeína poderia resultar em alterações da função neuromuscular e/ou na contração muscular devido ao efeito direto sobre os co-produtos do músculo esquelético (SPRIET, 1995; GOLDSTEIN *et al.*, 2010), são eles: a) alteração de íons, particularmente sódio (Na^+) e potássio (K^+), aumentando a excitabilidade da membrana do sarcolema e potencial de ação; b) efeito direto sobre a regulação metabólica de enzimas semelhantes às fosforilases (PHOS) (SPRIET, 1995); c) atuação nos receptores de diidropiridina (DHP) dos túbulos transversos, aumentando a liberação e mobilização de cálcio (Ca^{2+}) pelo retículo sarcoplasmático, o que modularia o acoplamento excitação-contração; d) possibilidade de inibição da fosfodiesterase (PDE), possibilitando um aumento nas concentrações de adenosina monofosfato cíclica (AMPc) e; e) redução da ativação do receptor sensorial periférico (ROUSSEAU *et al.*, 1988; SPRIET, 1995; TARNOPOLSKY, 2008; GANIO *et al.*, 2009; TALLIS, 2012; SANTOS *et al.*, 2013; TALLIS; DUNCAN; JAMES, 2015) (FIGURA 3, INDICAÇÃO 5).

Alguns desses efeitos, porém, só são reportados quando doses supra fisiológicas de cafeína são administradas. Contudo, estudos recentes demonstraram que a cafeína em concentrações fisiológicas é capaz de aumentar a produção de força e potência de forma significativa (entre 3 e 6%) no músculo esquelético isolado de ratos (TALLIS *et al.*, 2012). Outro estudo mais recente do mesmo grupo atribuiu o efeito da cafeína durante o exercício a alterações no mecanismo contrátil do músculo esquelético, devido à maior disponibilidade e sensibilidade ao Ca^{2+} , modulando o processo de acoplamento excitação-contração (TALLIS; DUNCAN; JAMES, 2015).

Outro fator seria que, com a ingestão aguda de cafeína, ocorre aumento da contribuição anaeróbia (BELL; JACOBS; ELLERINGTON, 2001; SANTOS *et al.*, 2013; SILVA-CAVALCANTE *et al.*, 2013). No primeiro estudo, os participantes realizaram exercício em alta intensidade a 125% do $\dot{V}O_{2max}$, após uma ingestão aguda de 5 mg·kg⁻¹ de cafeína, uma hora antes. Foi observado um aumento na contribuição anaeróbia e no tempo de exaustão em torno de 7% e 8%, respectivamente. Isso se explicaria pelo efeito inibitório nas enzimas fosforilases e aumento da glicogenólise (BELL; JACOBS; ELLERINGTON, 2001).

Em um estudo recente, foi demonstrado que a ingestão aguda de 3 mg·kg⁻¹ de cafeína, 60 minutos antes, pode aumentar a saturação de oxigênio nos músculos ativos durante trabalho submáximo (RUÍZ-MORENO *et al.*, 2020). Essa elevação dos níveis de oxigenação muscular periférica sugere que este mecanismo também possa contribuir para os efeitos ergogênicos da cafeína (RUÍZ-MORENO *et al.*, 2020).

FIGURA 3 - EFEITOS DA CAFEÍNA NO SISTEMA NERVOSO CENTRAL E TECIDOS PERIFÉRICOS.



FONTE: Adaptado de Tarnopolsky (2008). O autor (2022).

LEGENDA: Encéfalo (1), medula espinhal (2 e 3), junção neuromuscular (4) e músculos (5).

3.4.3. Desempenho esportivo

Em meio ao uso de variados tipos de recursos ergogênicos destinados à melhora do desempenho, a cafeína está bastante popularizada entre atletas amadores e de elite, por se mostrar eficaz em protelar o processo de instauração da fadiga, otimizando o desempenho físico (JUHN, 2003; GANIO *et al.*, 2009; DESBROW *et al.*, 2012).

Segundo Hullemann e Metz (1982), o primeiro relato de uso de substâncias a base de cafeína no âmbito esportivo se deu a partir do ano de 1879 em uma prova de ultramaratona. Os participantes utilizaram com o intuito de suportar o esforço físico exigido na competição, apesar de não se conhecer os principais mecanismos da cafeína no organismo naquela época. O primeiro relato na literatura sobre os efeitos ergogênicos da cafeína foram publicados por Rivers e Webber em 1907, porém a confirmação desses achados só veio no final da década de 1970, por estudos realizados pelo grupo de David Costill e colaboradores, na qual comprovaram que com uma dose moderada de cafeína é capaz de aumentar significativamente o tempo de exercício até a exaustão, quando comparado a um placebo (COSTILL *et al.*, 1978; IVY *et al.*, 1979; ESSIG, 1980).

A utilização indiscriminada de cafeína por atletas no início da década de 1980 (DELBEKE; DEBACKERE, 1984), principalmente nos Jogos Olímpicos de 1984 (ROGERS, 1985), fez com que ela fosse incluída na lista de substâncias proibidas pelo COI em 1985 (SPRIET, 1995; SINCLAIR; GEIGER, 2000). Porém, como a cafeína é um componente comum na dieta de muitos atletas (BRUNETTO *et al.*, 2010), sendo ingrediente de alimentos e bebidas (MAGKOS; KAVOURAS, 2005), a cafeína tornou-se potencialmente aberta ao emprego no esporte no final de 2003, após sua remoção da lista proibida da Agência Mundial Antidoping - *World Anti-doping Agency* - WADA (BRUNETTO *et al.*, 2010). Contudo, a cafeína continua sendo uma substância monitorada (WADA, 2021).

Em um estudo realizado no Campeonato Mundial de *Triathlon* de 2005, foi analisado 140 atletas e constatado que 89% utilizaram cafeína imediatamente antes da prova (DESBROW; LEVERITT, 2006). Já em outro estudo realizado por Del Coso, Munõz e Munõz-Guerra, (2011), analisando 20.686 amostras de urina de atletas de diferentes modalidades esportivas entre os anos de 2004 e 2008, foi verificado que 74% dos atletas de *endurance* de elite utilizavam a cafeína durante eventos.

Em uma extensa revisão sistemática realizada por Ganio *et al.* (2009), foram encontrados 33 estudos sobre o efeito ergogênico da cafeína no desempenho de atletas treinados e bem treinados em provas de resistência aeróbia. Destes estudos, 28 avaliaram o desempenho em TCR, isto é, testes em que o atleta deve realizar uma dada distância no menor tempo possível. Os autores encontraram uma melhora significativa do desempenho após a ingestão de cafeína, variando entre 2,3 e 4,3% em média; no entanto a magnitude dessa melhora foi altamente variável entre os estudos (0,3 a 17,3%) (GANIO, *et al.*, 2009). Em outro estudo recente de meta-análise (SOUTHWARD; RUTHERFURD-MARKWICK; ALI, 2018), foi encontrado um efeito significativo da

caféina no desempenho de TCR. A melhora no tempo foi de $2,3 \pm 2,6\%$, com a magnitude dessa melhora variando de 0,7 a 15,9 % entre os estudos (SOUTHWARD; RUTHERFURD-MARKWICK; ALI, 2018).

Os principais resultados sobre o desempenho e seus efeitos sobre a fadiga estão reunidos no QUADRO 2, a seguir:

QUADRO 2 – RESUMO DOS ESTUDOS COM TCR, COM INGESTÃO AGUDA DE CAFEÍNA E SEUS RESULTADOS SOBRE O DESEMPENHO E FADIGA.

Título	Autores	Desenho do estudo	Distância do TCR	Resultados sobre a performance	Resultado sobre a fadiga pós exercício
Time of Day and Training Status Both Impact the Efficacy of Caffeine for Short Duration Cycling Performance	Boyet <i>et al.</i> , 2016	Estudo duplo-cego, randomizado, e contrabalanceado e controlado por placebo (PLA) <i>design</i> com 20 voluntários, ciclistas (n=7 treinados e n=7 destreinados). - 2 TCR com 6 mg.kg ⁻¹ de CAF e/ou PLA no período da manhã. - 2 TCRs com 6 mg.kg ⁻¹ de CAF e/ou PLA no período da tarde.	3 km	Houve melhora no desempenho de 5,5 e 1,8% na condição CAF no grupo destreinado e treinado, respectivamente.	Não mediu
Caffeine Alters Anaerobic Distribution and Pacing during a 4000-m Cycling Time Trial	Santos <i>et al.</i> , 2013	Estudo duplo-cego, randomizado e <i>crossover design</i> com oito ciclistas realizaram quatro visitas, sendo a primeira de caracterização da amostra. - 1 TCR de familiarização. - 2 TCR com 5 mg.kg ⁻¹ de CAF e/ou PLA.	4 km	Houve melhora significativa de 2,4% no desempenho na condição CAF em comparação com a condição PLA.	Não mediu
Caffeine Increases Anaerobic Work and Restores Cycling Performance following a Protocol Designed to Lower Endogenous Carbohydrate Availability	Silva-Cavalcante <i>et al.</i> , 2013	Estudo duplo-cego, randomizado e <i>crossover design</i> com sete ciclistas realizaram sete visitas, sendo a primeira de caracterização da amostra. - 1 TCR de familiarização. - 1 TCR de controle. - 2 visitas previas de depleção de carboidratos (CHO). - 2 TCR, na condição depleção de CHO de com 5 mg.kg ⁻¹ de DEP-CAF e/ou DEP-PLA.	4 km	Melhora de 4,1% e 1,9% no desempenho na condição DEP-CAF em comparação com as condições DEP-PLA e controle, respectivamente.	Não mediu
Caffeine increases both total work performed above critical power and peripheral fatigue during a 4-km cycling time trial	Felippe <i>et al.</i> , 2018	Estudo duplo-cego, randomizado e contrabalanceado <i>design</i> com 11 ciclistas realizaram seis visitas, sendo a primeira de caracterização da amostra. - 3 TCR de familiarização com protocolo de estimulação elétrica pré- e pós-TCR. - 2 TCR com mg.kg ⁻¹ de CAF e/ou PLA com protocolo de estimulação elétrica pré- e pós-TCR.	4 km	Houve melhora significativa (1,8%) do desempenho no ciclismo na condição CAF em comparação com a condição PLA.	Houve maior (significativa) fadiga na periferia na condição CAF em comparação com a condição PLA. Sem alteração na fadiga central.
Caffeine increases motor output entropy and performance in 4 km cycling time trial	Viana <i>et al.</i> , 2020	Estudo com nove ciclistas em ordem contrabalanceada, sendo a primeira visita de caracterização da amostra. - TCR com 6 mg.kg ⁻¹ de CAF e/ou PLA, 60 min. antes do TCR.	4 km	Houve melhora significativa (1,8%) no desempenho na condição CAF em comparação com a condição PLA.	Não mediu

Caffeine Increases Peripheral Fatigue in Low- but not in High-Performing Cyclists	Souza-Santos <i>et al.</i> , 2020	Estudo duplo-cego, randomizado, contrabalanceado e crossover <i>design</i> com 16 ciclistas (n=8 alto desempenho e n=8 baixo desempenho) realizaram quatro visitas, sendo a primeira de caracterização da amostra. -1 TCR de familiarização com protocolo de estimulação elétrica pré- e pós-TCR. - 30 min de ciclismo a 60% do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, 2 TCR com 5 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de CAF e/ou PLA, com com protocolo de estimulação elétrica, <i>baseline</i>, pré- e pós-TCR.	4 km	Houve melhora no desempenho de 1,5 e 2,5% na condição CAF, nos grupos alta e baixa performance, respectivamente.	Houve maior fadiga periférica no grupo baixo desempenho, quando suplementado com CAF.
Caffeine's Ergogenic Effects on Cycling: Neuromuscular and Perceptual Factors	Black <i>et al.</i> , 2015	Estudo duplo-cego, randomizado, controlado por placebo e crossover <i>design</i> com 14 pessoas fisicamente ativas, sendo a primeira visita de FAM. - 2 TCR de FAM e protocolo de fadiga. - 4 TCR com 5 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de CAF e/ou PLA com protocolo de estimulação elétrica pré- e pós-TCR.	10 min	Houve aumento do trabalho (kj) em 4,9% na condição CAF.	Não houve diferença significativa na fadiga periférica (CVIM e % de recrutamento muscular) entre as condições.
Ergogenic Effects of Caffeine on Simulated Time-Trial Performance Are Independent of Fitness Level	Astorino <i>et al.</i> , 2011	Estudo crossover <i>design</i> com 16 participantes (n=8 treinados aerobicamente e n=8 fisicamente ativos) sendo a primeira de caracterização da mostra. - 2 TCR de FAM - 2 TCR, sendo um com 5 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de CAF e outro com PLA.	10 km	Houve melhora significativa (2%) no desempenho do grupo treinado na condição CAF em comparação com a condição PLA.	Não mediu
Increases in cycling performance in response to caffeine ingestion are repeatable	Astorino <i>et al.</i> , 2012a	Estudo randomizado, crossover <i>design</i> com 16 participantes (n=8 homens treinados aerobicamente e n=1 mulher) sendo a primeira de caracterização da mostra. - 2 TCR de FAM. - 2 TCR, sendo um com 5 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de CAF e outro com PLA.	10 km	Houve melhora significativa (1,9%) no desempenho do grupo treinado na condição CAF em comparação com a condição PLA.	Não mediu
Effect of caffeine on RPE and perceptions of pain, arousal, and pleasure/displeasure during a cycling time trial in endurance trained and active men	Astorino <i>et al.</i> , 2012b	Estudo crossover <i>design</i> com 16 participantes (n=8 treinados aerobicamente e n=8 fisicamente ativos) sendo a primeira de caracterização da mostra. - 2 TCR de FAM - 2 TCR, sendo um com 5 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de CAF e outro com PLA	10 km	Houve melhora significativa (2%) no desempenho do grupo treinado na condição CAF em comparação com a condição PLA.	Não mediu
Improvements in Cycling but Not Handcycling 10 km Time Trial Performance in Habitual Caffeine Users	Graham-Paulson <i>et al.</i> , 2016	Estudo duplo-cego, controlado por PLA com 11 participantes fisicamente ativos, sendo a primeira visita de caracterização da amostra. - 2 TCR de FAM.	10 km	Houve melhora significativa (2%) no desempenho do grupo treinado na condição	Não mediu

		- 30 min de ciclismo a 65% do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ seguido de 4 TCR com 5 mg.kg ⁻¹ de CAF ou PLA.		CAF em comparação com a condição PLA.	
Performance during a 20-km cycling time-trial after caffeine ingestion	Bortolotti <i>et al.</i> , 2014	Estudo duplo-cego, randomizado, controlado por placebo, crossover design, 13 ciclistas, sendo a primeira visita de caracterização da amostra. -1 TCR com CAF (6 mg.kg ⁻¹) -1 TCR com PLA	20 km	Não houve diferença significativa entre as condições CAF e PLA.	Não mediu
Effects of dietary nitrate, caffeine, and their combination on 20-km cycling time trial performance	Glaister <i>et al.</i> , 2015	Estudo duplo-cego, randomizado, contrabalanceado e <i>latin-square design</i> , 14 ciclistas (mulheres) competivas completaram quatro TCRs. - 1 TCR PLA + PLA - 1 TCR nitrato + PLA - 1 TCR CAF + PLA - 1 TCR CAF + nitrato	20 km	Houve melhora significativa de 2,3 e 2,0% no desempenho na condição CAF + PLA em comparação com as condições PLA + PLA e nitrato + PLA, respectivamente.	Não mediu
Caffeine improved cycling trial performance in mentally fatigued cyclists, regardless of alterations in prefrontal cortex activation	Franco-Alvarenga <i>et al.</i> , 2019	Estudo duplo-cego, randomizado e contrabalanceado <i>design</i> , 12 ciclistas completaram cinco visitas, sendo a primeiro de caracterização da amostra. - 1 TCR de FAM - 1 TCR <i>baseline</i> - 1 TCR com fadiga mental - 2 TCR com fadiga mental e CAF ou PLA	20 km	Houve aumento no desempenho em 1,8% no desempenho na condição fadiga mental e CAF, em comparação com fadiga mental e PLA.	A fadiga mental foi reduzida com CAF e PLA em 8,8% e 4,8%, respectivamente.
The influence of a CYP1A2 polymorphism on the ergogenic effects of caffeine	Womack <i>et al.</i> , 2012	Estudo duplo-cego, randomizado com 35 ciclistas treinados, divididos em dois grupos (n=16 AA homozigotos e n=19 portadores de alelo C). -1 TCR com CAF (6 mg.kg ⁻¹) -1 TCR com PLA	40 km	Houve melhora no desempenho em 4,9% no grupo AA homozigotos na condição CAF, comparado com PLA.	Não mediu
Coinciding exercise with peak serum caffeine does not improve cycling performance	Skinner <i>et al.</i> , 2013	Estudo duplo-cego, randomizado, controlado por placebo, crossover design, 14 ciclistas treinados, sendo a primeira visita de caracterização da amostra -1 TCR com CAF (6 mg.kg ⁻¹) uma hora após à ingestão. -1 TCR com CAF (6 mg.kg ⁻¹) no pico de concentração de CAF. -1 TCR com PLA.	40 km	Houve melhora significativa (2,0%) no desempenho na condição CAF uma hora após a ingestão, em comparação com a condição PLA.	Não mediu

FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: CAF, cafeína; CHO, carboidrato; DEP, depleção; FAM, familiarização; kJ, kilojoule; Km, quilometro; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, miligrama por quilograma por minuto; n, número amostral; PLA, placebo; TCR, teste contrarrelógio; $\dot{V}\text{O}_{2\text{pico}}$, pico de consumo de oxigênio.

Em conjunto esses estudos demonstram que a cafeína é um eficiente recurso ergogênico na melhora do desempenho em TCR devido a fatores centrais como, menor percepção subjetiva de esforço e dor durante o exercício físico. Em relação aos mecanismos periféricos, o aumento da liberação e mobilização de cálcio (Ca^{2+}) pelo retículo sarcoplasmático e intracelular, levaria ao aumento da contratilidade muscular.

3.5. FADIGA NEUROMUSCULAR

3.5.1. Fadiga: história, conceito e contextualização

Durante o exercício físico competitivo, a fadiga é algo presente, na qual dentro do possível, tenta-se evitar ou protelar sua instauração. No senso comum, a fadiga é caracterizada como uma queda inesperada ou repentina no desempenho que pode levar ou não a interrupção do exercício. Já no âmbito científico, é entendido como algo muito mais complexo, não totalmente compreendido, sendo amplamente estudado até os dias atuais. Em linhas gerais, a fadiga seria definida como uma incapacidade temporária do(s) músculo(s) em continuar a gerar uma determinada taxa de contração muscular, ocasionando queda na força, potência ou velocidade desenvolvida, e por consequência no desempenho esportivo; ou até mesmo ocasionando a interrupção do exercício físico (ENOKA; STUART, 1992; FITTS, 1994; TAYLOR; BUTLER; GANDEVIA, 2000; ENOKA; DUCHATEAU, 2008; AMANN, 2011a; TAYLOR *et al.*, 2016).

No passado, a fadiga durante o exercício físico era associada a produção do ácido láctico – um produto residual do metabolismo - como único causador da fadiga. Desde que o ácido láctico foi descoberto no leite azedo em 1780 pelo químico sueco Carl Wilhelm Scheele, o ácido láctico foi considerado um ‘vilão’ por cerca de 200 anos, até que na década de 1980, novos experimentos verificaram a grande participação do ácido láctico no metabolismo (gliconeogênese), servindo como um importante combustível para o próprio músculo e outros órgãos durante o exercício (PROIA *et al.*, 2016; FERGUSON *et al.*, 2018).

O primeiro estudo (livro *La Fatica*) sobre fadiga que se tem conhecimento foi escrito pelo fisiologista italiano Angelo Mosso (1846-1910) e publicado em 1891; posteriormente foi publicado o livro *Fatigue* em 1915. Angelo Mosso foi o primeiro a

considerar que a fadiga acontecia por bases biológicas (processos químicos - formação de substâncias tóxicas, como ácido carbônico e ácido láctico) por meio de observações em animais e seres humanos (agricultores), considerando a fadiga como uma 'imperfeição do nosso corpo', onde a fadiga ocorreria basicamente em dois sítios, sendo um central, de caráter puramente nervoso (exaustão do sistema nervoso), e outro periférico, como uma diminuição da força e a sensação de fadiga (MOSSO, 1915; GIULIO; DANIELE; TRIPTON, 2006). Além dessas obras, Angelo Mosso foi o inventor de um aparelho chamado ergógrafo, um aparelho de estimulação elétrica, na qual o objetivo era mensurar o nível de fadiga central através de várias contrações concêntricas do dedo de uma mão (GANDEVIA, 2001; GIULIO; DANIELE; TRIPTON, 2006), sendo utilizado posteriormente em várias pesquisas envolvendo fadiga (HOUGH, 1900).

Em outros estudos clássicos publicados entre 1923-24 pelo fisiologista britânico Archibald V. Hill (prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1922 com Otto Meyerhof), Cyril N. H. Long e Hartley Lupton, além de aperfeiçoarem as ideias de Mosso, trouxeram novos avanços sobre a compreensão da fadiga. Suas ideias citavam possíveis mecanismos de fadiga, como aumento desproporcional do ácido láctico no organismo durante o exercício físico intenso (HILL; LUPTON, 1923; HILL; LONG; LUPTON (1924a,b). Porém, a partir da década de 1970, os estudos sobre fadiga e seus mecanismos de ação ganharam força com o avanço da tecnologia e novas técnicas de análises (ROMANOWSKI; GRABIEC, 1974; EDWARDS *et al.*, 1977; ASMUSSEN; MAZIN, 1978).

Por se tratar de um fenômeno complexo que ocorre em diferentes níveis (SNC e periférico) do organismo, é importante compreender como se dá o processo de comando até a contração muscular dos músculos ativos. De forma sucinta, o estímulo (comando) tem origem no SNC, sendo gerado no córtex motor. Posteriormente, os *inputs* (estímulos elétricos) são transmitidos pela medula espinhal (GANDEVIA *et al.*, 1996; GANDEVIA, 2001) até o motoneurônio, que por sua vez estimula a placa motora através da liberação do neurotransmissor acetilcolina. Imediatamente um potencial de ação é gerado e se propaga no sarcolema gerando a contração muscular pelas fibras musculares. Dependendo do tipo de exercício físico realizado, a fadiga poderá ser de origem central ou periférica.

3.5.2. Fadiga central

A fadiga central é interpretada como uma falha no SNC em comandar e transmitir estímulos para os motoneurônios, caracterizando uma diminuição na capacidade máxima de gerar força ou potência, podendo ser representada pela redução na contração voluntária isométrica máxima (CVIM) que não é acompanhada pela mesma redução na força máxima evocada (VØLLESTAD, 1997). O neurofisiologista inglês Patrick Anthony Merton em 1954 propôs a técnica de interpolação de estímulos (*twitch interpolation technique*) com intuito de avaliar a AV e prever a força máxima evocada (MERTON, 1954). Ele partiu do princípio de que durante a CVIM os motoneurônios não são totalmente ativados voluntariamente, sendo possível alcançar um alto nível de força, porém não totalmente máximo. Entretanto, através desta técnica é possível atingir a ativação máxima dos motoneurônios, através da força máxima evocada. Portanto, durante a CVIM, a taxa de disparos para os motoneurônios aumenta progressivamente com o recrutamento das unidades motoras, sendo que a técnica de interpolação de estímulos tem como objetivo estimular as unidades motoras durante CVIM para excitar os axônios motores ainda não ativados, gerando potenciais de ação extra, que por consequência irá evocar as fibras ainda não recrutadas, gerando uma força de contração máxima (MERTON, 1954; ALLEN; GANDEVIA; MCKENZIE, 1995; GANDEVIA, 2001).

A fadiga central geralmente ocorre em exercícios de longa duração, ocorrendo em qualquer estrutura nervosa acima da junção neuromuscular, principalmente no cérebro e medula espinhal (SCHILLINGS *et al.*, 2003). Como pode-se observar, existe uma grande dificuldade em se estudar e para se determinar os exatos mecanismos da fadiga central, pelo fato da dificuldade em se acessar essas regiões do SNC, principalmente durante testes experimentais. Mudanças (reduções) nos valores da CVIM pós exercício pode ser utilizado como marcador de fadiga global (THOMAS *et al.*, 2015), assim como, em parâmetros de AV, como marcador de fadiga central (GANDEVIA, 2001).

Uma das teorias que mais ganhou força nos últimos anos, mais especificamente no final dos anos 1990 e anos 2000, foi o modelo proposto pelo fisiologista sul-africano Timothy D. Noakes, na qual ele propõe a existência de um “Governador Central”, uma espécie de “caixa preta” no SNC, que é quem regularia os

músculos ativos durante o exercício máximo a fim de proteger o coração de uma isquemia (NOAKES, 1998; 2001; NOAKES; ST CLAIR GIBSON, 2004). Basicamente, as alterações fisiológicas nos músculos atuam como sinais aferentes (*feedback e feedforward*) que modulam os processos de controle do SNC de forma dinâmica e integrada a fim de evitar a catástrofe fisiológica (NOAKES; ST CLAIR GIBSON; LAMBERT, 2005). Esse modelo foi desafiado por diversos pesquisadores (BERGH; EKBLON; ÅSTRAND, 2000; WEIR *et al.*, 2006; BRINK-ELFEGOUN *et al.*, 2007; SHEPHARD, 2009; INZLICHT; MARCORA, 2016).

A fadiga central pode causar a redução nos disparos de potenciais de ação gerados no córtex motor. Estudos têm demonstrado que após o desenvolvimento da fadiga central, ocorre uma diminuição da excitabilidade cortical (GANDEVIA *et al.*, 1996; GANDEVIA, 2001), levando a uma diminuição no drive neural (BIGLAND-RITCHIE *et al.*, 1978; GANDEVIA, 2001). Alterações ocorrem em diferentes regiões do córtex motor, mas também em regiões supraespinhais e espinhais, tendo grande contribuição no desenvolvimento da fadiga central (TAYLOR; TODD; GANDEVIA, 2006; AMANN, 2011a; AMANN; SECHER, 2010; AMANN *et al.*, 2015). A incidência de fadiga central ocorre decorrente de contrações repetitivas de baixa intensidade, ou pela sustentação de contrações repetitivas. Durante essas contrações ocorre uma alta frequência de disparos pelo córtex motor, levando a uma frequência de disparos pelo córtex motor por um longo período. Por exemplo, em exercício de longa duração, contrações de baixa intensidade sustentadas (valor igual ou inferior a 15% CVIM) são associadas a predominância de fadiga central (POOLE *et al.*, 2016).

Além disso, pode ocorrer alterações metabólicas nos músculos ativos durante o exercício, como aumento nos níveis de lactato, H⁺ livre, Pi e ADP, e diminuição de PCr e pH (BLAIN *et al.*, 2016; BLACK *et al.*, 2017), que irão ativar neurônios sensoriais do grupo III e IV (HUREAU; ROMER; AMANN, 2016; BLAIN *et al.*, 2016). Os neurônios sensoriais do grupo III e IV aumentam a sua taxa de disparo (via aferente), de acordo com o aumento da produção desses metabólitos, causando um efeito inibitório no comando motor central (AMANN, 2011a; HUREAU; ROMER; AMANN, 2016; BLAIN *et al.*, 2016). Portanto, acredita-se que a principal causa da fadiga central seria a redução na taxa de disparos de potenciais de ação gerados no córtex motor, através de fatores neurais (ainda não completamente compreendidos), associado a inibição

na taxa de disparos por *feedback* aferente dos neurônios sensoriais tipo III e IV (AMANN, 2011a; AMANN *et al.*, 2015; BLAIN *et al.*, 2016).

3.5.3. Fadiga periférica

Estudos clássicos indicaram que a capacidade de gerar trabalho era limitada pelo aumento do ácido láctico, decorrente de um suprimento inadequado de O₂ tecidual devido a um baixo fluxo sanguíneo, gerando anaerobiose (FLETCHER; HOPKINS, 1907; HILL; LUPTON, 1923; HILL; LONG; LUPTON, 1924). A partir dos anos 1970, novas pesquisas atribuíram a fadiga a outros fatores periféricos, como falhas no processo de excitação-contração (EDWARDS *et al.*, 1977). Na década de 1980 surgiu o modelo aperfeiçoado da “Teoria da Catástrofe” de Richard Edwards, que propôs que o exercício é interrompido quando os limites bioquímicos do corpo são excedidos, causando uma falha catastrófica da homeostase intracelular (EDWARDS, 1983).

A fadiga periférica geralmente ocorre em eventos de curta duração e alta intensidade com predominância do metabolismo anaeróbio, ocorrendo da junção neuromuscular até as proteínas contráteis (fibras musculares) nos músculos ativos. A fadiga periférica pode ser devido a perturbações metabólicas e iônicas, como diminuição nos níveis de ATP e PCr e aumento de metabólitos como H⁺, fosfato inorgânico (Pi), adenosina monofosfato (ADP) e lactato, levando a uma redução do pH muscular e sanguíneo (AMANN *et al.*, 2011a; CHIDNOK *et al.*, 2013; BLAIN *et al.*, 2016). A acidose metabólica resultante leva a uma sensação de desconforto muscular e inibição de enzimas chaves do metabolismo, como a fosfofrutoquinase, e consequentemente diminuição na capacidade de tolerar o exercício, levando a uma redução ou incapacidade (involuntária) de gerar força e consequentemente potência ou velocidade, ou até mesmo levando a interrupção do exercício (AMANN *et al.*, 2011a; CHIDNOK *et al.*, 2013; BLAIN *et al.*, 2016).

Outros fatores desencadeantes estão associados ao desenvolvimento da fadiga periférica durante o exercício físico, como alterações nas concentrações iônicas de Na⁺ e K⁺, por provocar menor excitabilidade do sarcolema e propagação do potencial de ação pelos túbulos transversos, além de falha na liberação de Ca²⁺ pelo retículo sarcoplasmático durante contrações intensas (ALLEN; LAMB; WESTERBLAND, 2008; MCKENNA; BANGSBO; RENAUD, 2008). Além disso,

também ocorre aumento nas concentrações de ácido láctico, amônia (NH_3) e espécies reativas de oxigênio que também estão diretamente associados a inibição dos aparatos contráteis (FITTS, 1994; ALLEN; LAMB; WESTERBLAND, 2008; VANHATALO *et al.*, 2016). Mudanças (reduções) nos parâmetros de $Q_{\text{tw}100}$, $Q_{\text{tw}10}$ e $Q_{\text{tw,pot}}$ podem ser considerados como marcadores de fadiga periférica (AMANN, 2011b, MILLET *et al.*, 2011), e mudanças na Onda-M representam possíveis alterações na excitabilidade de membrana (FELIPPE *et al.*, 2018; RODRIGUES-FALCES; PLACE, 2016).

Como visto, os mecanismos de fadiga são complexos, atuando em diferentes locais. Durante o exercício, ocorre uma interação entre mecanismo centrais e periféricos (HUREAU; ROMER; AMANN, 2016). Essa interação se baseia na ideia de que, via *feedback* negativo fornecido por sinais sensoriais (sinais aferentes) vindos da periferia pelos nervos III e IV, o SNC monitora o ambiente intramuscular dos músculos ativos, a fim evitar danos ao organismo e restabelecer a homeostase. Este processo limitaria a potência a ser gerada pela diminuição de *inputs* do comando motor central, levando a diminuição ou até mesmo a interrupção o exercício (HUREAU; ROMER; AMANN, 2016). Esses achados são suportados pelos estudos de Amann *et al.* (2011a) e Blain *et al.* (2016), que testaram a injeção lombar de uma substância opioide (analgésico – fentanil) a fim de bloquear seletivamente os sinais aferentes provenientes dos neurônios sensoriais dos membros inferiores ao SNC. O bloqueio demonstrou que, sem as informações aferentes, o SNC fica sem referência do nível de homeostase nos músculos ativos e o participante fica sem mecanismo protetivo, desencadeando maior nível de fadiga periférica ao final de um TCR de 5km.

Portanto, a redução temporária na capacidade muscular de gerar força/potência, pode ser compreendida através de alterações fisiológicas/metabólicas e neurais em diferentes locais/sítios (LAMBERT; ST CLAIR GIBSON; NOAKES, 2005).

3.6. ESTRATÉGIA DE PROVA, ADVERSÁRIO, CAFEÍNA E FADIGA

Nas modalidades esportivas predominantemente aeróbias cíclicas, como o ciclismo, para que o atleta consiga alcançar o melhor rendimento, depende de vários

fatores intrínsecos e extrínsecos, entre os principais, podemos citar a estratégia de prova, presença de adversário (s) e consumo de recursos ergogênicos como cafeína.

Em provas de ciclismo, a presença de adversário (s), como vimos em estudos anteriores, é capaz de modular a percepção do esforço, pelo fato de atuar manipulando o foco das sensações internas (por exemplo, acúmulo de metabólitos) do organismo, além do fato da presença do adversário gerar um clima de competição, que gera no participante uma vontade de vencer, que ao ser concretizado gera uma sensação de satisfação e recompensa.

Ao mesmo tempo, com o intuito de potencializar/maximizar o desempenho físico, muitos atletas fazem uso da cafeína, que já está bem estabelecido na literatura como um eficiente recurso neste tipo de evento, pelo fato de atuar modulando (diminuindo) a percepção subjetiva de esforço e desconforto durante o exercício físico, além de proporcionar o aumento da liberação e mobilização de cálcio (Ca^{2+}) intracelular e maior excitabilidade da membrana do sarcolema e potencial de ação, potencializando o recrutamento neuromuscular e a capacidade de gerar força.

Portanto, é importante compreender como o adversário, a utilização de recursos ergogênicos e a fadiga (central e periférica) atuam no comportamento e no desempenho. Com base nesse conhecimento, é possível, adequar um melhor direcionamento nas orientações ao atleta (s) a fim de otimizar suas capacidades durante os treinamentos, e principalmente durante um evento competitivo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. AMOSTRA E APROVAÇÃO ÉTICA

Para participar do estudo, o voluntário deveria atender alguns pré-requisitos, sendo eles: 1) ser do sexo masculino, 2) possuir idade entre 18 e 40 anos, 3) ser atleta de ciclismo e competir, 4) não ter lesões nos últimos seis meses, 5) não ser fumante ou usuário de drogas psicoestimulantes, 6) não ser usuário de medicamentos de uso contínuo, e 7) não possuir doenças, como, hipertensão arterial, cardiopatias, úlceras e desmaios frequentes.

O tamanho da amostra necessária foi estimado usando o *software* (Universidade Heinrich-Heine-Düsseldorf, versão 3.1.9.2, Düsseldorf, Alemanha), adotando um tamanho de efeito esperado de 0,50 tanto para CAF (SANTOS *et al.*, 2013) quanto para adversário virtual (ANSDELL *et al.*, 2018), um alfa de 0,05 e um poder desejado de 0,80. Com base nos pré-requisitos, 11 ciclistas foram recrutados e selecionados para o estudo (TABELA 1). Todos os atletas foram classificados como ciclistas treinados, de acordo com os critérios de De Pauw *et al.* (2013).

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, FISIOLÓGICOS E DE TREINAMENTO DOS PARTICIPANTES (N=11).

Variáveis	Média $\pm$ DP
Idade (anos)	32,6 $\pm$ 6,8
Massa corporal total (kg)	77,7 $\pm$ 7,1
Estatura (cm)	176,0 $\pm$ 8,0
FC _{máx} (bpm)	185 $\pm$ 8
$\dot{V}O_{2max}$ (L.min ⁻¹)	4,30 $\pm$ 0,76
$\dot{V}O_{2max}$ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	56,1 $\pm$ 13,2
PPO (W)	359,5 $\pm$ 22,5
PPO (W.kg ⁻¹)	4,7 $\pm$ 0,6
Frequência de treinos (vezes/semana)	5 $\pm$ 1
Volume de treinos por semana (h)	10,3 $\pm$ 3,5
Volume de treinos por semana (km)	266,4 $\pm$ 84,5
Consumo habitual de cafeína (mg.dia ⁻¹)	170,6 $\pm$ 154,7

FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: DP, desvio padrão; kg, quilograma; cm, centímetros; $FC_{\text{máx}}$, frequência cardíaca máxima; bpm, batimentos por minuto; $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, consumo máximo de oxigênio; $L \cdot \text{min}^{-1}$, litros por minuto; $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, mililitros por quilograma por minuto; PPO, potência de pico; W, watts; $\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$, watts por quilograma por minuto; h, horas, km, quilômetros; $\text{mg} \cdot \text{dia}^{-1}$, miligramas por dia. Os dados são apresentados em média $\pm$ desvio padrão.

Os participantes foram informados de todos os procedimentos e possíveis riscos e benefícios da pesquisa antes do início dos testes. Através do questionário PAR-Q (ANEXO A), foi constatado que os participantes estavam em boas condições de saúde (sem doenças crônicas e fatores de risco associados). Os participantes leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A), de acordo com a resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), o qual foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Paraná (CAAE: 98205218.2.0000.0102, parecer CEP/SD-PB nº: 3.077.048 – ANEXO B), entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP, de acordo com os padrões éticos da Declaração de Helsinque.

4.2. DESENHO EXPERIMENTAL

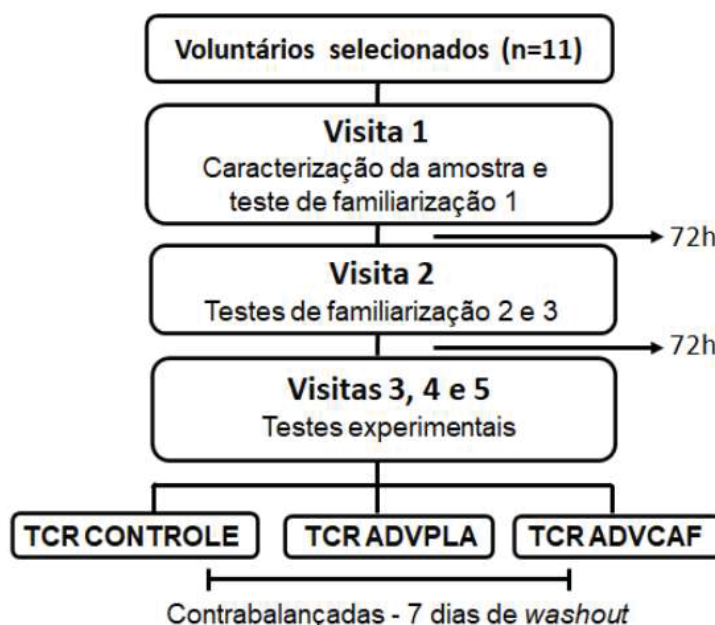
Cada participante compareceu cinco vezes ao laboratório. Na primeira visita, os participantes realizaram procedimentos de caracterização da amostra, que consistiram primeiramente na aplicação do PAR-Q, aplicação do questionário de caracterização do voluntário (APÊNDICE B), aplicação do questionário de consumo de cafeína (ANEXO C), posteriormente foi entregue o registro alimentar de 24 h (APÊNDICE C) e o formulário de orientações ao voluntário de pesquisa (APÊNDICE D), e foi realizada a avaliação antropométrica. Em seguida, foi realizado o teste incremental para determinar o nível de aptidão aeróbia dos participantes e, após 10 a 15 minutos de recuperação, foi realizado um TCR de 4 km de familiarização. A partir da primeira visita, foi padronizada a altura do selim da bicicleta e o horário dos testes, este último, sendo para evitar alterações devido ao ritmo circadiano.

Setenta e duas horas após a primeira visita, foi realizada a segunda visita para familiarização com a CVIM, eletromiografia, estimulação elétrica (EE), escala de

percepção subjetiva de esforço - PSE (BORG, 1982) (ANEXO D), e o TCR de 4 km com e sem adversário.

Os testes experimentais foram realizados na terceira, quarta e quinta visitas, que consistiu em realizar o teste contrarrelógio de 4 km: 1) sem adversário virtual e sem ingestão de suplemento, denominado condição controle (CON), 2) contra adversário virtual após ingestão de placebo (ADVPLA), e 3) contra adversário virtual após ingestão de cafeína (ADVCAF). As visitas foram realizadas de forma randomizada e contrabalanceada, com sete dias de *washout* entre elas. Os participantes realizaram a ingestão oral aguda de uma cápsula gelatinosa de placebo ou cafeína anidra 60 minutos antes do teste, de forma duplo-cega (FIGURA 4). A dosagem de $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ foi escolhida por apresentar melhor resposta em termos de desempenho físico (GRAHAM; SPRIET, 1995; PASMANN *et al.*, 1995). Todos os testes foram realizados em uma bicicleta do tipo estrada (*speed*) acoplada a um ciclossimulador de resistência magnética (CompuTrainer Pro®, RacerMate, Seattle, WA, EUA), o qual foi calibrado antes de cada teste, de acordo com os procedimentos descritos em Davison *et al.* (2009).

FIGURA 4 - DESENHO EXPERIMENTAL DO ESTUDO



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: n=, número da amostra; TCR ADVPLA, teste contrarrelógio com adversário combinado com placebo; TCR ADVCAF, teste contrarrelógio com adversário combinado com cafeína.

4.3. DESCRIÇÃO DOS TESTES

4.3.1. Teste incremental e familiarizações

O teste incremental foi realizado para determinar o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$) e a potência de pico (PPO). Depois de realizar um aquecimento de 5 minutos com uma cadência entre 80 e 90 rpm a 100 W, a carga foi aumentada em 30 W a cada minuto até a exaustão. Durante o teste foram realizadas medidas a cada 10 segundos de consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), dióxido de carbono ($\dot{V}CO_2$), e ventilação ($\dot{V}E$), obtidas através de um analisador automático de trocas gasosas (AD Instruments® Pty Ltd., Power Lab 4/30, Sydney, NSW, Austrália), sendo os dados registrados por *software* (LabChart 8 Pro®, AD Instruments® Pty Ltd., Sydney, NSW, Austrália). Antes de cada teste, o analisador de trocas gasosas foi calibrado em duas etapas, sendo a primeira utilizando o ar ambiente e a segunda um cilindro com uma concentração conhecida de oxigênio e dióxido de carbono (16% e 4%, respectivamente). Além disso, a frequência cardíaca (FC) também foi mensurada por meio de um aparelho transmissor (Polar® modelo T 31/34, Kempele, Finlândia). No final de cada estágio, a PSE foi mensurada (BORG, 1982). O teste foi finalizado quando o participante não foi capaz de manter a cadência mínima estabelecida (80 rpm) por mais de cinco segundos, ou quando o participante interrompeu o teste abruptamente devido à cansaço físico. O $\dot{V}O_{2max}$ foi considerado como a média dos últimos 20 segundos antes do final do teste.

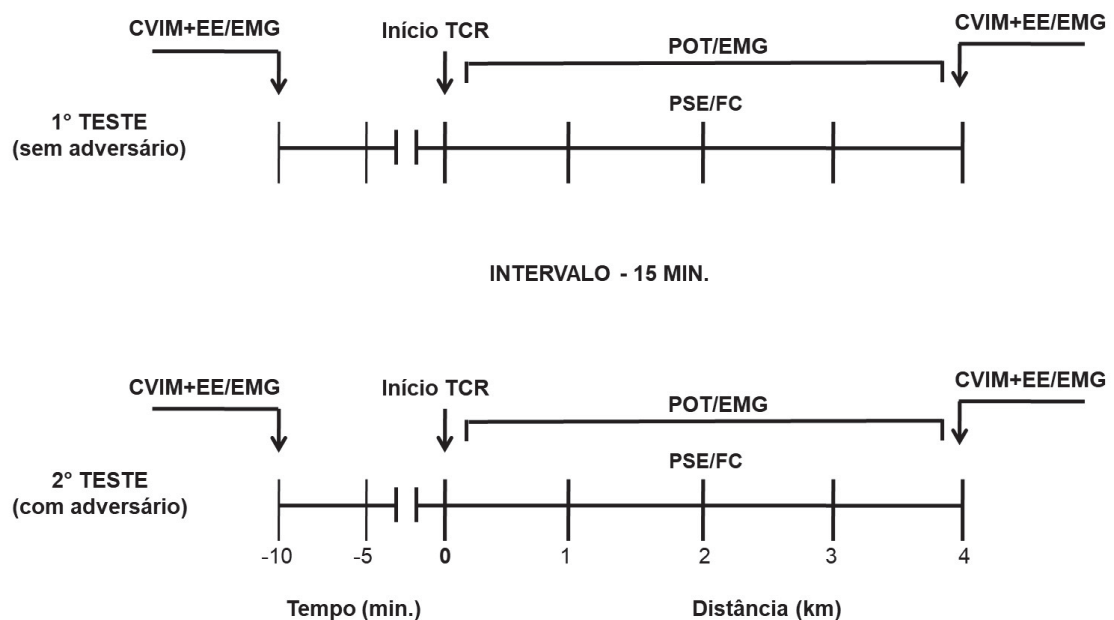
Após um intervalo de 10 a 15 minutos, foi realizado um teste de familiarização com o TCR de 4 km, com o objetivo de familiarizar o participante com o teste e procedimentos de coleta. Antes de dar início ao TCR, foi realizado um aquecimento de 5 minutos, com uma cadência de 80-90 rpm a 50% da potência de pico com uma relação de marcha de padronizada ($\sim 52 \times 17$). Em seguida, os participantes realizaram um TCR de 4 km sem adversário. Durante o TCR, a PSE e a FC foram registradas a cada 1 km. Apenas o parâmetro de distância ficou visível para o participante na tela do *software*. Ao término do teste, foi informado aos participantes o tempo final (desempenho).

O objetivo da segunda visita foi familiarizar os participantes aos procedimentos dos testes experimentais. Nessa visita, foi realizado o protocolo de avaliação

neuromuscular e, em seguida, os participantes realizaram dois TCR de 4 km com e sem adversário virtual, respectivamente, com um intervalo entre 15 e 20 minutos cada. Durante os dois TCR, PSE e FC foram registradas a cada 1 km. Na tela do *software* projetado em um *display* (televisor) posicionado à frente do participante ficou visível ao participante apenas o parâmetro de distância percorrida. Imediatamente após cada TCR, foi realizado novamente o protocolo de avaliação neuromuscular. A partir desta visita, não foi mais fornecido nenhuma informação de tempo de desempenho ou qualquer outra informação que pudesse influenciar no comportamento dos participantes durante os próximos testes (FIGURA 5).

O coeficiente de variação (CV) de dois TCRs de 4 km de familiarização realizados sem adversário foi de $1,2 \pm 0,7\%$. A temperatura e a umidade relativa do ar (URA) dos testes de familiarização foram de $21,8 \pm 1,6^{\circ}\text{C}$ e $70,7 \pm 6,7\%$, respectivamente.

FIGURA 5 - LINHA DO TEMPO DOS TESTES DE FAMILIARIZAÇÃO.



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: CVIM+EE/EMG: Avaliação neuromuscular - contração voluntária isométrica máxima + estimulação elétrica/eletromiografia; POT, potência; PSE, percepção subjetiva de esforço; FC, frequência cardíaca; e TCR, teste contrarrelógio.

4.3.2. Testes experimentais

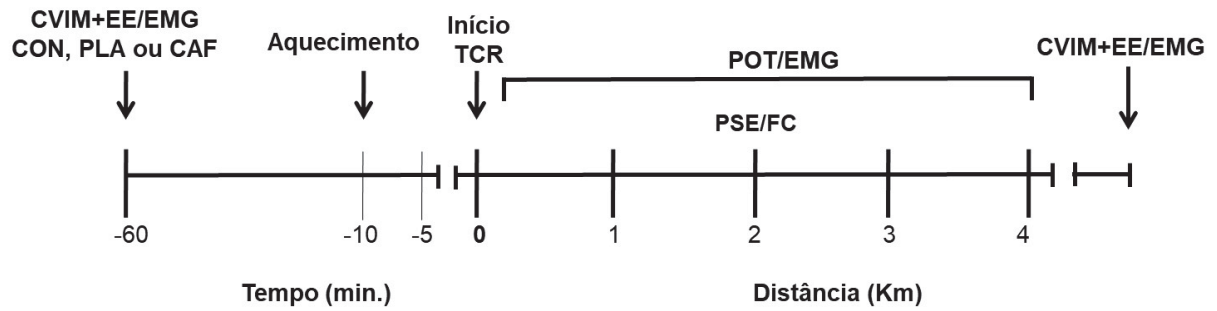
Ao chegar ao laboratório, foi ofertada: 1) uma cápsula contendo placebo (PLA), composta por celulose micro-cristalina; 2) 5 mg·kg⁻¹ de cafeína anidra pura (CAF) (ANEXO E) ou; 3) nenhuma cápsula (CON). Todas as cápsulas foram manipuladas de forma personalizada na farmácia Dag Farma® unidade matriz, Curitiba-PR. Para evitar a identificação, as capsulas tinham a mesma coloração, formato, peso e tamanho.

Após 50 minutos, os participantes realizaram um aquecimento de 5 minutos (o mesmo das familiarizações), seguido de um intervalo de três minutos e em seguida iniciado o TCR. Os participantes realizaram os TCRs de 4 km nas seguintes condições: 1) sem ADV e suplementação – controle (CON), 2) com ADV combinado com a ingestão aguda de placebo (ADVPLA), e 3) com ADV combinado com a ingestão aguda de cafeína (ADVCAF). Durante os testes foram monitorados continuamente a POT e a EMG, bem como a PSE e a FC a cada quilômetro percorrido (FIGURA 6). Todos os testes foram realizados no mesmo horário do dia para se evitar influência do ritmo circadiano no desempenho.

O participante foi orientado que não poderia utilizar relógio ou ciclocomputador pessoal, assim como, foram cobertas na tela do *software* do *display* informações como, tempo do teste, velocidade, potência e horário, a fim de evitar qualquer *feedback* de desempenho, deixando visível do *display* apenas o parâmetro de distância percorrida. Foi solicitado aos participantes que realizem o TCR no menor tempo possível. Também, foi informado ao participante que ele iria competir contra um ciclista de nível similar de desempenho, que estava em um outro laboratório localizado em outro campus da Universidade, quando na verdade estava competindo contra seu segundo teste de familiarização sem adversário. Para isso, foi projetado um adversário virtual (avatar) no *display*; um segundo *avatar* representou o participante em tempo real. Durante os testes, foi fornecido apenas a informação de distância de ambos e a seguinte informação: “- O adversário está à frente!” ou “- O adversário está atrás!”, caso o adversário ficasse fora do campo de visão do participante (FIGURA 7).

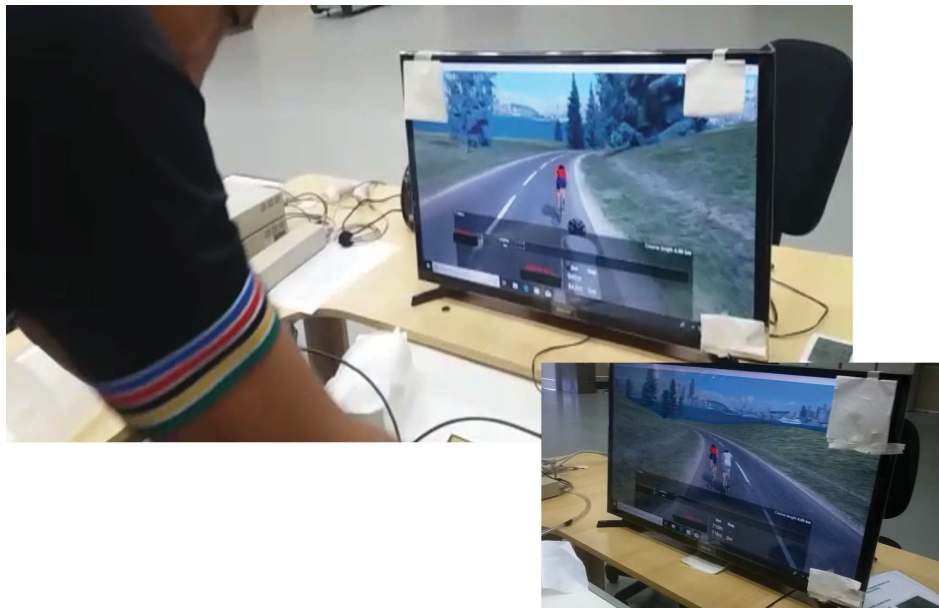
A temperatura e a URA dos testes experimentais foram de $21,0 \pm 2,1$ °C e $65,2 \pm 7,8\%$, respectivamente.

FIGURA 6 - LINHA DO TEMPO DOS TESTES EXPERIMENTAIS



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: CVIM+EE/EMG: Avaliação neuromuscular - contração voluntária isométrica máxima + estimulação elétrica/eletromiografia; CAF, cafeína, CON; controle; PLA, placebo; POT, potência; PSE, percepção subjetiva de esforço; FC, frequência cardíaca; e TCR, teste contrarrelógio.

FIGURA 7 - VISÃO DO *DISPLAY* E DO AVATAR PELO PARTICIPANTE DURANTE UM TESTE EXPERIMENTAL.

FONTE: O autor (2022).

4.4. PROCEDIMENTOS DE COLETA

4.4.1. Teste de contração voluntária isométrica máxima, eletromiografia e estimulação elétrica

Uma célula de carga (EMG System, São José dos Campos, Brasil) foi utilizada para a mensuração da força durante a CVIM de extensão de joelho. Para tal foi utilizada uma cadeira extensora adaptada, com a célula de carga acoplada no apoio da alavanca fixa. O encosto traseiro do tronco e a altura da alavanca foram individualmente ajustados de modo que os ângulos internos do quadril e do joelho dos participantes ficassem em 120° e 90°, respectivamente. Todas as avaliações foram realizadas no membro inferior direito dos participantes.

Para o monitoramento da atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral direito, foi realizada a localização do ventre do vasto lateral e porção medial da tíbia, e em seguida a limpeza da pele com álcool 70%, tricotomia com gilete descartável, esfoliação para otimizar a impedância (valores menores que 5 k Ω) do local, e limpeza com álcool 70% novamente. Os eletrodos monopolares Ag/AgCl de 44 milímetros (mm), separados por 2 cm entre polos (Meditrace®, 200, Tico/Kendall, Mansfield, MA, EUA), foram fixados no vasto lateral para captação do sinal, enquanto o eletrodo monopolar Ag/AgCl de 30 mm (Meditrace®, 200, Tico/Kendall, Mansfield, MA, EUA) foi fixado na porção medial da tíbia como terra. Para garantir o mesmo local de colocação dos eletrodos entre os testes, a posição dos eletrodos foi marcada na pele com caneta de tinta semipermanente. Em seguida, os eletrodos foram conectados via cabo ao sistema de aquisição de sinais (EMG System, SAS1000V8, São José dos Campos, SP, Brasil), com sinal lido por um *software* EMGLab (EMG System, versão 1.1, São José dos Campos, SP, Brasil). Para ajudar na fixação dos eletrodos e cabos, foram utilizadas fitas adesivas (tipo esparadrapo micropore), minimizando o risco de descolarem durante e após os TCRs e ruídos e artefatos gerados por movimentos. Os procedimentos de monitoramento da eletromiografia seguiram as recomendações de EMG de superfície para uma avaliação não-invasiva de músculos (*surface EMG for a non-invasive assessment of muscles*, SENIAM) (HERMENS *et al.*, 2000).

Para a EE foi realizada a limpeza da pele no ponto de estimulação com álcool 70%, tricotomia com gilete descartável, esfoliação para otimizar a impedância do local, e limpeza novamente com álcool 70%. Em seguida, foi realizada a fixação de dois eletrodos adesivos de superfície monopolar de 0,5 cm de diâmetro (Ambu® Neuroline 715, Ballerup, Dinamarca), sendo um no triângulo femoral, isto é, região inguinal (catodo) e outro na prega glútea (anodo) (FELIPPE *et al.*, 2018; SANTOS-MARIANO *et al.*, 2019). Para ajudar na fixação dos eletrodos, foi utilizado fitas adesivas (tipo

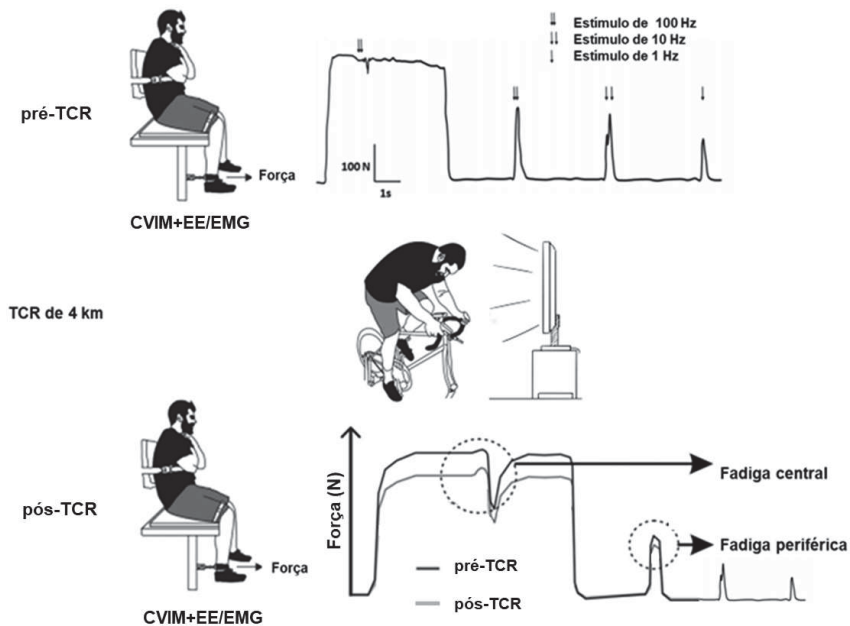
esparadrapo micropore), minimizando o risco de os eletrodos perderem o exato posicionamento durante a realização dos TCRs. O eletrodo ânodo foi fixado na prega glútea oposta ao eletrodo cátodo. Para garantir a mesma colocação dos eletrodos entre os testes, a localização dos mesmos foi marcada na pele com caneta de tinta semipermanente.

Os estímulos elétricos no nervo femoral foram aplicados de forma transcutânea usando um estimulador de corrente constante (Neuro-TES, Neurosoft, Ivanovo, Rússia) *software* Neuro-IOM.NET®, versão 1.1.51.6, Neurosoft, Ivanovo, Rússia. O nervo femoral foi identificado na primeira sessão de familiarização e conferida antes de cada sessão experimental. Com os participantes sentados na cadeira, uma caneta estimuladora (SBE-2, Neurosoft, Ivanovo, Rússia) foi utilizado para identificar o local com a maior amplitude de onda-M evocada por um estímulo elétrico de 15 mA. Neste local foi fixado o eletrodo cátodo. Após a correta localização, uma série de estímulos elétricos (frequência de 1Hz e duração de 1ms) foi realizada, iniciando com intensidade de 15 mA seguida de incrementos de 5 mA a cada 30 segundos. A intensidade ótima de estimulação foi considerada alcançada quando um aumento na intensidade de estímulo não induziu aumento da amplitude (até alcançar um platô) de força produzida pelo músculo quadríceps e no aumento de amplitude nos valores pico-a-pico da onda-M. A intensidade (amperagem) ótima de estimulação foi aumentada em 20% do platô ($71,3 \pm 18,5$ mA) para garantir o máximo recrutamento do quadríceps via estímulos elétricos (NEYROUD *et al.*, 2014).

O protocolo de avaliação neuromuscular consistiu em um aquecimento com três contrações submáximas (60, 70 e 80 % da força máxima) e uma CVIM durante cinco segundos, com intervalo de 30 segundos entre cada contração (ALBERTUSKAJEE *et al.*, 2011). Na sequência, foram realizadas três CVIMs, com intervalo de um minuto entre as contrações. Os participantes foram orientados a atingir a força máxima o mais rápido possível em cada contração e mantê-la por cinco segundos. Os participantes receberam *feedback* visual do nível de força e foram estimulados verbalmente durante todas as CVIMs. O protocolo de estimulação elétrica consistiu na aplicação de um estímulo de pulso duplo com frequência de 100 Hz e duração de 1 ms (Q_{tw100}) sobre o platô da força isométrica (estímulo superimposto) e dois segundos após o término da CVIM, seguida de um estímulo duplo com frequência de 10 Hz (Q_{tw10}) e um único de 1 Hz ($Q_{tw,pot}$) separadas por dois segundos um do outro

(MERTON, 1954). Este procedimento foi repetido imediatamente após o TCR nas visitas experimentais (FIGURA 8).

FIGURA 8 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA AVALIAÇÃO NEUROMUSCULAR PRÉ- E PÓS-TCR DE 4 KM.



LEGENDA: CVIM+EE/EMG, Contração voluntária isométrica máxima + estimulação elétrica/eletromiografia.

FONTE: Adaptado de Temesi *et al.*, 2017 e Collins *et al.*, 2018. O autor (2022).

4.5. PROCEDIMENTOS E ANÁLISES

4.5.1. Determinação da potência de pico através do teste incremental máximo

A potência de pico foi determinada utilizando a equação 1 (KUIPERS *et al.*, 1985):

Equação 1:
$$PPO = PO_{UEC} + [(t/60 \times 30)]$$

Equação 1: Onde PPO é a potência de pico, PO_{UEC} é a potência do último estágio completo do teste em watts, t é o tempo em segundos sustentado no último estágio

incompleto, 60 é a duração em segundos de cada estágio, e 30 é a taxa de incremento de carga em watts entre os estágios.

4.5.2. Procedimentos para análise da potência mecânica e atividade eletromiográfica

A partir dos dados gravados por um *software* (RaceMate One®, versão 4.0.6, CompuTrainer, Seattle, WA, EUA) e salvos a cada 1 s em formato *xlsx* (Excel), a média da potência mecânica gerada durante os TCRs foram calculadas para cada 250 metros.

A EMG foi registrada com uma taxa de amostragem de 2 kHz por meio de um conversor A/D de 24 bits (EMG System do Brasil, SAS1000V8, São José dos Campos, SP, Brasil). O sinal bruto foi filtrado com um filtro *band-pass butterworth* de 4ª ordem com frequências de corte definidas em 20 e 500 Hz (impedância de entrada = 1 GΩ, taxa de rejeição de modo comum = 100 dB, ganho = 2.000). O sinal foi retificado por *full-wave* e a RMS foi calculada para uma janela de 500 ms em torno de um pico de torque durante as três CVIMs pré-TCR e para os 10 *burst* consecutivos antes de cada período de 250 m durante os TCR de 4 km. A RMS foi normalizada pela média da RMS das três CVIMs (RMS%_{CVIM}) pré-TCR (Felippe *et al.*, 2018).

Todos os dados foram processados e analisados através de rotinas customizadas utilizando-se do *software* MATLAB® (The Mathworks Inc., Natick, MA, EUA).

4.5.3. Procedimentos de análise da fadiga central e periférica

Para mensurar a AV foi utilizado a fórmula de Merton (1954), equação 2:

Equação 2:
$$AV (\%) = 1 - (\text{Estímulo sobreposto}/Q_{tw100}) \cdot 100$$

A CVIM foi considerada como a média de força durante os 500 ms anteriores a aplicação do estímulo sobreposto. A Q_{tw100} , Q_{tw10} e $Q_{tw,pot}$ foram considerados como

o pico de força evocado pelo estímulo, enquanto a amplitude da onda-M considerada como a diferença pico a pico da onda-M (mV).

Para a análise estatística foi as médias desses parâmetros (AV, CVIM, Q_{tw100} , Q_{tw10} , $Q_{tw,pot}$ e Onda-M) obtidos nas três repetições no pré-TCR e a do pós-TCR do protocolo de estimulação. A redução de pré para pós TCR da CVIM foi utilizada como marcador de fadiga global (THOMAS *et al.*, 2015), enquanto redução na AV considerado como marcador de fadiga central (GANDEVIA, 2001). Uma redução de pré para pós TCR da Q_{tw100} , Q_{tw10} e $Q_{tw,pot}$ foi assumida como marcador de fadiga periférica (AMANN, 2011b, MILLET *et al.*, 2011). A redução de pré para pós TCR da onda-M foi assumida como redução na excitabilidade de membrana (FELIPPE *et al.*, 2018; RODRIGUES-FALCES; PLACE, 2016).

4.5.4. Avaliação da blindagem

Para avaliar o efeito da blindagem, pedimos aos participantes para tentar identificar no momento pré-TCR o suplemento que foi ingerido. A pergunta foi “Qual suplemento você acha que ingeriu?”. As duas respostas possíveis eram: cafeína ou placebo.

4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade dos dados foi verificada através do teste de *Shapiro-Wilk*. Os dados são apresentados em média $\pm$ desvio padrão e intervalo de confiança de 95% (IC 95%) para as diferenças entre duas condições. O tempo de desempenho foi comparado entre as condições (CON, ADVPLA e ADVCAF) através de ANOVA de um caminho de medidas repetidas, seguido de ajuste (*post hoc test*) de *LSD de Fisher* para localização das diferenças, quando necessário. O efeito das condições e da distância sobre as variáveis dependentes (cada trecho de 250 m do TCR - potência, %RMS_{CVIM}, percepção subjetiva de esforço e frequência cardíaca) e para pré- e pós-TCR (fadiga - CVIM, AV, Q_{tw100} , Q_{tw10} , $Q_{tw,pot}$ e Onda-M) foram verificados por ANOVA de dois caminhos de medidas repetidas, seguido de ajuste de *LSD de Fisher* para localização das diferenças (efeito principal ou interação), quando necessário. A %RMS_{CVIM} e os parâmetros de fadiga neuromuscular foram analisados com apenas

nove e oito participantes, respectivamente, devido a problemas técnicos durante a coleta de dados. A esfericidade foi verificada pelo teste de *Mauchly* e a correção de *Greenhouse Geisser* foi aplicada sempre que a violação da esfericidade foi constatada. Um potencial efeito de ordem também foi verificado comparando o tempo de desempenho entre as visitas 3, 4 e 5, utilizando ANOVA de um caminho de medidas repetidas.

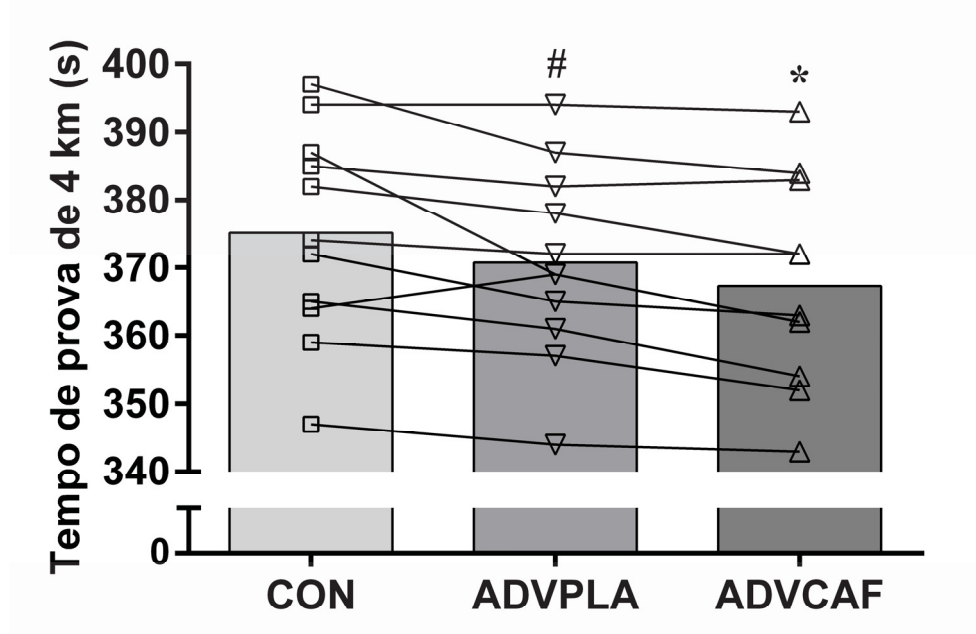
Os dados foram analisados usando o pacote estatístico Statistica (StaSoft® Inc., versão 10, Tulsa, OK, EUA) para Windows, e os gráficos desenvolvidos no *software* Prisma (GraphPad Prism® Inc., versão 6, 2012, San Diego, CA, EUA) para Windows. O nível de significância adotado foi de $P \leq 0,05$.

5. RESULTADOS

5.1. DESEMPENHO NOS TESTES CONTRARRELÓGIO

O desempenho nos TCRs de 4 km de ciclismo foi afetado pela manipulação ($F_{(2,20)} = 1,767$, $P = 0,006$). A presença do adversário virtual com ingestão de PLA reduziu em $1,2 \pm 1,5\%$ o tempo para completar o TCR de 4 km de ciclismo, quando comparado a condição CON ($370,7 \pm 14,2$ vs. $375,1 \pm 15,5$ s, média de diferença = $4,4$ s, IC 95% = $0,8$ a $7,9$ s, $P = 0,018$, respectivamente). A combinação de CAF com a presença do adversário virtual aumentou o desempenho em $0,9 \pm 0,8\%$ ($367,3 \pm 15,2$ s), quando comparado a condição PLA (média de diferença = $3,4$ s, IC 95% = $0,0$ a $7,0$ s, $P = 0,050$), e em $2,1 \pm 1,8\%$ quando comparado a condição CON (média de diferença = $7,8$ s, IC 95% = $4,3$ a $11,3$ s, $P = 0,001$) (GRÁFICO 1).

GRÁFICO 1 - DESEMPENHO DURANTE O TCR DE 4 KM CICLISMO NAS CONDIÇÕES CONTROLE (CON), ADVERSÁRIO COMBINADO COM PLACEBO (ADVPLA) E ADVERSÁRIO COMBINADO COM CAFEÍNA (ADVCAF).



FONTE: O autor (2022).

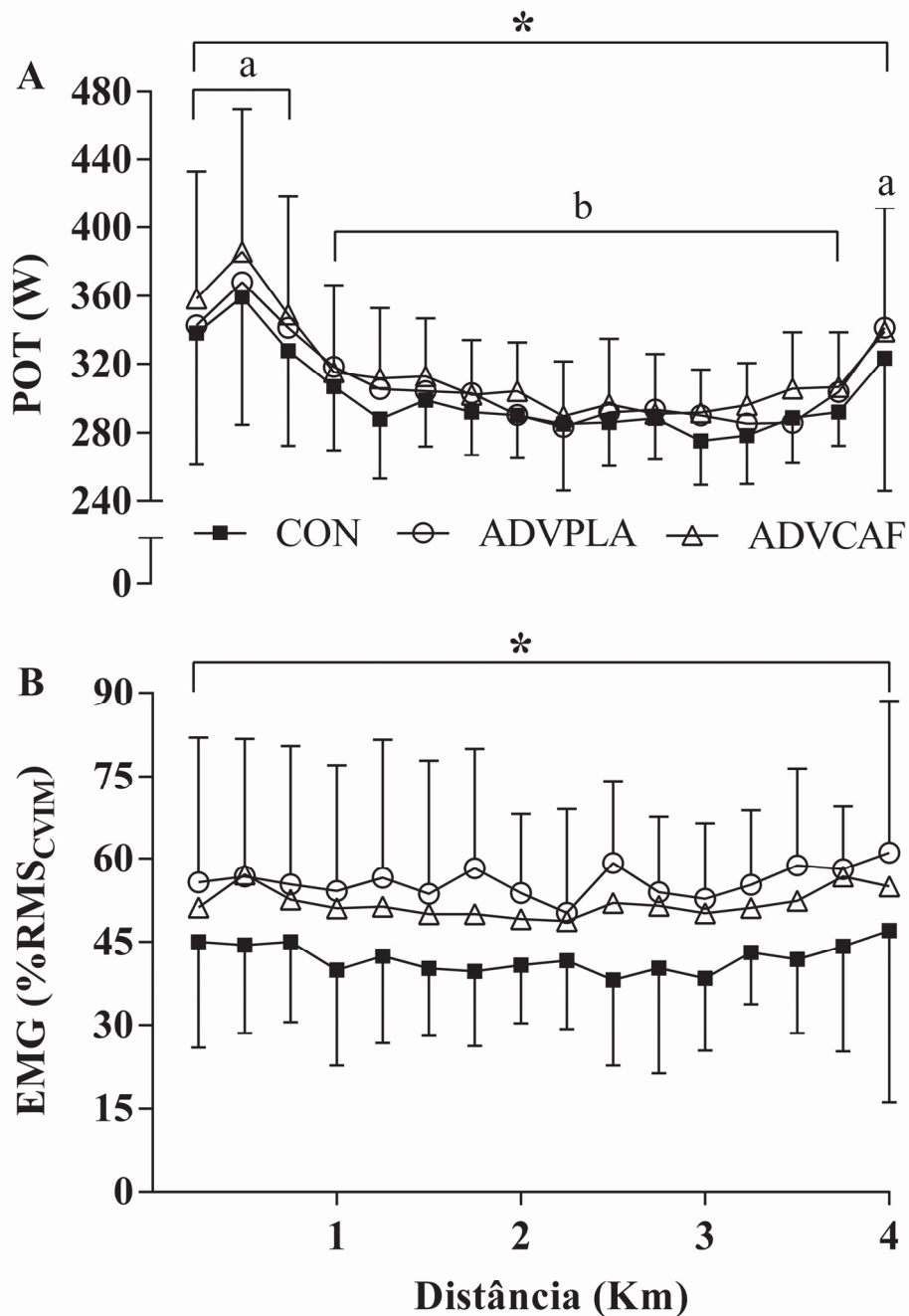
LEGENDA: Dados são apresentados em média $\pm$ DP. #Significativamente menor em ADVPLA do que CON ($P \leq 0,05$). *Significativamente menor em ADVCAF do que em CON e ADVPLA ($P \leq 0,05$).

5.2. POTÊNCIA E RECRUTAMENTO NEUROMUSCULAR

Houve um efeito principal de condição ($F_{(2,20)} = 8,646$, $P = 0,002$) e de distância ($F_{(15,150)} = 6,959$, $P = 0,001$), sem efeito de interação condição vs. distância ($F_{(30,300)} = 0,776$, $P = 0,796$) para POT (GRÁFICO 2A). A estratégia de prova demonstrada apresentou um clássico perfil em formato de “U” para as três condições experimentais, com maior POT no início e no final dos testes, quando comparado a parte intermediária ($P < 0,05$). A média de POT foi maior ao longo do teste na condição ADVPLA ($309,3 \pm 25,7$ W), quando comparado a condição CON ($301,1 \pm 23,7$ W, diferença média = $8,1$ W, IC 95% = $0,7$ a $15,6$ W, $P = 0,034$). A ingestão de CAF tendeu a aumentar a POT ($316,0 \pm 27,7$ W), quando comparado a condição ADVPLA ($309,3 \pm 30,6$ W, diferença média = $6,7$ W, IC 95% = $-0,7$ a $14,2$ W, $P = 0,074$), mas foi significativamente maior apenas em comparação a condição CON (diferença média = $14,9$ W, IC 95% = $7,4$ a $22,3$ W, $P = 0,001$).

Houve efeito principal de condição ($F_{(2,16)} = 6,499$, $P = 0,009$), mas sem efeito de tempo ($F_{(15,120)} = 0,930$, $P = 0,533$) ou interação condição vs. distância ($F_{(30,240)} = 0,508$, $P = 0,985$) para EMG (%RMS_{CVIM}) (GRÁFICO 2 B). A média de EMG (%RMS_{CVIM}) foi maior em PLA ($55,9 \pm 2,8\%$), quando comparado a condição CON ($42,0 \pm 2,6\%$, diferença média = $13,8\%$, IC 95% = $5,5$ a $22,2\%$, $P = 0,003$), e maior na condição ADVCAF ($51,9 \pm 2,5\%$), quando comparado a condição CON (diferença média = $9,9\%$, IC 95% = $1,5$ a $18,2\%$, $P = 0,023$). Porém, não houve, diferença entre as condições ADVPLA e ADVCAF (diferença média = $4,0\%$, IC 95% = $-4,4$ a $12,3\%$, $P = 0,330$).

GRÁFICO 2 - PARÂMETROS DE POTÊNCIA (PAINEL A) E RECRUTAMENTO NEUROMUSCULAR (PAINEL B) DURANTE O TCR DE 4 KM DE CICLISMO DURANTE A CONDIÇÃO CONTROLE (CON) SEM ADVERSÁRIO VIRTUAL, ADVERSÁRIO VIRTUAL COMBINADO COM INGESTÃO DE PLACEBO (ADVPLA) E/OU ADVERSÁRIO VIRTUAL COMBINADO COM INGESTÃO DE CAFEÍNA (ADVCAF).



FONTE: O autor (2022).

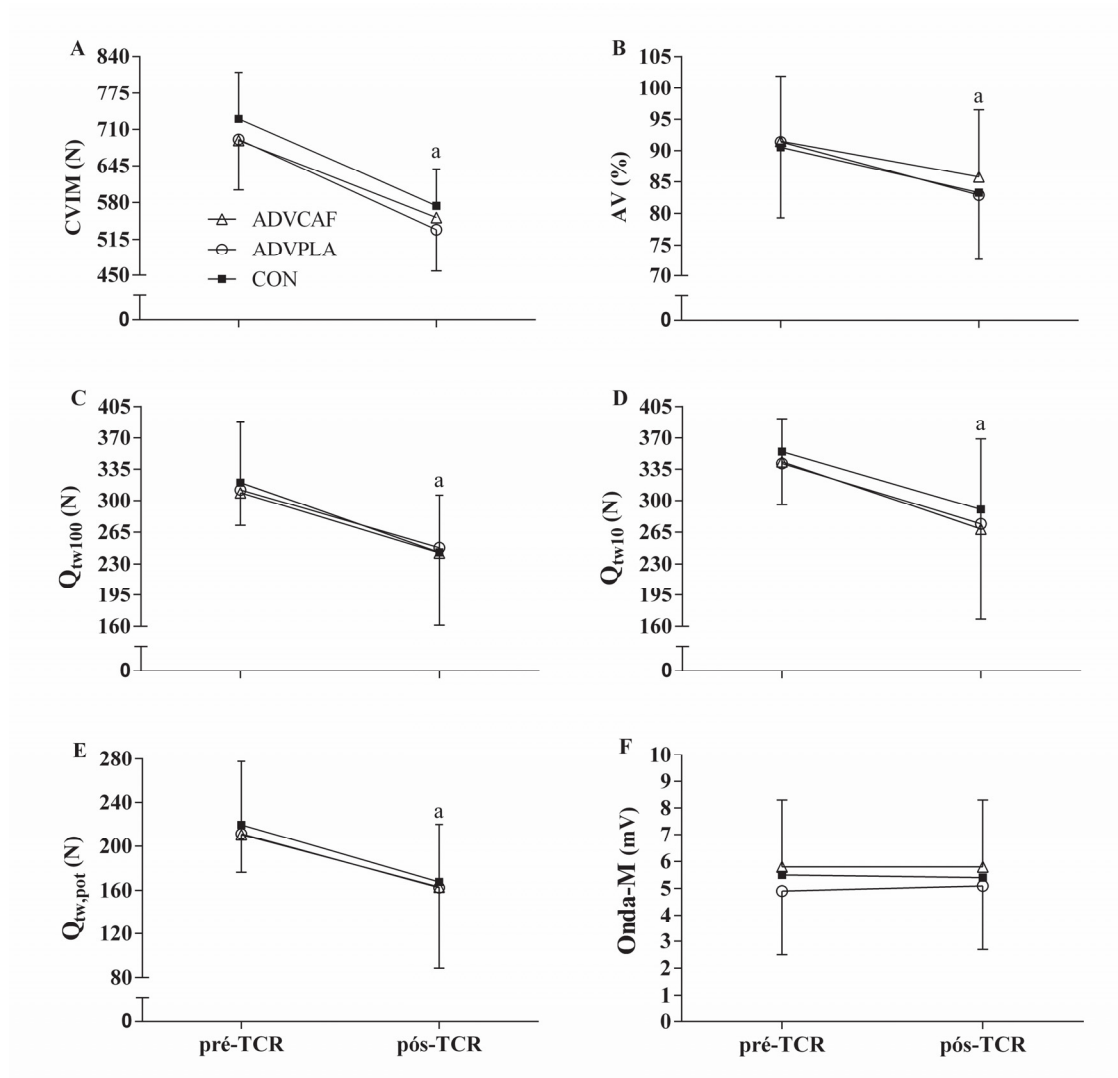
LEGENDA: Dados são apresentados como média $\pm$ DP. *Efeito principal de condição, com maiores valores em ADVPLA e ADVCAF quando comparado com a condição CON ($P \leq 0,05$). A média de potência também houve tendência de ser maior em ADVCAF quando comparado com a condição

ADVPLA ($P = 0,074$). Houve efeito principal de distância, com letras diferentes (a e b) representando as diferenças significativas.

5.3. FADIGA CENTRAL E PERIFÉRICA

Houve efeito principal de tempo ($F_{(1,7)} = 11,409$ a $40,293$, $P = 0,001$ a $0,012$) para CVIM, AV, Q_{tw100} , Q_{tw10} e $Q_{tw,pot}$, com todos esses parâmetros reduzindo de pré-TCR para pós-TCR em todas as condições (GRÁFICO 3 A-E). Porém, não houve efeito principal de condição ($F_{(2,14)} = 0,109$ a $1,821$, $P = 0,198$ a $0,897$), ou interação condição vs. distância para todas essas variáveis ($F_{(2,14)} = 0,041$ a $1,573$, $P = 0,242$ a $0,960$). Além disso, não houve efeito principal de condição ($F_{(2,14)} = 2,595$, $P = 0,109$), tempo ($F_{(1,7)} = 0,162$, $P = 0,699$) ou interação condição vs. distância ($F_{(2,14)} = 0,472$, $P = 0,633$) para Onda-M ($P > 0,05$, GRÁFICO 3 F).

GRÁFICO 3 - PARÂMETROS DE RESPOSTAS DE FADIGA EM PRÉ-TCR E PÓS-TCR DE 4 KM DURANTE O CONTROLE (CON), ADVERSÁRIO COMBINADO COM PLACEBO (ADVPLA) E ADVERSÁRIO COMBINADO COM CAFEÍNA (ADVCAF).



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: (A) CVIM, Contração voluntária isométrica máxima; (B) AV, Ativação voluntária; (C) Q_{tw100} , *Quadriceps twitch-force* 100 Hz; (D) Q_{tw10} , *Quadriceps twitch-force* 10 Hz; (E) $Q_{tw,pot}$, *Quadriceps potentiated twitch-force*; (F) Onda-M. Dados são apresentados em média ± DP. ^aSignificantivamente menor do que pré-TCR para todas as condições ($P \leq 0,05$).

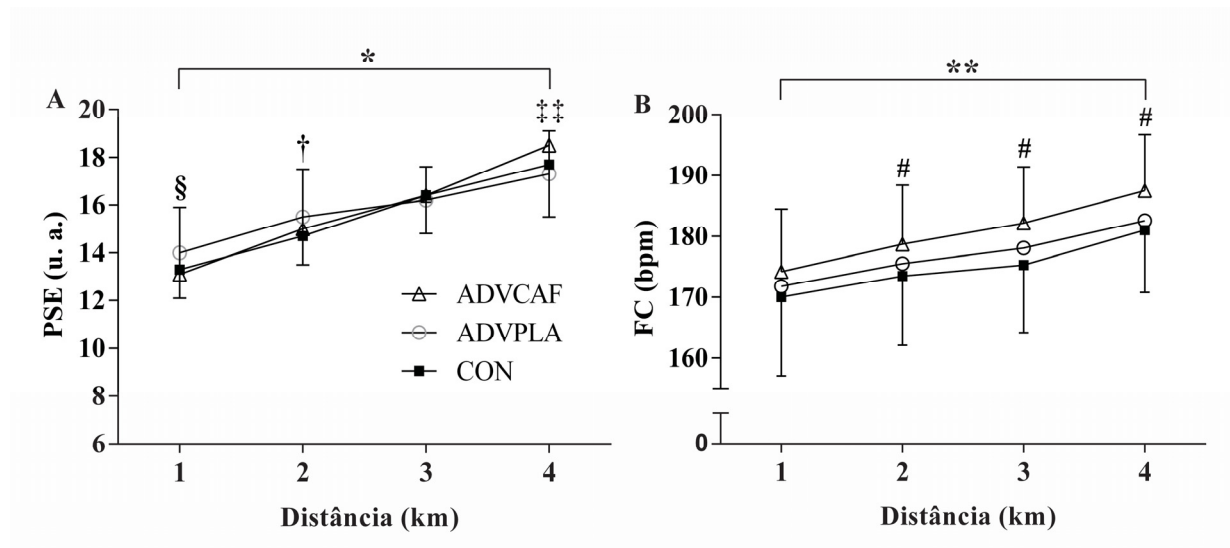
5.4. PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO E FREQUÊNCIA CARDÍACA

Sobre a PSE, houve efeito de interação condição vs. distância ($F_{(6,60)} = 4,007$, $P = 0,002$, GRÁFICO 4 A). A PSE no 1º km foi maior em ADVPLA ($14,0 \pm 1,9$ u. a.) do

que nas condições CON ($13,3 \pm 1,7$ u. a., média de diferença = $0,7$ u. a., IC 95% = $0,1$ a $1,4$ u. a., $P = 0,034$) e em ADVCAF ($13,1 \pm 2,5$ u. a., diferença média = $0,9$ u. a., IC 95% = $0,2$ a $1,6$ u. a., $P = 0,009$), sem diferença entre as condições CON e ADVCAF (diferença média = $0,2$ u. a., IC 95% = $0,5$ a $5,9$ u. a., $P = 0,590$). A PSE no 2° km foi maior em ADVPLA ($15,4 \pm 2,0$ u. a.) do que na condição CON ($14,7 \pm 2,0$ u. a., diferença média = $0,7$ u. a., IC 95% = $0,1$ to $1,4$ u. a., $P = 0,034$), mas sem diferença da condição ADVCAF ($15,0 \pm 2,7$ u. a., diferença média = $0,4$ u. a., IC 95% = $-0,9$ a $0,4$ u. a., $P = 0,420$), e nem diferenças entre CON e ADVCAF (diferença média = $0,3$ u. a., IC 95% = $0,5$ a $5,9$ u. a., $P = 0,590$). Não houve diferença na PSE entre as condições no 3° km ($P = 0,420$). A PSE no 4° km tornou-se maior na condição ADVCAF ($18,4 \pm 1,9$ u. a.), quando comparado as condições ADVPLA ($17,3 \pm 1,8$ u. a., diferença média = $1,2$, IC 95% = $0,5$ a $1,8$ u. a., $P = 0,001$) e CON ($17,7 \pm 1,9$ u. a., diferença média = $0,7$ u. a., IC 95% = $0,1$ a $1,4$ u. a., $P = 0,034$), sem diferença entre as condições ADVPLA e CON (diferença média = $0,4$ u. a., IC 95% = $0,0$ a $5,1$ u. a., $P = 0,181$).

Houve efeito principal de condição ($F_{(2,20)} = 7,947$; $P = 0,003$) e distância ($F_{(3,30)} = 32,852$, $P = 0,001$), mas sem efeito de interação condição vs. distância ($F_{(6,60)} = 1,325$, $P = 0,260$) para FC (GRÁFICO 4 B). A FC aumentou progressivamente ao longo do teste em todas as condições (todos, $P < 0,04$), mas foi maior na condição ADVCAF (181 ± 10 bpm) do que na condição ADVPLA (177 ± 13 bpm, diferença média = 4 bpm (IC 95% = 1 a 7 bpm), $P = 0,024$) e CON (175 ± 11 bpm, diferença média = 6 bpm (IC 95% = 3 a 9 bpm), $P = 0,001$).

GRÁFICO 4 - PARÂMETROS DE RESPOSTA PERCEPTUAL E FISIOLÓGICA DURANTE O TCR DE 4 KM. PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PAINEL A) E FREQUÊNCIA CARDÍACA (PAINEL B), DURANTE A CONDIÇÃO CONTROLE (CON) SEM ADVERSÁRIO VIRTUAL, ADVERSÁRIO VIRTUAL COMBINADO COM PLACEBO (ADVPLA) E ADVERSÁRIO VIRTUAL COMBINADO COM CAFEÍNA (ADVCAF).



FONTE: O autor (2022).

LEGENDA: Dados são apresentados em média $\pm$ DP. (A) *Efeito principal de condição e distância, com valores aumentando progressivamente ao longo dos de todos os TCRs ao de todas as condições, com valores maiores para ADVCAF do que para as condições ADVPLA e CON ($P < 0,05$). §Significativamente maior na condição ADVPLA do que nas condições ADVCAF e CON ($P < 0,05$). †Significativamente maior na condição ADVPLA do que na condição CON ($P < 0,05$). ‡Significativamente maior na condição ADVCAF do que nas condições CON e ADVPLA ($P < 0,05$). (B) **Condição vs. distância interação ($P < 0,05$). #Significativamente maior do que o anterior.

5.5. EFEITO DE ORDEM

Não houve efeito de ordem nos testes experimentais (teste 1: $371,0 \pm 16,0$, teste 2: $373,0 \pm 14,8$, e teste 3: $369,1 \pm 1,0$ s, $F_{(2,20)} = 1,482$, $P = 0,251$).

5.6. A BLINDAGEM

A porcentagem de identificações corretas e incorretas do suplemento ofertado pré-TCR não foi diferente daquela esperada ao acaso (63,6% vs. 36,4% $\chi^2 = 0,818$, $P = 0,366$).

6. DISCUSSÃO

O efeito ergogênico da cafeína no desempenho em TCR de ciclismo é amplamente reconhecido (SOUTHWARD; RUTHERFURD-MARKWICK; ALI, 2018); entretanto, se a cafeína seria capaz de aumentar o desempenho em TCR de ciclismo quando o desempenho já é aumentado pela competição com um adversário virtual ainda não é conhecido. Os achados da presente tese indicam que a presença do adversário virtual *per se* melhora o desempenho de resistência, e que a ingestão de cafeína promove um discreto (porém significativo) aumento nesse desempenho. No entanto, este ganho adicional no desempenho com a ingestão de cafeína não foi causado por um aumento adicional na ativação muscular ou às custas de uma maior fadiga central e/ou periférica ao final do exercício.

A presença de um adversário virtual combinado com a ingestão de placebo (ADVPLA) melhorou o desempenho em ~1,2% quando comparado com o controle. Essa magnitude de melhora no desempenho é semelhante a encontrada por outros estudos que investigaram o efeito de um adversário virtual ou paradigma “*deception*” no desempenho em TCRs de ciclismo de 4 e 5 km (BATH *et al.*, 2012; STONE *et al.*, 2012; SHEI *et al.*, 2016; KONINGS *et al.*, 2016; STONE *et al.*, 2017; DUCROQ *et al.*, 2017; ANSDELL *et al.*, 2017; KONINGS *et al.*, 2018; HIBBERT *et al.*, 2018; KONINGS; HETTINGA, 2018; KONINGS *et al.*, 2020).

A ativação muscular (indicada pela amplitude da EMG) também foi maior na condição ADVPLA, do que na CON, o que está de acordo com o único estudo que investigou a ativação muscular com a presença de um adversário virtual e relatou maior ativação do músculo quadríceps com o adversário virtual (DUCROQ *et al.*, 2017). O aumento da ativação muscular pode refletir o recrutamento adicional de unidades motoras e/ou a frequência de disparos (MORITANI; MURO; NAGATA, 1986; DUCROQ *et al.*, 2017). O aumento da ativação muscular durante o TCR com o competidor virtual sugere que, em TCR realizado sem adversário virtual, pelo menos em condições controladas em laboratório, os atletas não utilizam toda a sua capacidade fisiológica, provavelmente por restringir a ativação muscular.

Uma consequência esperada do aumento da ativação muscular durante o TCR na condição ADVPLA seria maior fadiga central e/ou periférica ao final do exercício. A redução induzida pelo exercício nos marcadores de fadiga central (AV) e periférica (Q_{tw100} , Q_{tw10} e $Q_{tw,pot}$) foram, no entanto, semelhantes entre as condições ADVPLA e CON. A influência de um adversário virtual sobre a fadiga pós-exercício pode ser dependente do nível de desempenho dos ciclistas (ANSDELL *et al.*, 2017). O nível de desempenho de nossos atletas (~375 s para completar o TCR de 4 km na condição CON, com uma potência média de 301 W) é próximo ao estudo anterior (~365 s com uma POT média de 325 W) que mostrou melhora no desempenho do TCR de 4 km de ciclismo com adversário virtual sem aumento da fadiga central e periférica ao final do exercício (ANSDELL *et al.* 2017). Um estudo recrutando ciclistas menos treinados (~393 s para completar um TCR de 4 km de ciclismo, com uma POT média de 272 W) mostrou melhora no desempenho de TCR com adversário virtual, mas essa melhora foi às custas de maior fadiga periférica (KONINGS *et al.*, 2018). Assim, os achados da presente tese reforçam a suposição de que atletas bem treinados podem tolerar níveis aumentados de ativação muscular ao competirem contra um adversário virtual, sem resultar em aumento significativo de fadiga central e fadiga periférica ao final do exercício.

Um achado inédito do presente estudo foi a que a presença de um adversário virtual associado a ingestão de cafeína na (ADVCAF) resultou em ganhos adicionais (0,9%) no desempenho, quando comparado ao desempenho já melhorado na condição ADVPLA. Este maior desempenho de resistência na condição ADVCAF não foi, no entanto, acompanhado por um aumento da amplitude da EMG em relação ADVPLA. A magnitude de melhora do desempenho com a ingestão de cafeína foi menor do que o relatado anteriormente (1,9%) durante um TCR de 4 km de ciclismo realizado sem adversário virtual (SANTOS *et al.*, 2013; SOUZA-SANTOS *et al.*, 2020; VIANA *et al.*, 2020). No entanto, este resultado está de acordo com os outros estudos que sugerem que a cafeína permanece ergogênica em ambientes competitivos como simulados de futebol e *rugby* (DEL COSO *et al.*, 2013; LARA *et al.*, 2014) e competições de salto em altura (SANTOS-MARIANO *et al.*, 2021).

A ausência de aumento da amplitude na EMG em ADVCAF em relação à condição ADVPLA sugere que os ganhos no desempenho geral com a ingestão de CAF não foram causados por um aumento na ativação muscular. Descobertas

anteriores sugerem que a ingestão de cafeína aumentou a amplitude da EMG em ~17% durante um TCR de 4 km de ciclismo realizado sem adversário, em comparação com a ingestão de placebo (FELLIPE *et al.*, 2018), enquanto, com um adversário virtual aumentou a amplitude da EMG em ~12% durante os 5 km de TCR de ciclismo (DUCROQ *et al.*, 2017). No presente estudo, quando comparado com a condição CON, ADVPLA aumentou a amplitude da EMG ~13,8% e ADVCAF ~9,9%. Esses achados sugerem que qualquer efeito potencial da cafeína na ativação muscular pode ter sido superado pela influência do adversário virtual. Assim, parte dos ganhos no desempenho proporcionado pela ingestão de cafeína com a presença de adversário virtual pode ter resultado da contribuição de outros fatores que não o aumento da ativação muscular.

Apesar de uma maior produção de potência mecânica e estresse cardiovascular (ou seja, maior frequência cardíaca), a PSE não foi diferente entre as condições ADVCAF e CON. Ao contrário, ADVPLA levou a aumentos tanto da potência quanto da PSE durante os dois primeiros quilômetros em relação à condição CON. Estudos anteriores indicam que um adversário virtual fixado em 100% do melhor desempenho reduz (DUCROQ *et al.*, 2017) ou não altera (KONINGS *et al.*, 2018) a PSE. A razão pela qual esses resultados são discrepantes não é clara, mas as instruções fornecidas na implementação da escala de PSE podem mudar sua interpretação psicofísica (ABBISS *et al.*, 2015). Nesse sentido foi proposto que o “exercício” está associado ao estresse físico e fisiológico induzido pelo exercício, enquanto o “esforço” pode representar a quantidade de energia mental ou física em uma tarefa (ABBISS *et al.*, 2015). Assim, no presente estudo, os ciclistas perceberam a demanda física e fisiológica mais extenuante que estavam experimentando durante os dois primeiros quilômetros ao perseguir o adversário virtual com a ingestão de placebo. Curiosamente, a ingestão de cafeína “anulou” este aumento na percepção de esforço durante os dois primeiros quilômetros ao perseguir o adversário virtual, sugerindo que a cafeína pode alterar alguns fatores que influenciam na “construção” da PSE. A literatura científica afirma que a cafeína tem efeitos centrais que podem contribuir para a redução da PSE para uma determinada potência (DAVIS *et al.*, 2003; DOHERTY *et al.*, 2005). A cafeína tem uma capacidade de exercer uma ação inibitória sobre os receptores de adenosina A₁ e A_{2a} no cérebro, o que pode reduzir a sensação de cansaço e fadiga (MAGKOS; KAVOURAS, 2005). A cafeína também é capaz de

reduzir a dor muscular (O'CONNOR *et al.*, 2004; MOTL *et al.*, 2006), sendo que a dor pode influenciar a PSE durante um TCR (ABBISS *et al.*, 2015). Curiosamente a PSE foi maior ao final do teste na condição ADVCAF do que nas condições ADVPLA e CON, sugerindo que os atletas perceberam um maior esforço empregado ao longo do teste nesta condição. No entanto a PSE no terceiro quilômetro não foi diferente entre as três condições e os atletas realizaram um *sprint* final na condição ADVCAF, sugerindo que regularam seu ritmo para atingir os valores máximos de PSE apenas a poucos metros da linha de chegada. Isso está de acordo com a suposição que a PSE é parte de um programa motor regulatório que integra vários parâmetros psicofisiológicos e sinais externos para evitar a fadiga prematura e garantir que a PSE máxima não seja atingida antes do final do exercício (ABBISS *et al.*, 2015; AZEVEDO *et al.*, 2021).

Mesmo com o aumento geral do desempenho, a fadiga central e periférica ao final do exercício (ou seja, redução de pré- para pós- TCR em AV, Q_{tw100} , Q_{tw10} e $Q_{tw,pot}$) foram semelhantes entre as condições. Achados anteriores sugerem o aumento no desempenho de resistência após a ingestão de cafeína (FELIPPE *et al.*, 2018) ou a competir com um adversário virtual (DUCROQ *et al.*, 2017; KONINGS *et al.*, 2018) ocorre às custas de maior fadiga central e periférica ao final do exercício. No entanto, estudos que recrutaram ciclistas bem treinados sugerem que não há influência da cafeína (SOUZA-SANTOS *et al.*, 2020) ou de competir virtual (ANSDELL *et al.*, 2018) na fadiga central ou periférica pós-TCR. Como mencionado anteriormente, a existência de maior fadiga central e/ou periférica ao final do exercício após a cafeína ou um adversário virtual parece ser dependente do nível de desempenho dos atletas, com ciclistas bem treinados tolerando maior demanda de tarefas sem comprometer sua capacidade voluntária de força (ANSDELL *et al.*, 2018; SOUZA-SANTOS *et al.*, 2020). Assim, considerando o nível de desempenho dos nossos participantes, é plausível uma melhora no desempenho geral sem aumento da fadiga central e periférica ao final do exercício. Portanto, nossos achados sugerem que: 1) o desempenho de resistência de ciclistas bem treinados é melhorado ao competir com um adversário virtual; 2) ganhos adicionais podem ser obtidos pela ingestão de cafeína; 3) o desempenho de resistência aprimorado em ADVPLA e ADVCAF não ocorre às custas do aumento da fadiga central e periférica ao final do exercício.

6.1. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Embora os achados aqui apresentados forneçam informações importantes sobre o uso de cafeína em ambiente competitivo, o presente estudo apresenta algumas limitações, como:

Primeiro, o ganho no desempenho no exercício ao comparar as condições ADCAF e ADVPLA está no limite da detecção. Mesmo que o cálculo prévio do tamanho da amostra tenha sido realizado e mais participantes tenham sido recrutados do que o mínimo necessário, uma possível influência de um tamanho amostral pequeno não pode ser totalmente desconsiderada. No entanto, nove dos onze participantes melhoraram o desempenho com ADVCAF em relação a ADVPLA e o ganho médio no desempenho foi acima da diferença média entre os testes de familiarização e CON, sugerindo um verdadeiro efeito da cafeína no desempenho. A ausência de um efeito de ordem também suporta um efeito significativo mais provável para a cafeína no desempenho.

Segundo, o pequeno tamanho da amostra também pode ter influenciado a capacidade de detectar alterações pré- e pós-teste na fadiga neuromuscular. No entanto, a diferença na redução da AV, Q_{tw100} , Q_{tw10} e $Q_{tw,pot}$ entre CON, ADVPLA e ADVCAF foi ~2%, o que parece não refletir uma mudança significativa e que permaneceria indetectável mesmo aumentando o tamanho da amostra.

Terceiro, um atraso natural para medir a função neuromuscular pós-teste, também pode promover alguma recuperação da fadiga central e periférica (FROYD *et al.*, 2013). No entanto, o tempo de transição foi mantido constante entre os testes (um minuto), sugerindo que qualquer subestimação da fadiga central e periférica foi semelhante entre as condições.

Quarto, a inclusão de testes experimentais com a ingestão de cafeína e placebo sem adversário virtual e com adversário virtual sem ingestão de placebo e cafeína poderia ter proporcionado uma compreensão mais ampla da influência da combinação de cafeína e adversário virtual no desempenho de resistência. No entanto, os efeitos da cafeína isolada (SOUTHWARD; RUTHERFURD-MARKWICK; ALI, 2018; SHEN *et al.*, 2019) e de adversário virtual isolado (BATH *et al.*, 2012; STONE *et al.*, 2012; SHEI *et al.*, 2016; KONINGS *et al.*, 2016; STONE *et al.*, 2017; DUCROQ *et al.*, 2017;

ANSDELL *et al.*, 2017; KONINGS *et al.*, 2018; HIBBERT *et al.*, 2018; KONINGS; HETTINGA, 2018; KONINGS *et al.*, 2020) sobre o desempenho de resistência são bem descritos. Assim, foi focado nos efeitos da combinação, o qual sugerem que a cafeína permanece ergogênica mesmo com a presença de um adversário virtual.

Finalmente, um processo de blindagem em estudos que investigam a influência da ingestão de substâncias no desempenho do exercício é um desafio; portanto o efeito de acreditar ter ingerido a cafeína e/ou a identificação correta de qual suplemento está sendo oferecido/ingerido pode *per se* influenciar o desempenho no exercício (SAUNDERS *et al.*, 2017; PIRES *et al.*, 2018; HURST *et al.*, 2020). A condição CON foi realizada sem nenhuma ingestão de cápsula; assim, parte das diferenças entre CON e ADVPLA pode ter ocorrido devido à expectativa da ingestão de uma substância ergogênica. No entanto, a magnitude (~1,2%) dos ganhos de desempenho do exercício ao comparar CON e ADVPLA foi semelhante aos valores relatados em vários outros estudos utilizando adversário virtual (BATH *et al.*, 2012; STONE *et al.*, 2012; SHEI *et al.*, 2016; KONINGS *et al.*, 2016; STONE *et al.*, 2017; DUCROQ *et al.*, 2017; ANSDELL *et al.*, 2017; KONINGS *et al.*, 2018; HIBBERT *et al.*, 2018; KONINGS; HETTINGA, 2018; KONINGS *et al.*, 2020). Além disso, as taxas de identificação correta e incorreta de qual suplemento foi ingerido não foram diferentes das esperadas ao acaso. Assim, é possível supor que o processo de blindagem teve mínima influência nos principais resultados da presente tese.

6.2. APLICAÇÕES PRÁTICAS

Este estudo traz avanços para área de Educação Física e Esportes, por conta de sua aplicação prática, já que os testes, técnicas e condições foram testadas em condições simuladas de prova, ganhando em validade ecológica. O fato da ingestão aguda de cafeína anidra ($5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 60 minutos antes do exercício combinado ao adversário virtual ser capaz de aumentar o desempenho em 0,9% pode indicar a diferença entre o atleta se classificar ou não para uma final, ou entre a vitória ou estar fora do pódio de uma competição.

Portanto, este estudo traz avanços consideráveis na compreensão dos efeitos combinados de adversário virtual e cafeína, tanto cientificamente, como na realidade do dia a dia de atletas e treinadores que trabalham com ciclismo. Assim, recomenda-

se o uso de $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ cafeína anidra 60 minutos antes da prova neste cenário competitivo que os atletas estão inseridos, e alguns treinos que se fizerem necessários.

7. CONCLUSÕES

Os achados da presente tese indicam que a presença do adversário virtual *per se* melhora o desempenho em 4-km de ciclismo, e que a ingestão de cafeína promove um discreto (porém significativo) aumento nesse desempenho. No entanto, este ganho adicional no desempenho com a ingestão de cafeína não foi causado por um aumento adicional na ativação muscular ou às custas de uma maior fadiga central e/ou periférica. Portanto, os resultados da presente tese sugerem que: 1) o desempenho de ciclistas treinados é melhorado ao competir com um adversário virtual, 2) ganhos adicionais podem ser obtidos pela ingestão aguda de cafeína, e 3) a melhora do desempenho nas condições ADVPLA e ADVCAF não ocasiona fadiga neuromuscular adicional aos atletas ao final da prova.

REFERÊNCIAS

ABBISS, C. R.; LAURSEN, P. B. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. **Sports Medicine**. v. 38, n. 3, p. 239-252, 2008. Disponível em: <https://10.2165/00007256-200838030-00004>. Acesso em: 15 de abr. de 2016.

ABBISS, C. R.; PEIFFER, J. J.; MEEUSEN, R.; SKORSKI, S. Role of ratings of perceived exertion during self-paced exertion: What are we actually measuring? **Sports Medicine**. v. 45, n. 9, p. 1239-1245, 2015. Disponível em: <https://10.1007/s40279-015-0344-5>. Acesso em: 20 de ago. de 2017.

ALBERTUS-KAJEE, Y; TUCKER, R; DERMAN, W; LAMBERTS, R. P; LAMBERT, M. I. Alternative methods of normalising EMG during running. **Journal Electromyographic Kinesiology**. v. 21, p. 579–586, 2011. Disponível em: <https://10.1016/j.jelekin.2011.03.009>. Acesso em: 08 de mai. de 2012.

ALI, A.; O'DONNELL, J.; VON HURST, P.; FOSKETT, A.; HOLLAND, S.; STARCK, C.; RUTHERFURD-MARWICK, K. Caffeine ingestion enhances perceptual responses during intermittent exercise in female team-game players. **Journal of Sports Sciences**. v. 34, n. 4, p. 330-341, 2015. Disponível em: <https://10.1080/02640414.2015.1052746>. Acesso em: 03 de set. de 2020.

ALLEN, G. M.; GANDEVIA, S. C.; MACKENZIE, D. K. Reliability of measurements of muscle strength and voluntary activation using twitch interpolation. **Muscle & Nerve**. v. 18, n. 6, p. 593-600, 1995. Disponível em: <https://10.1002/mus.880180605>. Acesso em: 10 de set. de 2020.

ALLEN, D. G.; LAMB, G. D.; WESTERBLAD, H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. **Physiological Reviews**. v. 88, n. 1, p. 287-332, 2008. Acesso em: <https://doi.org/10.1152/physrev.00015.2007>. Acesso em: 04 de mar. de 2016.

AMANN, M. Central and Peripheral Fatigue: Interaction during Cycling Exercise in Humans. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 43, n. 11, p. 2039-2045,

2011a. Disponível em: <https://10.1249/MSS.0b013e31821f59ab>. Acesso em: 04 de mar. de 2016.

AMANN, M.; BLAIN, G. M.; PROCTOR, L. T.; SEBRANEK, J. J.; PEGELOW, D. F.; DEMPSEY, J. A. Implications of group III and IV muscle afferents for high-intensity endurance exercise performance in humans. **The Journal of Physiology**. v. 589, n. 21, p. 5299-5309, 2011b. Disponível em: <https://10.1113/jphysiol.2011.213769>. Acesso em: 05 de fev. de 2016.

AMANN, M.; SECHER, N. H. Point:Counterpoint: Afferent feedback from fatigued locomotor muscles is/is not an important determinant of endurance exercise performance. **Journal of Applied Physiology**. v. 108, p. 452-457, 2010. Disponível em: <https://10.1152/japplphysiol.00976.2009a>. Acesso em: 07 de dez. de 2011.

AMANN, M. SIDHU, S. K.; WEAVIL, J. C.; MANGUM, T. S.; VENTURELLI, M. Autonomic responses to exercise: Group III/IV muscle afferents and fatigue. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**. v. 188, p. 19-23, 2015. Disponível em: <https://10.1016/j.autneu.2014.10.018>. Acesso em: 03 de mar. de 2016.

ANSDELL, P.; THOMAS, K.; HOWATSON, G.; AMANN, M.; GOODALL, S. Deception Improves TT Performance in Well-trained Cyclists without Augmented Fatigue. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 2017. Disponível em: <https://10.1249/MSS.0000000000001483>. Acesso em: 06 de fev. de 2018.

ASMUSSEN, E.; MAZIN, B. A. central nervous component in local muscular fatigue. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. v. 38, n. 1, p. 9-15, 1978.

ASTORINO, T. A.; COTTRELL, T.; LOZANO, A. T.; ABURTO-PRATT, K.; DUHON, J. Ergogenic Effects of Caffeine on Simulated Time-Trial Performance Are Independent of Fitness Level. **Journal of Caffeine Research**. v. 1, n. 3, p.179-185, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1089/jcr.2011.0022>. Acesso em: 16 de jun. de 2014.

.Increase
s in cycling performance in response to caffeine ingestion are repeatable. **Nutrition Research**. v. 32, p. 78-84, 2012a. Disponível em: <https://10.1016/j.nutres.2011.12.001>. Acesso em: 16 de jun. de 2014.

. Effect
of caffeine on RPE and perceptions of pain, arousal, and pleasure/displeasure during a cycling time trial in endurance trained and active men. **Physiology and Behavior**. v. 106, p. 211–217, 2012b. Disponível em: <https://10.1016/j.physbeh.2012.02.006>. Acesso em: 16 de jun. de 2014.

ASTORINO, T. A.; ROBERSON, D. W. Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: a systematic review. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 24, n. 1, p. 257-265, 2010. Disponível em: <https://10.1519/JSC.0b013e3181c1f88a>. Acesso em: 15 de out. de 2019.

AZEVEDO, R. de A.; SILVA-CAVALCANTE, M. D.; LIMA-SILVA, A. E. BERTUZZI, R. Fatigue development and perceived response during self-paced endurance exercise: state-of-the-art review. **European Journal of Applied Physiology**. v. 121, p. 687-696, 2021. Disponível em: <http://10.1007/s00421-020-04549-5>. Acesso em: 21 de jan. de 2022.

BARON, B.; MOULLAN, F.; DEURELLE, F.; NOAKES, T. D. The role of emotions on pacing strategies and performance in middle and long duration sport events. **British Journal of Sports Medicine**. v. 45, p. 511-517, 2011. Disponível em: <http://10.1136/bjsm.2009.059964>. Acesso em: 18 de ago. de 2013.

BELL, D. G.; JACOBS, I. R. A.; ELLERINGTON, K. Effect of caffeine and ephedrine ingestion on anaerobic exercise performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 33, p. 1399– 1403, 2001. Disponível em: <https://10.1097/00005768-200108000-00024>. Acesso em: 22 de abr. de 2014.

BERGH, U.; B. EKBLÖM, B.; ÅSTRAND, P. O. Maximal oxygen uptake “classical” versus “contemporary” viewpoints. **Medicine and Science in Sports and Exercise**.

v. 32, n. 1, p. 85–88, 2000. Disponível em: <https://10.1097/00005768-200001000-00013>. Acesso em: 14 de mar. de 2012.

BIGLAND-RITCHIE, B.; JONES D. A.; HOSKING G. P.; EDWARDS, R. H. Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscle. **Clinical Science and Molecular Medicine**. v. 54, p. 609-614, 1978.

BLACK, C. D.; WADDELL, D. E.; GONGLACH, A. R. Caffeine's Ergogenic Effects on Cycling: Neuromuscular and Perceptual Factors. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 47, n. 6, p. 1145–1158, 2015. Disponível em: <https://10.1249/MSS.0000000000000513>. Acesso em: 20 de jan de 2014.

BLACK, M. I.; JONES, A. M.; BLACKWELL, J. R.; BAILEY, S. J.; WYLIE, L. J.; MCDONAGH, S. T.; THOMPSON, C.; KELLY, J.; SUMNERS, P.; MILEVA, K. N. Muscle metabolic and neuromuscular determinants of fatigue during cycling in different exercise intensity domains. **Journal of Applied Physiology**. v. 122, n. 3, p. 446-459, 2017. Disponível em: <https://10.1152/jappphysiol.00942.2016>. Acesso em: 23 de jan. de 2018.

BLAIN, G. M.; MANGUM, T. S.; SIDHU, S. K.; WEAVIL, J. C.; HUREAU, T. J.; JESSOP, J. E.; BLEDSOE, A. D.; RICHARDSON, R. S.; AMANN, M. Group III/IV muscle afferents limit the intramuscular metabolic perturbation during whole body exercise in humans. **The Journal of Physiology**. v. 594, n. 18, p. 5303-5315, 2016. Disponível em: <https://10.1113/JP272283>. Acesso em: 28 de mar. de 2017.

BOYETT, J. C.; GIERSCHE, G. E. W.; WOMACK, C. J.; SAUNDERS, M. J.; HUGHEY, C. A.; DALEY, H. M.; LUDEN, N. D. Time of Day and Training Status Both Impact the Efficacy of Caffeine for Short Duration Cycling Performance. **Nutrients**. v. 8, n. 639, p. 1-11, 2016. Disponível em: <https://10.3390/nu8100639>. Acesso em: 12 de fev. De 2017.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. Madison, v. 14, p. 377-381, 1982.

BORTOLOTTI, H.; ALTIMARI, L. R.; VITOR-COSTA, M.; CYRINO, E. S. Performance during a 20-km cycling time-trial after caffeine ingestion. **Journal of International Society of Sports Nutrition**. v. 11, n. 45, p. 1-7, 2014. Disponível em: <https://10.1186/s12970-014-0045-8>. Acesso em: 28 de nov. de 2014.

BRINK-ELFEGOUN, T.; KAIJSER, L.; GUSTAFSSON, T.; EKBLOM, B. Maximal oxygen uptake is not limited by a central nervous system governor. **Journal Applied Physiology**. v. 102, n. 2, p. 781-786, 2007. Disponível em: <https://10.1152/jappphysiol.00566.2006>. Acesso em: 21 de mar. de 2012.

BROWN, S. J., JAMES, S., REDDINGTON, M., RICHARDSON, P. J. Both A1 and A2a receptors regulate striatal acetylcholine release. **Journal of Neurochemistry**. v. 55, p. 31-38, 1990.

BRUNETTO, D.; RIBEIRO, J. L.; FAYH, A. P. T. Efeito do consumo agudo de cafeína sobre parâmetros metabólicos e de desempenho em indivíduos do sexo masculino. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v.16, n. 3, p. 171-175, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922010000300003 Acesso em: 25 de mar. de 2014. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922010000300003>.

CARMO, E. C.; RENFREE, A.; VIEIRA, C. Y. I.; FERREIRA, D. S.; TRUFFI, G. A.; BARROSO, R.; Effects of different goal orientations and virtual opponents performance level on pacing strategy and performance in cycling time trials. **European Journal Sports Science**. v. 21, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17461391.2021.1880645>. Acesso em 01 de fev. de 2021.

CHESTER, N.; WOJEK, N. Caffeine consumption amongst British athletes following changes to the 2004 WADA prohibited list. **International Journal of Sports Medicine**. v. 29, n. 6, p. 524-528, 2008. Disponível em: <https://10.1055/s-2007-989231>. Acesso em: 25 de mar. de 2014.

CHIDNOK, W.; FULFORD, J.; BAILEY, S. J.; DIMENNA, F. J.; SKIBA, P. F.; VANHATALO, A.; JONES, A. M. Muscle metabolic determinants of exercise tolerance following exhaustion: relationship to the “critical power”. **Journal of Applied Physiology**. v. 115, n. 2, p. 243-250, 2013. Disponível em: <https://10.1152/jappphysiol.00334.2013>. Acesso em: 05 de mar. de 2017.

CHRISTENSEN, P. M.; SHIRAI, Y.; RITZ, C.; NORBSBORG, N. B. Caffeine and Bicarbonate for Speed. A Meta-Analysis of Legal Supplements Potential for Improving Intense Endurance Exercise Performance. **Frontiers in Physiology**. v. 8, art. 240, p. 1-16, 2017. Disponível em: <https://10.3389/fphys.2017.00240>. Acesso em: 12 de abr. de 2018.

COLLINS, B. W.; PEARCEY, G. E. P.; BUCKLE, N. C. M.; POWER, K. E.; BUTTON, D. C. Neuromuscular fatigue during repeated sprint exercise: underlying physiology and methodological considerations. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**. v. 48, p. 1166-1175, 2018. Disponível em: <https://10.1139/apnm-2018-0080>. Acesso em: 28 de nov. de 2018.

CORBETT, J.; BARWOOD, M. J.; OUZOUNOGLU, A.; THELWELL, R.; DICKS, M. Influence of competition on performance and pacing during cycling exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 44, n. 3, p. 509-15, 2012. Disponível em: <https://10.1249/MSS.0b013e31823378b1>. Acesso em: 16 de abr. de 2015.

CORBETT, J.; WHITE, D. K.; BARWOOD, M. J.; WAGSTAFF, C. R. D.; TIPTON, M. J.; MCMORRIS, T.; COSTELLO, J. T. The Effect of Head-to-Head Competition on Behavioural Thermoregulation, Thermophysiological Strain and Performance During Exercise in the Heat. **Sports Medicine**. v. 48, p. 1269-1279, 2018. Disponível em: <https://10.1007/s40279-017-0816-x>. Acesso em: 19 de out. de 2019.

COSTILL, D. L.; DALSKY, G. P.; FINK, W. J. Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.10, n. 3, p.155–158, 1978.

CURREL, K.; JEUKENDRUP, A. E. Validity, Reliability and Sensitivity of Measures of Sporting Performance. **Sports Medicine**. V.38, n. 4, p. 297-316. 2008. Disponível em: <https://10.2165/00007256-200838040-00003>. Acesso em: 26 de set. de 2014.

DALY, J. W. Mechanism of action of caffeine. In: Garauini, S., editor. Caffeine, Coffee and Health. **Raven Press**. New York: p. 97-150, 1993.

DALY, J. W.; JACOBSON, K. A. Adenosine receptors: Selective agonists and antagonists. In: Pelleg, Belardinelli L., editor. Adenosine and Adenine Nucleotides: **Molecular Biology to Integrative Physiology**. **Kluwer Academic Publishers**; Norwall MA: 1994. in press

DELBEKE, F. T.; DEBECKERE, M. Caffeine: Use and Abuse in Sports. **International Journal of Sports Medicine**. v. 5, n. 4, p. 179-182, 1984.

DEL COSO, J.; MUÑOZ, G.; MUÑOZ-GUERRA, J. Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from the World Anti-Doping Agency list of banned substances. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**. v. 36, p. 555–61, 2011. Disponível em: <https://10.1139/h11-052>. Acesso em: 14 de mai. de 2014.

DEL COSO, J.; RAMÍREZ J. A.; MUÑOZ, G.; PORTILLO, J.; GONZALEZ-MILLÁN, C.; MUÑOZ, V.; BARBERO-ÁLVAREZ, J. C.; MUÑOZ-GUERRA, J. Caffeine-containing energy drink improves physical performance of elite rugby players during a simulated match. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**. v. 38: p. 368–374, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0339>. Acesso em: 11 de abr. de 2019.

DE PAUW, K.; ROELANDS, B.; DE GEUS, B.; MEEUSEN, R. Guidelines to Classify Subject Groups in Sport-Science Research. **International Journal of Sports Physiology and Performance**. v. 8, n. 2, p.111-122, 2013. Disponível em: <https://10.1123/ijsp.8.2.111>. Acesso em: 09 de mar. de 2015.

DESBROW, B.; LEVERITT, M. Awareness and use of caffeine by athletes competing at the 2005 Ironman Triathlon World Championships. **International Journal of Sports**

Nutrition and Exercise Metabolism. v. 16, n. 5, p. 545-558, 2006. Disponível em: <https://10.1123/ijsnem.16.5.545>. Acesso em: 10 de mar. de 2014.

DUCROCQ, G. P.; HUREAU, T. J.; MESTE, O.; BLAIN, G. M. Increased fatigue response to augmented deceptive feedback during cycling time trial. **Medicine and Science in Sports and Exercise.** v. 49, n.8, p. 1541-1551. 2017. Disponível em: <https://10.1249/MSS.0000000000001272>. Acesso em: 26 de nov. de 2017.

EDWARDS, R. H. T. Biochemical bases of fatigue in exercise performance: catastrophe theory of muscular fatigue. In: edited by KUNUTTGEN, H. G.; VOGEL, J. A.; POORTMANS, J. eds. **Biochemistry of exercise.** Champion, IL: Human Kinetics. p. 1-28, 1983.

EDWARDS, R. H.; HILL, D. K.; JONES, D. A.; MERTON, P. A. Fatigue of long duration in human skeletal muscle after exercise. **Journal of Physiology.** v. 272, n. 3, p. 769-78, 1977.

ELMENHORST, D.; MEYER, P. T.; MATUSCH, A.; WINZ, O. H.; BAUER, A. Caffeine Occupancy of Human Cerebral A1 Adenosine Receptors: In Vivo Quantification with 18F-CPFPX and PET. **The Journal of Nuclear Medicine.** v. 53, n. 11, 2012. Disponível em: <https://10.2967/jnumed.112.105114>. Acesso em: 15 de mai. de 2014.

ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. **The Journal of Physiology,** v. 586, n. 1, p. 11-23, 2008. Disponível em: <https://10.1113/jphysiol.2007.139477>. Acesso em: 12 de mai. 2018.

ENOKA, R. M.; STUART, D. G. Neurobiology of muscle fatigue. **Journal of Applied Physiology.** v. 72, n. 5, p. 1631-1648, 1992.

ESPERIDIÃO-ANTÔNIO, V.; MAJESKI-COLOMBO, M.; TOLEDO-MOTEVERDE, D.; MORAES-MARTINS, G.; FERNANDES, J. J.; ASSIS, M. B. DE; SIQUEIRA-BATISTA, R. Neurobiologia das emoções. **Revista de Psiquiatria Clínica.** v. 35, n. 2, p. 55-65, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-

[60832008000200003](https://doi.org/10.1590/S0101-60832008000200003). Acesso em: 16 de set. de 2017. <https://doi.org/10.1590/S0101-60832008000200003>.

FELIPPE, L. J. C.; FERREIRA, G. A.; LEARSI, S. L.; BOARI, D.; BERTUZZI, R.; LIMA-SILVA, A. E. Caffeine increases both total work performed above critical power and peripheral fatigue during a 4-km cycling time trial. **Journal of Applied Physiology**. Feb. 22, 2018. Disponível em: <https://10.1152/jappphysiol.00930.2017>. Acesso em: 27 de fev. de 2019.

FERGUSON, B. S.; ROGATZKI, M. J.; GOODWIN, M. L.; KANE, D. A.; RIGHTMIRE, Z.; GLADDEN, B. L. Lactate metabolism: historical context, prior misinterpretations, and current understanding. **European Journal of Applied Physiology**. v. 118, n. 4, p. 691-798, 2018. Disponível em: <https://10.1007/s00421-017-3795-6>. Acesso em: 12 de jun. de 2021.

FERRÉ, S. Mechanisms of the psychostimulant effects of caffeine: Implications for substance use disorders. **Psychopharmacology (Berl)**. v. 233, n. 10, p. 1963–1979, 2016. Disponível em: <https://10.1007/s00213-016-4212-2>. Acesso em: 19 de dez. de 2017.

FITTS, R. H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. **Physiological Reviews**. v. 74, n. 1, p. 49-94, 1994.

FLETCHER, W. M; HOPKINS, F. G. Lactic acid in amphibian muscle. **Journal of Physiology**. v. 35, n. 4, p. 247-309, 1907.

FOSTER, J.; TAYLOR, L.; CHRISMAS, B. C. R.; WATKINS, S. L.; MAUGER, A. R. The influence of acetaminophen on repeated sprint cycling performance. **European Journal of Applied Physiology**. v.114, p. 41-48, 2014. Disponível em: <https://10.1007/s00421-013-2746-0>. Acesso em: 19 de set. de 2015.

FOSTER, C.; SCHAREGER, M.; SNYDER, A. C.; THOMPSON, N. N. Pacing Strategy and Athletic Performance. **Sports Medicine**. v. 17, n. 2, p. 77–85, 1994.

FOSTER, C. A.; SNYDER, A. C.; THOMPSON, N. N.; GREEN, M. A.; FOLEY, M.; SCHRAGER, M. Effect of pacing strategy on cycle time trial performance. **Medicine and Science Sports and Exercise**. v. 25, n. 3, p. 383-388, 1993.

FRANCO-ALVARENGA, P. E.; BRIETZKE, C.; CANESTRI, R.; GOETHEL, M. F.; HETTINGA, F.; SANTOS, T. M.; PIRES, F. O. Caffeine improved cycling trial performance in mentally fatigued cyclists, regardless of alterations in prefrontal cortex activation. **Physiology and Behavior**. v. 204, p. 41-48, 2019. Disponível em: <https://10.1016/j.physbeh.2019.02.009>. Acesso em: 20 de jul. de 2020.

FREDHOLM, B. B. Are methylxanthine effects due to antagonism of endogenous adenosine? **Trends in Pharmacology Sciences**. v. 1, p. 129-132, 1979.

_____. Adenosine, adenosine receptors and the actions of caffeine. **Pharmacology and Toxicology**, v. 76, n. 2, p. 93-101, 1995.

FROYD, C.; BELTRAMI, F. G.; MILLET, G. Y.; NOAKES, T. D. Central Regulation and Neuromuscular Fatigue during Exercise of Different Durations. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 48, n. 6, p. 1024-32, 2016. Disponível em: <https://10.1249/MSS.0000000000000867>. Acesso em: 25 de mar. de 2018.

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 4, p. 1725-1789, 2001. Disponível em: <https://10.1152/physrev.2001.81.4.1725>. Acesso em: 06 de jul. de 2015.

GANDEVIA, S. C; ALLEN, G. M.; BUTLER, J. E.; TAYLOR, J. L. Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. **The Journal of Physiology**. v. 490, n. 2, p. 529-536, 1996.

GANIO, M.S.; KLAU, J. F.; CASA, D. J.; ARMSTRONG, L. E.; MARESH, C. M. Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 23, p. 315-324, 2009. Disponível em: <https://10.1519/JSC.0b013e31818b979a>. Acesso em: 16 de out. de 2013.

GIULIO, C. D.; DANIELE, F.; TIPTON, C. M. Angelo Mosso and muscular fatigue: 116 years after the first congress of physiologists: IUPS commemoration. **Advances in Physiology Education**. v. 30, p. 2, p. 51–57, 2006. Disponível em: <https://10.1152/advan.00041.2005>. Acesso em: 07 de ago. de 2015.

GLAISTER, M.; PATTISON, J. R.; MUNIZ-PUMARES, D.; PATTERSON, S. D.; FOLEY, P. Effects of dietary nitrate, caffeine, and their combination on 20-km cycling time trial performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 29, n. 1, p. 165-174, 2015. Disponível em: <https://10.1519/JSC.0000000000000596>. Acesso em: 28 de set. de 2016.

GOLDSTEIN, E. R.; ZIEGENFUSS, T.; KALMAN, D.; KREIDER, R.; CAMPBELL, B.; WILBORN, C.; TAYLOR, L.; WILLOUGHBY, D.; STOUT, J.; GRAVES, B.S.; WILDMAN, R.; IVY, J.L.; SPANO, M.; SMITH, A.E.; ANTONIO, J. International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. **Journal of International Society of Sports Nutrition**. v.7, n. 5, p.1-15, 2010. Disponível em: <https://10.1186/1550-2783-7-5>. Acesso em: 22 de out. de 2013.

GRAHAM, T. E.; SPRIET, L. L. Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. **Journal Applied Physiology**. v. 78, p. 867–874, 1995.

GRAHAM-PAULSON, P.; PERRET, C.; GOOSEY-TOLFREY, V. Improvements in Cycling but Not Handcycling 10 km Time Trial Performance in Habitual Caffeine Users. **Nutrients**. v. 8, n. 393, p. 1-11, 2016. Disponível em: <https://10.3390/nu8070393>. Acesso em: 20 de out. de 2016.

GRGIC, J.; MIKULIC, P.; SCHOENFELD, B. J.; BISHOP, D.; PEDISIC, Z. The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. **Sports Medicine**. v. 49, n. 1, p. 17-30, 2018. Disponível em: <https://10.1007/s40279-018-0997-y>. Acesso em: 01 de nov. de 2018.

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of**

Electromyography Kinesiology. v. 10, p. 361–374, 2000. Disponível em: [https://10.1016/s1050-6411\(00\)00027-4](https://10.1016/s1050-6411(00)00027-4). Acesso em: 02 de fev. de 2014.

HIBBERT, A. W.; BILLAUT, F.; VARLEY, M. C.; POLMAN, R. C. J. Goal orientation and the presence of competitors influence cycling performance. **Frontiers in Physiology.** v. 19, art. 1212, p. 1-12, 2018. Disponível em: <https://10.3389/fpsyg.2018.01212>. Acesso em: 05 de dez. de 2018.

HILL, A. V.; LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. **Quartely Journal of Medicine.** v. 16, n. 62, p. 135-171, 1923.

HILL, A. V.; LONG, C. N. H.; LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. – Parts I-III. **Proceedings of the Royal Society of London B.** v 96, n. 679, p. 438-75, 1924a.

_____. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. – Parts IV-VI. **Proceedings of the Royal Society of London.** v 97, n. 681, p. 84-138, 1924b.

HOUGH, T. Ergographic studies in muscular fatigue and soreness. **Journal of the Boston Society of Medical Sciences.** n. 3. p. 81-92, 1900.

HUREAU, T. J.; ROMER, L. M.; AMANN, M. The ‘sensory tolerance limit’: A hypothetical construct determining exercise performance? **European Journal os Sports Science.** 2016. Disponível em: <https://10.1080/17461391.2016.1252428>. Acesso em: 03 de dez. de 2016.

HURST, P.; SCHIPOF-GODART, L.; HETTINGA, F.; ROELANDS, B.; BEEDIE, C. Improved 1000-m Running Performance and Pacing Strategy With Caffeine and Placebo: A Balanced Placebo Design Study. **International Journal Sports in Physiology and Performance.** v. 15, p. 483–488, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0230>. Acesso em: 04 de mar. de 2021.

HULLEMANN, K. D.; METZ, J. Doping. In: Medicina Esportiva: Clínica e Prática. São Paulo: **Edusp**, p. 213-235, 1982.

INZLICHT, M.; MARCORA, S. M. The Central Governor Model of Exercise Regulation Teaches Us Precious Little about the Nature of Mental Fatigue and Self-Control Failure. **Frontiers in Psychology**. v. 7, art. 656, p. 1-6, 2016. Disponível em: <https://10.3389/fpsyg.2016.00656>. Acesso em: 21 de mar. de 2018.

IVY, J. L.; COSTILL, D. L.; FINK, W. J.; LOWER, R. W. Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.11, n. 1, p. 6-11, 1979.

JACOBSON, K. A.; NIKODIJEVIC, O.; PADGETT, W. L.; GALLORODRIGUEZ, C.; MAILLARD, M.; DALY, J. W. 8-(3Chlorostyryl) caffeine (CSC) is a selective A₂-adenosine antagonist in vitro and in vivo. **FEBS Letters**. v. 323, p. 141–144, 1993.

JACOBSON, K. A.; VAN GALEN, P. J. M.; WILLIAMS, M. Adenosine receptors: Pharmacology. structure-activity relationships and therapeutic potential. **Journal of Medicinal Chemistry**. v. 35, p. 407–422, 1992.

JONES, H. S.; WILLIAMS, E. L.; MARCHANT, D.; SPARKS, S. A.; BRIDGE, C. A.; MIDGLEY, A. W.; MC NAUGHTON, L. R. Deception has no acute or residual effect on cycling time trial performance but negatively effects perceptual responses. **Journal of Science and Medicine in Sport**. v. 19, p. 771-776, 2016a. Disponível em: <https://10.1016/j.jsams.2015.12.006>. Acesso em: 08 de fev. de 2018.

JONES, H. S.; WILLIAMS, E. L.; MARCHANT, D.; SPARKS, S. A.; BRIDGE, C. A.; MIDGLEY, A. W.; MC NAUGHTON, L. R. Improvements in Cycling Time Trial Performance Are Not Sustained Following the Acute Provision of Challenging and Deceptive Feedback. **Frontiers in Physiology**. v. 7, art. 399, p.1-9, 2016b. Disponível em: <https://10.3389/fphys.2016.00399>. Acesso em: 02 de dez. de 2017.

KALMAR, J. M.; CAFARELLI, E. Caffeine: A valuable tool to study central fatigue in humans? **Exercise and Sport Sciences Reviews**. v. 32, n. 4, p. 143-147, 2004.

Disponível em: <https://10.1097/00003677-200410000-00004>. Acesso em: 18 de jan. de 2014.

KAMIMORI, G. H.; KARYEKAR, C. S.; OTTERSTETTER, R.; COX, D. S.; BALKIN, T.J.; BELENKY, G. L.; EDDINGTON, N. D. The rate of absorption and relative bioavailability of caffeine administered in chewing gum versus capsules to normal healthy volunteers. **International Journal of Pharmacology**. v. 234, p. 159– 167, 2002. Disponível em: [https://10.1016/s0378-5173\(01\)00958-9](https://10.1016/s0378-5173(01)00958-9). Acesso em: 12 de jul. de 2015.

KILLEN, L. G.; GREEN, J. M.; O'NEAL, E. K.; MC-INTOSH, J. R.; HORNSBY, J.; COATES, T. E. Effects of caffeine on session ratings of perceived exertion. **European Journal of Applied Physiology**. v. 113, n. 3, p. 721-727, 2013. Disponível em: <https://10.1007/s00421-012-2480-z>. Acesso em: 11 de jun. de 2020.

KONINGS, M. J.; FOULSHAM, T.; MICKLEWRIGHT, D.; HETTINGA, F. J. Athlete– Opponent Interdependency Alters Pacing and Information-Seeking Behavior. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 52, n. 1, p. 153–160, 2020. Disponível em: <https://10.1249/MSS.0000000000002101>. Acesso em: 29 de set. de 2020.

KONINGS, M. J.; HETTINGA, F. J. Pre-exercise cycling protocol alters pacing behavior in competitive time trials. **International Journal of Sports Physiology and Performance**. v. 15, n. 1, p. 1-6, 2020. Disponível em: <https://10.1123/ijsp.2019-0763>. Acesso em: 29 de set. de 2020.

_____. Pacing Decision Making in Sport and the Effects of Interpersonal Competition: A Critical Review. **Sports Medicine**. v. 48, n. 8, p. 1829-1843, 2018. Disponível em: <https://10.1007/s40279-018-0937-x>. Acesso em: 04 de dez. de 2018.

KONINGS, M. J.; SCHOENMAKERS, P. P. J. M.; WALKER, A. J.; HETTINGA, F. J. The behavior of an opponent alters pacing decisions in 4-km cycling time trials.

Physiology and Behavior. v. 158, p. 1-5, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.02.023>. Acesso em: 14 de mar. de 2018.

KONINGS, M. J.; PARKINSON, J.; ZIJDEWIND, I.; HETTINGA, F. J. Racing an Opponent Alters Pacing, Performance and Muscle Force Decline, But Not RPE. **International Journal of Sports Physiology and Performance.** v. 13, n. 3, p. 283-289, 2018. Disponível em: <https://10.1123/ijsp.2017-0220>. Acesso em: 04 de dez. de 2018.

KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, F. T. J.; KEIZER, H. A.; GUERTEN, P. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiological correlates. **International Journal of Sports Medicine.** v. 6, p. 197–201, 1985.

LAMBERT, E. V.; ST CLAIR GIBSON, A.; NOAKES, T. D. Complex systems model of fatigue: integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans. **British Journal of Sports Medicine.** v. 39, n. 1, p. 52-62, 2005. Disponível em: <https://10.1136/bjsm.2003.011247>. Acesso em: 14 de out. de 2012.

LANDRUM, R. E. College students, caffeine use and their relationship to personality. **Journal of the College of the Student.** v 26, n. 2, p.151-155, 1992.

LARA, B.; GONZALEZ-MILLÁN, C.; SALINERO J. J.; ABIAN-VICEN, J.; ARECES, F.; BARBERO-ALVAREZ, J. C.; MUÑOS, V.; PORTILLO, L. J.; GONZALEZ-RAVE, J. M.; DEL COSO, J. Caffeine-containing energy drink improves physical performance in female soccer players. **Amino Acids.** v. 46, p. 1385–1392, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00726-014-1709-z>. Acesso em: 21 de nov. de 2020.

LAURENT, D.; SCHNEIDER, K. E.; PRUSACZYK, W. K.; FRANKLIN, C.; VOGEL, S. M.; KRSSAK, M.; PETERSEN, K. F.; GOFORTH, H. W.; SHULMAN, G. I. Effects of caffeine on muscle glycogen utilization and the neuroendocrine axis during exercise. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism.** v. 85, n. 6, p. 2170 – 2175, 2000. Disponível em: <https://10.1210/jcem.85.6.6655>. Acesso em: 01 de nov. de 2013.

LEONARD, T. K.; WATSON, R. R.; MOHS, M. E. The effects of caffeine on various body systems: a review. **Journal of the American Dietetic Association**. v. 87, n. 8, p. 1048-53, 1987.

LIMA-SILVA, A. E.; CRISTINA-SOUZA, G.; SILVA-CAVALCANTE, M. D.; BERTUZZI, R.; BISHOP, D. J. Caffeine during High-Intensity Whole-Body Exercise: An Integrative Approach beyond the Central Nervous System. **Nutrients**. v. 13, n. 2503, p. 1-15, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu13082503>. Acesso em: 24 de jul. de 2021.

MAGKOS, F.; KAVOURAS, S. A. Caffeine Use in Sports, Pharmacokinetics in Man, and Cellular Mechanisms of Action. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v. 45, p. 535–562, 2005. Disponível em: <https://10.1080/1040-830491379245>. Acesso em: 01 de nov. de 2013.

MASSEY, H. S.; WHITEHEAD, A. E.; MARCHANT, D.; POLMAN, R. C.; WILLIAMS, E. L. An investigation of expertise in cycling: Eye tracking, Think Aloud and the influence of a competitor. **Psychology of Sport and Exercise**. v. 49, p. 1-17, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101681>. Acesso em: 02 de set. de 2020.

MATTERN, C. O.; KENEFICK, R. W.; KERTZER, R.; QUINN, T. J. Impact of starting strategy on cycling performance. **International Journal of Sports Medicine**. v. 22, p. 350-355, 2001. Disponível em: <https://10.1055/s-2001-15644>. Acesso em: 05 de mar. de 2012.

MAUGER, A. R.; JONES, A. M.; WILLIAMS, C. A. Influence of acetaminophen on performance during time trial cycling. **Journal of Applied Physiology**. v. 108, p. 98-104, 2010. Disponível em: <https://10.1152/jappphysiol.00761.2009>. Acesso em: 12 de mai. de 2014.

MCCORMICK, A.; MEIJEN, C.; MARCORA, S. M. Psychological Determinants of Whole-Body Endurance Performance. **Sports Medicine**. v. 45, n. 7, p. 997-1015,

2015. Disponível em: <https://10.1007/s40279-015-0319-6>. Acesso em: 16 de nov. de 2017.

MCKENNA, M. J.; BANGSBO, J.; RENAUD, J.-M. Muscle K⁺, Na⁺, and Cl⁻ disturbances and Na⁺-K⁺ pump inactivation: implications for fatigue. **Journal of Applied Physiology**. v. 104, n. 1, p. 288-295, 2008. Disponível em: <https://10.1152/jappphysiol.01037.2007>. Acesso em: 20 de set. de 2018.

MERTON, P. A. Voluntary Strength and Fatigue. **Journal Physiology**. v.123, n. 3, p. 553–64, 1954. Disponível em: Acesso em: <https://10.1113/jphysiol.1954.sp005070>. 05 de fev. de 2018.

MILLET, G. Y.; TOMAZIN, K.; VERGES, S.; VINCENT, C.; BONNEFOY, R.; BOISSON, R-C.; GERLELÉ, L.; FÉASSON, L.; MARTIN, V. Neuromuscular Consequences of an Extreme Mountain Ultra-Marathon. **PloS ONE**. v. 6, n. 2, p. 1-14, 2011. Disponível em: <https://10.1371/journal.pone.0017059>. Acesso em: 06 de jul. de 2020.

MOTL, R. W.; O'CONNOR, P. J.; TUBANDT, L.; PUETZ, T.; ELY, M. R. Effect of caffeine on leg muscle pain during cycling exercise among females. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 38, n. 3, p. 598-604, 2006. Disponível em: <https://10.1249/01.mss.0000193558.70995.03>. Acesso em: 08 de jul. de 2020.

MORITANI, T., MURO, M., NAGATA, A. Intramuscular and surface electromyogram changes during muscle fatigue. **Journal of Applied Physiology**. v. 60, n. 4, p. 1179-1185, 1986.

MOSSO, A. **Fatigue**. London. Allen & Unwin Ltd., 1915.

NAWROT, P.; JORDAN, S.; EASTWOOD, J.; ROTSTEIN, J.; HUGENHOLTZ, A.; FEELEY, M. Effects of caffeine on human health. **Food Additives and Contaminants**. v. 20, n. 1, p. 1-30, 2003. Disponível em: <https://10.1080/0265203021000007840>. Acesso em: 22 de jun. de 2014.

NEHLIG, A.; DAVAL, J. L.; DEBRY, G. Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. **Brain Research Reviews**. v. 17, p. 139–170, 1992.

NEYROUD, D.; VALLOTTON, A.; MILLET, G. Y.; KAYSER, B.; PLACE, N. The effect of muscle fatigue on stimulus intensity requirements for central and peripheral fatigue quantification. **European Journal of Applied Physiology**. v. 114, n. 1, p. 205-215, 2014. Disponível em: <https://10.1007/s00421-013-2760-2>. Acesso em: 29 de jan. de 2018.

NOAKES, T. D. Maximal oxygen uptake: “classical” versus “contemporary” viewpoints: a rebuttal. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 30, n. 9, p. 1381–1398, 1998. Disponível em: <https://10.1097/00005768-199809000-00007>. Acesso em: 26 de set. de 2012.

_____. Evidence that a central governor regulates exercise performance during acute hypoxia and hyperoxia. **The Journal of Experimental Biology**. v. 204, p. 3225-3234, 2001.

NOAKES, T. D.; ST CLAIR GIBSON, A. Logical limitations to the "catastrophe" models of fatigue during exercise in humans. **British Journal of Sports Medicine**. v. 38, n. 5, p. 648-9, 2004. Disponível em: <https://10.1136/bjsm.2003.009761>. Acesso em: 26 de set. de 2012.

NOAKES, T. D.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, E. V. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions **British Journal of Sports Medicine**. v. 39, n. 2, p. 120-4, 2005. Disponível em: <https://10.1136/bjsm.2003.010330>. Acesso em: 26 de set. de 2012.

O'CONNOR, P. J.; MOTL, R. W.; BROGLIO, S. P.; ELY, M. R. Dose-dependent effect of caffeine on reducing leg muscle pain during cycling exercise is unrelated to systolic blood pressure. **Pain**. v. 109, n. 3, p. 291-298, 2004. Disponível em: <https://10.1016/j.pain.2004.01.017>. Acesso em: 10 de mar. de 2014.

OKADA, M., KAWATA, Y., MURAKAMI, T., WADA, K., MIZUNO, K., KONDO, T., KANEKO, S. Differential effects of adenosine receptor subtypes on release and reuptake of hippocampal serotonin. **European Journal of Neuroscience**. v. 11, p. 1-9, 1999. Disponível em: <https://10.1046/j.1460-9568.1999.00415.x>. Acesso em: 19 de jun. de 2018.

PASMAN, W. J.; VAN BAAK, M. A.; JEUKENDRUP, A. E.; DE HAAN, A. The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. **International Journal of Sports Medicine**. v. 16, p. 225–230, 1995.

PIRES, F. O.; DOS ANJOS, C. A. S.; COVOLAN, R. J. M.; FONTES, E. B.; NOAKES, T. D.; ST CLAIR GIBSON, A.; MAGALHÃES, F. H.; UGRINOWITSCH, C. Caffeine and Placebo Improved Maximal Exercise Performance Despite Unchanged Motor Cortex Activation and Greater Prefrontal Cortex Deoxygenation. **Frontiers in Physiology**. v. 9, art. 1144, p. 1-11, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01144>. Acesso em: 04 de mar. de 2021.

POOLE, D. C.; BURNLEY, M.; VANHATALO, A.; ROSSITER, H. B.; JONES, A. M. Critical Power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 48, n. 11, p. 2320-2334, 2016. Disponível em: <https://10.1249/MSS.0000000000000939>. Acesso em: 26 de jul. de 2019.

PROIA, P.; DI LIEGRO, C. M.; SCHIERA, G.; FRICANO, A.; DI LIEGRO, I. Lactate as a Metabolite and a Regulator in the Central Nervous System. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 17, n. 1450, p. 1-20, 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5037729/pdf/ijms-17-01450.pdf>. Acesso em: 18 de ago. de 2021.

RODRIGUEZ-FALCES, J.; PLACE, N. Differences in the recruitment curves obtained with monopolar and bipolar electrode configurations in the quadriceps femoris. **Muscle Nerve**. v. 54, n. 1, p. 118-131, 2016. Disponível em: <http://10.1002/mus.25006>. Acesso em: 11 de abr. de 2019.

ROGERS, C. C. Cyclists try caffeine suppositories. **The Physician and Sportsmed.** v. 13, p.38–40, 1985.

ROMANOWSKI, W.; GRABIEC, S. The role of serotonin in the mechanism of central fatigue. **Acta Physiologica Polonica.** v. 25, n. 2, p.127-34, 1974.

ROUSSEAU, E; LADINE, J.; LIU, Q.; MEISSNER, G. Activation of the Ca²⁺ release channel of skeletal muscle sarcoplasmic reticulum by caffeine and related compounds. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 267, n. 1, p. 75–86, 1988.

RUÍZ-MORENO, C.; LARA, B.; BRITO-DE-SOUZA, D.; GUTIÉRREZ-HELLÍN, J.; ROMERO-MORALEDA, B.; CUÉLLAR-RAVO, A.; DEL-COSO, J. Acute caffeine intake increases muscle oxygen saturation during a maximal incremental exercise test. **British Journal of Clinical Pharmacology**, v. 86, n. 5, p. 861-867, 2020. Disponível em: <https://10.1111/bcp.14189>. Acesso em: 11 de out. de 2020.

SANTOS, R. A.; KISS, M. A. P. D. M.; SILVA-CAVALCANTE, M. D.; CORREIA-OLIVEIRA, C. R.; BERTUZZI, R.; BISHOP, D.; LIMA-SILVA, A. E. Caffeine alters anaerobic distribution and pacing during a 4000-m cycling time trial. **PLoS ONE.** v. 8, n. 9, p. 1-10, 2013. Disponível em: <https://10.1371/journal.pone.0075399>. Acesso em: 03 de fev. de 2014.

SANTOS-MARIANO, A. C.; TOMAZINI, F.; FELIPPE L. C.; BOARI, D.; BERTUZZI, R.; DE-OLIVEIRA, F. R.; LIMA-SILVA, A. E. Effect of caffeine on neuromuscular function following eccentric-based exercise. **PLoS ONE.** v. 14, n. 11, p. 1-14, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224794>. Acesso em: 03 de mai. de 2020.

SANTOS-MARIANO, A. C.; TOMAZINI, F.; RODACKY, C.; BERTUZZI, R.; DE-OLIVEIRA, F. R.; LIMA-SILVA, A. E. Effects of performance during high- and long-jump competition. **International Journal of Physiology and Performance.** v. 31, p. 1-6, 2021. Disponível em: <https://10.1123/ijsp.2020-0755>. Acesso em: 05 de jul. de 2021.

SAUNDERS, B.; DE OLIVEIRA, L. F.; DA SILVA, R. P.; DE SALLES PAINELLI, V.; GOLÇALVES, L. S.; YAMAGUCHI, G.; MUTTI, T.; MACIEL, E.; ROSCHEL, H.; ARTIOLI, G. G.; GUALANO, B. Placebo in sports nutrition: a proof-of-principle study involving caffeine supplementation. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. v. 27, p. 1240–1247, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/sms.12793>. Acesso em: 25 de mar. de 2018.

SCHILLINGS, M. L.; HOEFSLOOT, W.; STEGEMAN, D. F.; ZWARTS, M. J. Relative contributions of central and peripheral factors to fatigue during a maximal sustained effort. **European Journal of Applied Physiology**. v. 90, n. 5-6, p. 562-568, 2003. Disponível em: <https://10.1007/s00421-003-0913-4>. Acesso em: 18 de mar. de 2015.

SHEI, R. -J.; THOMPSON, K.; CHAPMAN, R.; RAGLIN, J.; MICKLEBOROUGH, T. Using Deception to Establish a Reproducible Improvement in 4-Km Cycling Time Trial Performance. **International Journal of Sports Medicine**. v. 37, p. 341-346, 2016. Disponível em: <https://10.1055/s-0035-1565139>. Acesso em: 02 de set. de 2019.

SHEPHARD, R. J. Is it time to retire the ‘Central Governor’? **Sports Medicine**. v. 39, n. 9, p. 709-721, 2009. Disponível em: <https://10.2165/11315130-000000000-00000>. Acesso em: 04 de set. de 2012.

SILVA-CAVALCANTE, M. D.; CORREIA-OLIVEIRA, C. R.; SANTOS, R. A.; LOPES-SILVA, J. P.; LIMA, H. M.; BERTUZZI, R.; DUARTE, M.; BISHOP, D. J.; LIMA-SILVA, A. E. Caffeine Increases Anaerobic Work and Restores Cycling Performance following a Protocol Designed to Lower Endogenous Carbohydrate Availability. **PloS ONE**. v. 8, n. 8, p. 1-10, 2013. Disponível em: <https://10.1371/journal.pone.0072025>. Acesso em: 03 de fev. de 2014.

SINCLAIR, C. J. D.; GEIGER, J. D. Caffeine use in Sport: a pharmacological review. **Journal Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 40, n. 1, p. 71-79, 2000.

SKINNER, T. L.; JENKINS, D. G.; TAAFFE, D. R.; LEVERITT, M. D.; COOMBES, J. S. Coinciding exercise with peak serum caffeine does not improve cycling

performance. **Journal of Science and Medicine in Sport**. v. 16, p. 54-59, 2013. Disponível em: <https://10.1016/j.jsams.2012.04.004>. Acesso em: 14 de mai. de 2014.

SOUTHWARD, K.; RUTHERFURD-MARKWICK, K. J; ALI, A. Correction to: The Effect of Acute Caffeine Ingestion on Endurance Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**. v. 48, p. 1913-1928, 2018. Disponível em: <https://10.1007/s40279-018-0967-4>. Acesso em: 03 de fev. de 2019.

SOUZA-SANTOS, P.; FELIPPE, L. C.; FERREIRA, G. A.; LEARSI, S. K.; COUTO, P. G. BERTUZZI, R.; PEREIRA, G.; LIMA-SILVA, A. E. Caffeine Increases Peripheral Fatigue in Low- but not in High-Performing Cyclists. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**. 2020. Disponível em: <https://10.1139/apnm-2019-0992>. Acesso em: 02 de set. de 2020.

SPRIET, L. L. Caffeine and performance. **International Journal of Sports Nutrition**. v. 5, n. 1, p. 84-99, 1995.

STONE, M. R., THOMAS, K.; WILKINSON, M.; STEVERSON, E.; ST CLAIR GIBSON, A.; JONES, A. M.; THOMPSON, K. G. Exploring the performance reserve: Effect of different magnitudes of power output deception on 4,000 m cycling time-trial performance. **PloS ONE**. v. 12, n. 3, p. 1-13, 2017. Disponível em: <https://10.1371/journal.pone.0173120>. Acesso em: 02 de mar. de 2018.

STONE, M. R., THOMAS, K.; WILKINSON, M.; JONES, A. M.; ST CLAIR GIBSON, A.; THOMPSON, K. G. Effects of Deception on Exercise Performance: Implications for Determinants of Fatigue in Humans. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 44, n. 3, p. 534–541, 2012. Disponível em: <https://10.1249/MSS.0b013e318232cf77>. Acesso em: 01 de nov. de 2017.

TAYLOR, J. L.; AMANN, M.; DUCHATEAU, J.; MEEUSEN, R.; RICE, C. L. Neural contributions to muscle fatigue: from the brain to the muscle and back again. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 48, n. 11, p. 2294-2306, 2016. Disponível em: <https://10.1249/MSS.0000000000000923>. Acesso em: 15 de jun. de 2018.

TAYLOR, J. L.; BUTLER, J. E.; GANDEVIA, S. Changes in muscle afferents, motoneurons and motor drive during muscle fatigue. **European Journal of Applied Physiology**. v. 83, n. 2-3, p. 106-115, 2000. Disponível em: <https://10.1007/s004210000269>. Acesso em: 15 de jun. de 2018.

TAYLOR, J. L.; TODD, G.; GANDEVIA, S. C. Evidence for a supraspinal contribution to human muscle fatigue. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**. v. 33, p. 400–5, 2006. Disponível em: <https://10.1111/j.1440-1681.2006.04363.x>. Acesso em: 15 de jun. de 2018.

TALLIS, J.; DUNCAN, M. J.; JAMES, R. S. What can isolated skeletal muscle experiments tell us about the effects of caffeine on exercise performance? **British Journal of Pharmacology**. v. 172, n. 15, p. 3703-3713, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/bph.13187>. Acesso em: 16 de jul. de 2019.

TALLIS, J.; JAMES, S.; COX, V. M.; DUCAN, M. J. The effect of physiological concentrations of caffeine on the power output of maximally and submaximally stimulated mouse EDL (fast) and soleus (slow) muscle. **Journal Applied Physiology**. v. 112, p. 64-71, 2012. Disponível em: <https://10.1152/japplphysiol.00801.2011>. Acesso em: 16 de jul. de 2019.

TARNOPOLSKY, M. A. Effect of caffeine on the neuromuscular system – potential as an ergogenic aid. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**. v. 33, p. 1284-1289, 2008. Disponível em: <https://10.1139/H08-121>. Acesso em: 10 de dez. de 2013.

TEIXEIRA, P. J.; CARRAÇA, E. V.; MARKLAND, D.; SILVA, M. N.; RYAN, R. M. Exercise, physical activity, and self-determination theory: A systematic review. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**. v. 9, n. 78, p. 1-30, 2012. Disponível em: <https://10.1186/1479-5868-9-78>. Acesso em: 03 de abr. de 2018.

TEMESI, J.; MATURAMA, F. M.; PEYRARD, A.; PIUCCO, T.; MURIAS, J. M.; MILLET, G. Y. The relationship between oxygen uptake kinetics and neuromuscular fatigue

in high-intensity cycling exercise. **European Journal of Applied Physiology**. v. 117, n. 5, p. 969-978, 2017. Disponível em: <https://10.1007/s00421-017-3585-1>. Acesso em: 16 de mar. de 2020.

THOMAS, K.; GOODALL, S.; STONE, M.; HOWATSON, G.; ST CALIR GIBSON, A.; ANSLEY, L. Central and Peripheral Fatigue in Male Cyclists after 4-, 20-, and 40-km Time Trials. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 47, n. 3, p. 537-546, 2015. Disponível em: <https://10.1249/MSS.0000000000000448>. Acesso em: 09 de out. de 2019.

TOMAZINI, F.; PASQUA, L. A.; DAMASCENO, M. V.; SILVA-CAVALCANTE, M. D.; DE OLIVEIRA, F. R.; LIMA-SILVA, A. E.; BERTUZZI, R. Head-to-head running race simulation alters pacing strategy, performance, and mood state. **Physiology and Behavior**. v. 149, p. 39-44, 2015. Disponível em: <https://10.1016/j.physbeh.2015.05.021>. Acesso em: 02 de dez. de 2015.

UCI, UNION CICLISTE INTERNATIONALE. 2020. **About track cycling**. Disponível em: <[About Track Cycling - Union Cycliste Internationale \(UCI\)](#)>. Acesso em: 19 de nov. de 2020.

VANHATALO, A.; BLACK, M. I.; DIMENNA, F. J.; BLACKWELL, J. R.; SCHMIDT, J. F.; THOMPSON, C.; WYLIE, L. J.; MOHR, M.; BANGSBO, J.; KRUSTRUP, P. The mechanistic bases of the power–time relationship: muscle metabolic responses and relationships to muscle fibre type. **The Journal of physiology**. v. 594, n. 15, p. 4407-4423, 2016. Disponível em: <https://10.1113/JP271879>. Acesso em: 08 de abr. de 2017.

VIANA, B. F.; TRAJANO, G. S.; UGRINOWITSCH, C.; PIRES, F. O. Caffeine increases motor output entropy and performance in 4 km cycling time trial. **PloS ONE**. v. 15, n. 8, p. 1-13, 2020. Disponível em: <https://10.1371/journal.pone.0236592>. Acesso em: 02 de set. de 2020.

VØLLESTAD, N. K. Measurement of human muscle fatigue. **Journal of Neuroscience Methods**. v. 74, n. 2, p. 219-227, 1997.

WORLD ANTI-DOPING AGENCY, WADA, 2021. **Prohibited List Documents**. Disponível em: <<https://www.wada-ama.org/en/resources/science-medicine/prohibited-list-documents>>. Acesso em: 19 de abr. de 2021.

WALTON, C.; KALMAR, J.; CAFARELLI, E. Caffeine increases spinal excitability in humans. **Muscle and Nerve**. v. 28, p. 359-364, 2003. Disponível em: <https://10.1002/mus.10457>. Acesso em: 29 de nov. de 2018.

WEIR, J.; BECK, T.; CRAMER, J.; HOUSH, T. Is fatigue all in your head? A critical review of the central governor model. **British Journal of Sports Medicine**. v. 40. n. 7, p. 573-586. 2006. Disponível em: <https://10.1136/bjsm.2005.023028>. Acesso em: 08 de jun. de 2018.

WILLIAMS, E. L.; JONES, H. S.; ANDY SPARKS, S.; MARCHANT, D. C.; MIDGLEY, A. W.; MC NAUGHTON, L. R. Competitor presence reduces internal attentional focus and improves 16.1km cycling time trial performance. **Journal of Science and Medicine in Sport**. v. 18, n. 4, p. 486-91, 2015a. Disponível em: <https://10.1016/j.jsams.2014.07.003>. Acesso em: 07 de nov. de 2017.

WILLIAMS, E. L.; JONES, H. S.; ANDY SPARKS, S.; MIDGLEY, A. W.; MARCHANT, D. C.; BRIDGE, C. A.; MC NAUGHTON, L. R. Altered Psychological Responses to Different Magnitudes of Deception during Cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 47, n. 3, p. 2423-2430, 2015b. Disponível em: <https://10.1249/MSS.0000000000000694>. Acesso em: 07 de nov. de 2017.

WILLIAMS, E. L.; JONES, H. S.; ANDY SPARKS, S.; MARCHANT, D. C.; MIDGLEY, A. W.; BRIDGE, C. A.; MC NAUGHTON, L. R. Deceptive Manipulation of Competitive Starting Strategies Influences Subsequent Pacing, Physiological Status, and Perceptual Responses during Cycling Time Trials. **Frontiers in Physiology**. v. 7, art. 536, p. 1-9, 2016. Disponível em: <https://10.3389/fphys.2016.00536>. Acesso em: 07 de nov. de 2017.

WOMACK, C. J.; SAUNDERS, M. J.; BECHTEL, M. K.; BOLTON, D. J.; MARTIN, M.; LUDEN, N. D.; DUNHAM, W.; HANCOCK, M. The influence of a CYP1A2 polymorphism on the ergogenic effects of caffeine. **Journal of International Society of Sports Nutrition**. v. 9, n. 7, p. 1-6, 2012. Disponível em: <https://10.1186/1550-2783-9-7>. Acesso em: 05 de nov. de 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu professor Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva e o aluno de pós-graduação Fabiano Tomazini – da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você atleta, que treine regularmente e que esteja em boas condições de saúde a participar de um estudo intitulado: "EFEITO ISOLADO E COMBINADO DA INGESTÃO AGUDA DE CAFEÍNA COM ADVERSÁRIO VIRTUAL SOBRE O DESEMPENHO EM UMA PROVA DE 4 KM CICLISMO". A importância deste estudo é a de investigar os mecanismos pela qual a cafeína melhora o desempenho, e pelo fato de poder aumentar a compreensão e recomendação na sua prescrição para atletas e praticantes de exercício físico. A utilização da cafeína em conjunto com adversário se apresenta como uma estratégia interessante na compreensão das reais necessidades de sua utilização como suplemento alimentar em condições reais de competição.

a) O objetivo desta pesquisa é verificar se existe melhora no desempenho físico com a ingestão de cafeína e adversário e se esse aumento é maior quando os dois são combinados.

b) Caso você participe da pesquisa, será necessário comparecer a esta Universidade sete (7) vezes, em um período máximo de seis (6) semanas, dependendo da sua disponibilidade. Cada visita terá duração em torno de 90 minutos.

Na primeira visita, você será submetido aos seguintes procedimentos: 1) você preencherá e assinará esse presente termo; 2) você será orientado a responder um questionário de avaliação de risco ao exercício, contendo perguntas referentes a possíveis sintomas que você sente quando pratica exercício, e outro questionário de caracterização, contendo algumas informações pessoais como, nome completo, idade, endereço, telefone residencial, prática de exercícios, se possui ou não alguma doença e histórico familiar de doenças), se está tomando algum tipo de medicamento, hábitos (como o que você costuma comer, beber e fontes de cafeína), peso e estatura, 3) você irá realizar uma avaliação antropométrica, com medidas de estatura, peso e dobras da pele em determinados pontos específicos do seu corpo. 4) você realizará um teste incremental máximo, no qual você realizará um aquecimento de 5 minutos em uma bicicleta estacionária com uma cadência de 80 rpm a 100 W, sendo que depois a carga será aumentada em 30 W até que você não consiga mais pedalar. Será fixada uma máscara em seu rosto para análise do seu consumo de oxigênio e da sua produção de dióxido de carbono. Posteriormente, você será orientado a preencher diariamente um formulário de controle de carga de treino, após receber orientação de um profissional de educação física de como preenche-lo, contendo perguntas referentes a duração, intensidade e frequência de seus treinos. Você também deverá preencher um registro alimentar durante um dia inteiro, contendo informações como horário, quantidade e tipo de alimento ingerido, assim como um questionário de consumo habitual de cafeína, que contém uma lista de alimentos fontes de cafeína e que você deverá marcar a frequência e quantidade de consumo, após ter recebido orientação de uma nutricionista.

Na segunda visita você realizará três testes de contração máxima de extensão da perna para mensurar a força dos músculos da coxa, assim como, pequenos estímulos elétricos (choques) serão aplicados na região da sua virilha, para estimar a força que seu músculo é capaz de produzir a partir de um estímulo elétrico. Nessa segunda visita você também responderá um questionário que avalia seu estado de humor, a partir de perguntas referentes as suas emoções no momento do teste, como medo, raiva e motivação, e realizará dois testes de 4 km em uma bicicleta acoplada a um rolo simulador de ciclismo, sendo o primeiro sem nenhum sinal visual e o segundo contra um adversário virtual projetado em um monitor em frente a você. Na terceira visita você realizará mais um teste de 4 km, que servirá de controle para as visitas seguintes.

Da quarta a sétima visitas, serão realizados os testes experimentais. Em um dia você realizará um teste de 4 km contra um adversário virtual, após ter consumido 60 minutos antes do teste uma capsula contendo 5mg/kg de peso de cafeína. Em outro, você realizará o mesmo teste de 4 km com adversário virtual, só que irá consumir 60 minutos antes do teste uma capsula contendo celulose, que não é absorvida pelo seu organismo e, portanto, se caracteriza como um placebo. Em outro dia, você irá realizar o mesmo teste de 4 km após ter consumido 60 minutos antes do teste uma cápsula contendo 5mg/kg de peso de cafeína, só que agora sem a presença do adversário virtual.

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal
Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE
Orientador

Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa
em Seres Humanos do Setor de Ciências da
Saúde/UFPR.
Parecer CEP/SD-PB.nº 3077048
na data de 12/12/2018

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde da UFPR | CEP/SD Rua Padre Camargo, 285 | térreo | Alto da Glória | Curitiba/PR | CEP 80060-240 | cometica.saude@ufpr.br – telefone (041) 3360-7259

Por fim, em outro dia, você irá realizar o mesmo teste de 4 km após ter consumido 60 minutos antes do teste uma cápsula contendo celulose (placebo) e sem a presença do adversário virtual. Você só saberá que substância ingeriu em cada visita após a conclusão de todos os testes, para manter o controle metodológico do estudo.

Nos testes realizados nas visitas quatro (4), cinco (5), seis (6) e sete (7), uma pequena perfuração será feita no lóbulo da sua orelha por profissionais especializados, após limpeza previa com álcool, para a coleta de 50 microlitros de sangue. Essa coleta será feita antes e após o teste. Antes do teste também será feita uma raspagem de uma pequena área da sua coxa para remoção dos pelos e posterior limpeza com álcool. Esse procedimento é necessário para fixação de dois eletrodos na sua coxa. Os eletrodos são fixados com cola aderente de fácil remoção e de forma indolor (sem dor). Todo material de coleta usado no seu procedimento é descartável e higienizado adequadamente. Nesses testes você também repetirá o procedimento descrito na visita dois (2), que é a realização de três contrações máximas de extensão da perna para mensurar a força dos músculos da coxa, assim como, pequenos estímulos elétricos (choques) que serão aplicados na região da sua virilha, para estimar a força que seu músculo é capaz de produzir a partir de um estímulo elétrico. Esse procedimento será feito antes e após o teste. Durante todo o teste, você também usará uma touca na cabeça, similar a uma touca de natação, mas que não apresenta desconforto significativo. Ao final dos teste incremental e dos testes de 4 km, você poderá sentir pequenos desconfortos como, náuseas, tontura, dificuldade para respirar e cansaço físico.

Você não deverá modificar seus hábitos alimentares nos sete dias anteriores aos testes e deverá evitar o consumo de bebidas alcoólicas e alimentos ou bebidas à base de cafeína (ex. chocolate, pó-de-guaraná, coca-cola, guaraná, café e mate) 24 horas antes de cada teste.

Durante os testes, os pesquisadores poderão realizar fotos e vídeos para fins de divulgação científica (palestras e congressos), mas sua identidade será preservada através da ofuscação de seu rosto nos vídeos e fotos via tecnologia computacional.

c) Para tanto você deverá comparecer no Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM) do Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná, localizado no endereço: Rua Coração de Maria, 92, CEP: 80210-132, Botânico, Curitiba/PR, para o preenchimento dos formulários, questionários, escalas, ingerir as cápsulas, realizar coleta sanguínea, estímulos elétricos (choques) na região da virilha, realizar os testes máximos e de 4 km. Ao todo, serão sete (7) visitas e cada uma terá duração aproximada de 90 minutos.

d) É possível que você experimente algum desconforto relacionado aos estímulos elétricos (choques), como uma pequena queimação na virilha imediatamente após o estímulo, mas que desaparece segundos depois. Você também poderá sentir uma dor leve no lóbulo da orelha após a perfuração com a lanceta para a coleta de sangue, mas que desaparece segundos depois da perfuração. Como você realizará testes de esforço, como o teste incremental máximo (primeira visita) e teste de 4 km de ciclismo (a partir da segunda visita), é possível que você venha a sentir, dificuldade para respirar, cansaço físico, indisposição, enjoo, ânsia de vômito, tontura e falta de ar. Como cápsulas de cafeína serão ingeridas em alguns testes, alguns efeitos colaterais, como por exemplo, nervosismo, irritabilidade, náuseas, diarreia e insônia podem aparecer. Os questionários que serão aplicados (questionário de prontidão a atividade física, questionário de caracterização do participante, questionário de consumo habitual de cafeína, formulário de controle de carga de treino, registro alimentar e questionários de estado de humor), possuem perguntas simples e de fácil resposta sobre algumas informações suas, como idade, prática de exercício, se possui ou não alguma doença e histórico familiar de doenças, e dose seus hábitos, como o que você costuma comer, beber e fontes de cafeína.

O questionário de estado de humor contém perguntas referentes ao seu estado emocional, como medo, raiva, ansiedade e motivação. Caso você se sinta constrangido com qualquer uma das questões, você poderá deixá-la em branco. Os testes poderão ser interrompidos por decisão dos pesquisadores ou caso você se sinta indisposto.

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal _____
Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE _____
Orientador _____

Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa
em Seres Humanos do Setor de Ciências da
Saúde/UFPR.

Parecer CEP/SD-PB, nº 3077-48
na data de 12/12/2018

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde da UFPR | CEP/SD Rua Padre Camargo, 285 | térreo | Alto da Glória | Curitiba/PR | CEP 80060-240 | cometica.saude@ufpr.br - telefone (041) 3360-7259

e) Alguns riscos relacionados ao estudo podem ser: 1) dor e rigidez muscular devido aos testes e estimulação elétrica; 2) mal-estar, tontura e náuseas devido ao teste máximo; 3) Coceira no lóbulo da orelha devido a coleta de sangue; 4) desconforto gastrointestinal, efeitos colaterais como nervosismo, irritabilidade, enjoo, náuseas, diarreia e insônia devido a ingestão de cafeína; 5) algum constrangimento no preenchimento dos questionários. No entanto, estes eventos são raros quando os cuidados com a triagem e sintomas são tomados antes e durante os testes, como será nesse estudo. Para evitar dor e rigidez muscular, você fará todos os testes após aquecimento e familiarização com os procedimentos, o que evita o aparecimento desses sintomas. Caso a dor persista, nós iremos colocar uma toalha sobre a região dolorida e uma bolsa de gelo será adicionada sobre a toalha por 20 minutos. No caso, você irá realizar esse procedimento três vezes ao dia, durante três dias, conforme recomendado na literatura (Leeder et al., 2012). Para evitar mal-estar, tontura e náuseas devido ao teste máximo, você irá continuar pedalando em carga baixo após o teste, o que atenua a possibilidade de surgirem esses sintomas. A possível coceira no lóbulo da sua orelha será evitada porque usaremos material descartável e limpeza com álcool, o que reduz a possibilidade de aparecimento desse sintoma. O desconforto devido ao uso de cafeína é raro, mas caso ocorra é possível ser revertido com hidratação simples. Nós também iremos lhe fazer perguntas simples antes dos testes, como se você sofre de algum tipo de doença gástrica (gastrite ou úlcera) ou se você já tomou grandes doses de cafeína e se sentiu náuseas e/ou diarreia com o uso desse suplemento. Em caso afirmativo, iremos recomendar a sua não participação. Caso você se sinta desconfortável ou constrangido com qualquer pergunta dos questionários, você não precisa responde-las. _

f) Os benefícios esperados com essa pesquisa são, melhor compreensão da utilização da suplementação de cafeína em condições reais de competição e seu efeito sobre o tempo final do teste contrarrelógio e as respostas fisiológicas (consumo de oxigênio, contribuições energéticas, concentração de lactato, fadiga central e periférica), as quais poderão ajudar você e seu treinador na melhor prescrição do treinamento. Os benefícios indiretos podem ser o oferecimento para você dos dados de consumo máximo de oxigênio, limiares metabólicos e composição corporal, que são importantes para avaliação e prescrição do seu treinamento. Você terá total acesso aos seus dados após o término de sua participação.

g) Os pesquisadores Adriano Eduardo Lima da Silva, Fabiano Tomazini, Ana Carla Santos Mariano, Gislaine Cristina de Souza e Astrid Pfeiffer responsáveis por este estudo poderão ser localizados no Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM), no endereço: rua Coração de Maria, 92, Botânico, Curitiba/PR, CEP: 80210-132, nos telefones: (41) 3360-4322 / 98503-5980 / 99607-1664 / 99646-2450 / 99145-4389 / 99858-5599, e-mails: aesilva@utfpr.edu.br / ftomazini@outlook.com / carlamariano@live.com / gicsouzaufpr@gmail.com / dra.astridpfeiffer@gmail.com, de segunda à sexta-feira, no horário 08:30 às 17:30 h, para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.

h) A sua participação neste estudo é voluntária e se você 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, sem qualquer prejuízo.

i) As informações relacionadas ao estudo só poderão ser conhecidas por pessoas autorizadas. Os pesquisadores responsáveis por este estudo (Adriano Eduardo Lima da Silva, Fabiano Tomazini, Ana Carla Santos Mariano, Gislaine Cristina de Souza e Astrid Pfeiffer). 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.

j) O material obtido – amostras biológicas (sangue), questionários, escalas, imagens e vídeos – será utilizado unicamente para essa pesquisa e será destruído/descartado em lixo adequado (biológico e comum) ao término do estudo, dentro de no máximo três (3) anos.

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal _____
 Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE _____
 Orientador _____

Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa
 em Seres Humanos do Setor de Ciências da
 Saúde/UFPR.
 Parecer CEP/SD-PB nº 2077-048
 na data de 12/12/2018. gyl

k) As despesas necessárias para a realização da pesquisa como, equipamentos e materiais de coleta, não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela sua participação. A sua despesa com o deslocamento até o local da avaliação será de responsabilidade do pesquisador. O ressarcimento será de, no máximo, duas passagens de ônibus por visita ao laboratório, no valor de R\$ 4,25 cada passagem.

l) Você terá garantia que os problemas como dor e rigidez muscular, mal-estar, tontura, náuseas, coceira no lóbulo da orelha, desconforto gastrointestinal, efeitos colaterais como nervosismo, irritabilidade, enjoo, náuseas e diarreia serão tratados com procedimentos de primeiros socorros pelo pesquisador responsável da pesquisa ou seus colaboradores. Caso os problemas persistam, o pesquisador acionará imediatamente o atendimento de emergência conveniado com o Departamento de Educação Física, serviços da Plus Santé Emergências Médicas, que atendem todo tipo de emergência na Universidade Federal do Paraná, ou até mesmo o SAMU pelo telefone 192, ou Resgate pelo telefone 193. Você será transportado para o hospital determinado pela equipe do SAMU/Resgate. Estou ciente de que serei atendido pelo SAMU ou Corpo de Bombeiros em algum hospital público como qualquer outro cidadão brasileiro em caso de urgência.

m) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.

n) Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo telefone 3360-7259. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

o) Autorizo (), não autorizo (), o uso de minha imagem, fotos e vídeos para fins da pesquisa, sendo seu uso restrito a fins de divulgação científica como, palestras, simpósios e congressos, bem como sua forma de descarte de nossos banco de dados em no máximo três (3) anos.

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 e sem qualquer prejuízo para mim e sem que esta decisão afete meu atendimento. Eu entendi o que não fazer durante a pesquisa, como: 1) não realizar exercício físico 24 h antes dos testes; 2) não mudar minha rotina de treinos e alimentação na semana que anteceder os testes; 3) não consumir bebida alcoólica, qualquer tipo de suplemento alimentar, alimentos e bebidas que contenham cafeína: café, chá, refrigerantes a base de cola e guaraná, chocolates, bebidas energéticas e/ou medicamentos que contenham cafeína nas 24 h que antecedem os testes. Fui informado que serei atendido sem qualquer tipo de custos para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Curitiba, ____ de _____ de _____

Assinatura do Participante de Pesquisa e/ou Responsável Legal

Assinatura de quem aplicou o TCLE – Ddo. Fabiano Tomazini

Assinatura do Pesquisador Responsável – Prof. Dr. Adriano E. Lima da Silva

Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde/UFRP.
Parecer CEP/SD-PB nº 3077048
na data de 12/12/2012

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO VOLUNTÁRIO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO VOLUNTÁRIO

Dados pessoais

Nome:			
Data de nascimento: / /		Idade: anos	
Endereço:			Nº
Bairro:	Cidade:	CEP:	
Tel. cel.:		Tel. res./com.:	
E-mail.:			

Informações relacionadas à prática de exercício físico

- 1) Você treina a quanto tempo? _____ anos _____ meses
- 2) Quantas vezes por semana você treina? _____ dias.
- 3) Quanto tempo dura esses treinos em média? _____ min.
- 4) Qual o seu volume semanal de treino em média? _____ km.
- 5) Você participa de competições com qual frequência?
_____ por mês _____ por ano.
- 6) Quais exercícios você pratica além do ciclismo?
() Musculação () Corrida () Natação () Futebol
() Outro (s). Quais? _____
- 7) Como você avalia seu condicionamento físico atual:
() excelente () ótimo () muito bom () bom () regular () ruim
- 8) Você faz uso de algum suplemento alimentar ou substância ergogênica?

() sim () não. Caso afirmativo, qual, por quanto tempo e qual frequência de uso?

Informações relacionadas ao histórico de saúde

9) Você sofreu alguma lesão musculoesquelética nos últimos 6 meses?

() sim () não . Caso afirmativo, qual: _____

10) Você está fazendo ou fez uso de algum tipo de medicamento?

() sim () não. Caso afirmativo, qual e por quanto tempo: _____

11) Você tem alguma doença estomacal como gastrite e/ou úlcera?

() Sim () Não

Caso afirmativo, qual? _____ A quanto tempo? _____

12) Você teve gripe ou resfriado na última semana? () Sim () Não

13) Você tem algumas das doenças listadas abaixo?

() Diabetes () Hipertensão () Colesterol elevado () Asma

() Bronquite () Doença cardíaca () Desmaios frequentes

() Outra. Qual? _____ A quanto tempo? _____

14) Alguma observação a fazer de algo que não foi listado acima:

APÊNDICE C – REGISTRO ALIMENTAR

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

REGISTRO ALIMENTAR DE 24 H

Nome:		Data: ____/____/____			
Refeição	Horário	Alimento/Preparo	Quantidade	Líquido	Quantidade
EXEMPLO	7:00 h	Pão francês Queijo coalho	1 unidades 2 fatias	Leite	1 copo de 300 ml
Café da manhã					
Lanche da manhã					
Almoço					
Lanche da tarde					
Jantar					
Lanche da noite					
OBS.:					

APÊNDICE D - FORMULÁRIO DE ORIENTAÇÕES AO VOLUNTÁRIO DE PESQUISA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

FORMULÁRIO DE ORIENTAÇÕES AO VOLUNTÁRIO DE PESQUISA

1. Seguir rigorosamente a dieta descrita no registro alimentar de 24 h um dia antes dos testes;
2. Não realizar exercício físico nas 24 h que antecedem os testes;
3. Não consumir bebida alcóolica, qualquer tipo de suplemento alimentar e/ou medicamentos que contenham cafeína nas 24 h que antecedem os testes;
4. Não consumir alimentos e bebidas que contenham cafeína: café, chá, refrigerantes a base de cola e guaraná, chocolates, bebidas energéticas etc., nas 24 h que antecedem os testes;
5. Você deverá padronizar a quantidade de horas (exemplo: 8 h) na noite que antecedem os testes;
6. Manter a rotina de treinos e hábitos alimentares normalmente;
7. Qualquer problema entrar em contato.

Obs.: Qualquer dúvida entrar em contato com Fabiano,
Tel.: (41) 99607-1664 E-mail/Skype: ftomazini@outlook.com

ANEXOS

ANEXO A - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE RISCO AO EXERCÍCIO (PAR-Q)

Questionário sobre Prontidão
para a Atividade Física (PAR-Q)
(revisado em 2002)

PAR-Q e Você

(Um questionário para pessoas com idade entre 15 e 69 anos)

A atividade física regular é divertida e saudável e cada vez mais pessoas estão começando a se tornar mais ativas todos os dias. Ser mais ativo é muito seguro para a maioria das pessoas. Entretanto, algumas pessoas devem se consultar com seus médicos antes de começar a ser mais fisicamente ativas.

Se planeja tornar-se muito mais ativo do que atualmente, comece respondendo às sete perguntas a seguir. Se sua idade estiver entre 15 e 69 anos, o PAR-Q dirá se você deve consultar um médico antes de começar. Se tiver mais de 69 anos de idade e não está acostumado a ser muito ativo, consulte seu médico.

O bom senso é o seu melhor guia para responder a essas perguntas. Por favor, leia cada pergunta cuidadosamente e responda com honestidade: marque SIM ou NÃO.

SIM	NÃO	
☐	☐	1. Seu médico alguma vez já disse que você tem uma doença cardíaca e que você deveria fazer apenas as atividades físicas recomendadas por ele?
☐	☐	2. Você sente dor no peito quando realiza uma atividade física?
☐	☐	3. No último mês você sentiu dor no peito quando não estava fazendo atividade física?
☐	☐	4. Você perde seu equilíbrio por causa de tonturas ou você já perdeu a consciência alguma vez?
☐	☐	5. Você tem algum problema ósseo ou de articulação (p. ex., nas costas, no joelho ou no quadril) que poderia piorar por uma alteração na sua atividade física?
☐	☐	6. Seu médico atualmente está receitando remédios (p. ex., diuréticos) para a sua pressão arterial ou doença cardíaca?
☐	☐	7. Você sabe de qualquer outro motivo por que você não deveria fazer atividade física?

Se
você
respondeu

SIM a uma ou mais perguntas

Fale com seu médico por telefone ou pessoalmente ANTES de começar a se tornar muito mais ativo fisicamente ou ANTES de passar por uma avaliação de aptidão. Fale com seu médico sobre o PAR-Q e sobre as questões em que você marcou SIM.

- Você pode ser capaz de fazer qualquer atividade que deseje – desde que comece lentamente e aumente gradualmente. Ou você pode precisar restringir suas atividades apenas para aquelas que são seguras. Fale com seu médico sobre os tipos de atividades de que deve participar e siga seus conselhos.
- Descubra quais programas comunitários são seguros e podem ajudar você.

NÃO a todas as questões

Se você respondeu honestamente NÃO a todas as perguntas do PAR-Q, você pode ter certeza suficiente de que pode:

- Começar a ser muito mais fisicamente ativo – comece devagar e aumente gradualmente. Isso é o caminho mais seguro e fácil de seguir.
- Participe de uma avaliação de aptidão – isso é um modo excelente de determinar sua aptidão física e você pode planejar a melhor maneira de viver ativamente. Também é altamente recomendável que você se faça por uma avaliação da sua pressão arterial. Se a sua estiver acima de 145, fale com seu médico antes de começar a ser muito mais ativo fisicamente.

Das informações do PAR-Q: a Sociedade Canadense de Fisiologia do Exercício, a Sociedade da Canadá e seus agentes não assumem responsabilidade por aqueles que negligenciam a atividade física e, se estiver em dúvida após completar este questionário, consulte seu médico sobre a atividade física.

Não são permitidas modificações. Você é encorajada a fotocopiar o PAR-Q, mas apenas se utilizar o formulário completo.

Observação: se o PAR-Q estiver sendo dado a uma pessoa antes de sua participação em um programa de atividade física ou uma avaliação de aptidão, esse trecho pode ser utilizado para propósitos legais ou administrativos.

"Eu li, entendi e completei este questionário. Qualquer pergunta que tinha foi respondida até meu esclarecimento."

NOME _____

ASSINATURA _____

DATA _____

ASSINATURA DO TIO
(O RESPONSÁVEL) para participantes menores de idade

TESTEMUNHA _____

Observação: esta avaliação de atividade física é válida por um período máximo de 12 meses a partir da data em que foi completada e se torna inválida se sua condição se alterar a ponto de responder SIM a qualquer uma das sete perguntas.



© Canadian Society for Exercise Physiology

Reimpresso por



Health Canada

Santé Canada

continua no verso...

« Figura 2.1 Formulário do Questionário sobre Prontidão para a Atividade Física (PAR-Q). Reimpresso de Canada's Physical Activity Guide to Healthy Active Living, com permissão da Canadian Society for Exercise Physiology, <http://www.csep.ca>, ©2002.

ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITO ISOLADO E COMBINADO DA INGESTÃO AGUDA DE CAFEÍNA E ADVERSÁRIO VIRTUAL SOBRE O DESEMPENHO EM UMA PROVA DE 4 KM DE CICLISMO

Pesquisador: Adriano Eduardo Lima da Silva

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 98205218.2.0000.0102

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Educação Física

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.077.048

Apresentação do Projeto:

Projeto de pesquisa, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, sob a orientação do Prof Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva, e colaboração do doutorando Fabiano Tomazini, e das doutorandas Ana Carla Santos Mariano e Gislaíne Cristina de Souza. A pesquisa será realizada no Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM), Departamento de Educação Física, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Campus Jardim Botânico no período 10 de janeiro a 28 de junho de 2019.

Objetivo da Pesquisa:

1.1 Objetivo geral:

Verificar se o efeito combinado da ingestão aguda de cafeína e adversário virtual sobre o desempenho durante um teste contrarrelógio de 4 km de ciclismo.

1.2 Objetivos específicos:

- 1) Comparar os efeitos isolado e combinado da ingestão aguda de cafeína e adversário virtual na motivação (FAS) reportada a cada 1 km de prova;
- 2) Comparar os efeitos isolado e combinado da ingestão aguda de cafeína e adversário virtual na dinâmica de alteração da eletromiografia do músculo vasto lateral durante a prova;
- 3) Comparar os efeitos isolado e combinado da ingestão aguda de cafeína e adversário virtual na

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

UF: PR

Município: CURITIBA

CEP: 80.060-240

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



Continuação do Parecer: 3.077.048

estratégia de prova e distribuição da potência mecânica anaeróbia e aeróbia ao longo da prova,

4) Comparar os efeitos isolado e combinado da ingestão aguda de cafeína e adversário virtual sobre o desenvolvimento de fadiga central e periférica.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Ao ingerir a cápsula de cafeína o sujeito poderá sentir um pequeno desconforto gastrointestinal, e efeitos colaterais, como por exemplo: nervosismo, irritabilidade, náuseas, diarreia e insônia (dificuldades para dormir), este último se consumida no período da tarde (final do período) ou noite (JACOBSON e KULLING, 1989); esses sintomas terão duração máxima em torno de seis horas. Porém, esses sintomas ocorrem em poucas pessoas, por exemplo, em 100 testes que já fizemos em estudos anteriores em nosso laboratório, menos de 1% das pessoas, apresentaram esses sintomas de forma leve.

E por ser tratar de testes realizados em alta intensidade, o participante poderá sentir pequenos desconfortos como, náuseas, tontura, dificuldade para respirar e cansaço físico.

Em relação aos benefícios, os resultados da avaliação da ingestão do suplemento (cafeína x placebo) nos parâmetros de tempo final do teste contrarrelógio, consumo de oxigênio, consumo máximo de oxigênio, potência, potência de pico, motivação, percepção subjetiva de esforço, contribuições energéticas, estado de humor, concentração de lactato, fadiga central e periférica ajudarão o atleta e seu treinador na melhor avaliação e prescrição do treinamento.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Serão recrutados 20 participantes (homens), entre 18 e 35 anos, atletas de ciclismo treinados (consumo máximo de oxigênio acima de 55 ml.kg⁻¹.min⁻¹) que treinem regularmente e participem de competições. Os participantes serão convidados/recrutados a partir da divulgação on-line de folders e cartazes em redes sociais (Facebook e Instagram), grupos de WhatsApp, e de forma presencial em locais específicos de treinos e competições.

Os participantes serão informados de todos os procedimentos e possíveis riscos e benefícios da pesquisa antes do início dos testes. Para participar do estudo, todos os participantes deverão atestar estar em boas condições de saúde (sem doenças crônicas, não estar se recuperando de lesões musculares e não apresentar fatores de risco associados ao exercício físico), deverão ler e

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

UF: PR

Telefone: (41)3360-7259

Município: CURITIBA

CEP: 80.060-240

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



Continuação do Parecer: 3.077.048

assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Cada participante deverá comparecer sete vezes ao laboratório até o término do estudo. Na primeira visita, os participantes irão realizar procedimentos de caracterização da amostra, que consistirão primeiramente na aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o questionário de avaliação de risco ao exercício (PAR-Q) e a avaliação antropométrica. Em seguida, será realizado o teste incremental para determinar o nível de aptidão aeróbia dos participantes. A partir da primeira visita será padronizada a altura do selim da bicicleta e o horário dos testes, este último, sendo para evitar alterações devido ao ritmo circadiano.

Quarenta e oito horas após o teste incremental, será realizada uma visita de familiarização (segunda visita) com a contração voluntária máxima isométrica, eletromiografia, estimulação elétrica, o uso das escalas de disposição (FAS) (SVEBACK e Murgatroyd, 1985), percepção subjetiva de esforço (BORG, 1982), escala de BRUMS (ROHLFS, 2006) NASA-TLX (HART e STAVELAND, 1988) e o TCR de 4 km com e sem adversário. Na terceira visita, será realizado os mesmos procedimentos da segunda visita, porém o TCR servirá de controle para os testes experimentais. Essas duas visitas serão realizadas com um intervalo de 72 h para recuperação.

Nas visitas quatro a sete, os participantes realizarão os testes experimentais. Todas as quatro visitas experimentais serão randomizadas, e os participantes farão a ingestão de uma cápsula gelatinosa (CAF ou PLA) 60 minutos antes do teste. Nas condições ADV+CAF e ADV+PLA, os participantes farão os testes competindo contra seu TCR controle. Para isso, será projetado um avatar ADV em uma tela de televisor. Um segundo avatar representará o participante em tempo real.

Um período de sete dias entre os quatro testes experimentais será adotado para wash-out. Será realizado um randomizado e controlado por placebo, com a suplementação de cafeína em formato duplo-cego (figura 1). O desempenho nas condições experimentais não será revelado aos participantes até que todos os testes sejam concluídos.

Esse teste será realizado em uma bicicleta do tipo estrada (Giant, Aluxx 6061, Taichung, Taiwan) acoplada a um ciclossimulador de treino de ciclismo de resistência magnética (CompuTrainer Pro, RacerMate, Seattle, WA, USA). Depois de realizar um aquecimento de 5 minutos com uma cadência

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

CEP: 80.060-240

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

**UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -**



Continuação do Parecer: 3.077.048

de 80 rpm a 100 W, a carga será aumentada em 30 W a cada minuto até a exaustão. Esse teste será realizado para determinar o consumo máximo de oxigênio e a potência de pico.

A frequência cardíaca também será mensurada por meio de um aparelho transmissor de frequência cardíaca (Polar modelo T 31/34, Kempele, Finlândia). No final de cada estágio, a percepção subjetiva de esforço será mensurada através da escala de percepção subjetiva de esforço. O consumo máximo de oxigênio será considerado como a média dos últimos 30 segundos antes do final do teste.

Os participantes também serão orientados a repetirem nas 24 h antes de cada teste as refeições contidas no registro alimentar, assim como, evitar o consumo de bebidas alcoólicas, suplementos alimentares, medicamentos e alimentos ou bebidas à base de cafeína (ex. chocolate, guaraná em pó, coca-cola, guaraná, café, mate e etc.). Os participantes não deverão realizar exercício físico nas 24 h antes dos testes. Essas informações serão reforçadas com a entrega do formulário de orientações ao participante de pesquisa.

Antes de iniciar os testes experimentais, será fixado um eletrodo no vasto lateral para avaliação neuromuscular (contração voluntária máxima + estimulação elétrica) e monitoramento da EMG. Em seguida, será ofertada uma cápsula contendo placebo ou cafeína. Após 50 minutos, os participantes farão um aquecimento de 5 minutos, com uma cadência de 70 rpm a 50% potência de pico com uma relação de marcha de 52 x 17, seguido de um intervalo de 3 minutos e em seguida iniciado o TCR. Será solicitado aos participantes que realizem o TCR no menor tempo possível. Também, será informado ao participante que ele irá competir contra um ciclista que estará em uma sala ao lado, quando na verdade estará competindo contra seu tempo de controle, assim como, será feito um ranking com os melhores tempos de prova dos

participantes e que será sorteado um prêmio ao melhor atleta. Isso ajudará os participantes a darem o seu melhor em cada teste. Durante o teste será monitorado continuamente a potência, consumo de oxigênio, atividade eletromiográfica e eletroencefalografia, bem como a motivação e a percepção subjetiva de esforço a cada quilômetro percorrido. Amostras de sangue (50 µL) serão coletadas antes e após o TCR para posterior dosagem da concentração de lactato sanguíneo.

Ao chegar ao laboratório para primeira visita, o participante será orientado a preencher alguns questionários, além do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. São eles: 1) Termo de

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

CEP: 80.060-240

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

**UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -**



Continuação do Parecer: 3.077.048

Consentimento Livre e Esclarecido, 2) questionário de avaliação de risco ao exercício, 3) questionário de caracterização da amostra, 4) questionário de consumo habitual de cafeína (LANDRUM, 1992) realizado em forma de entrevista, 5) será entregue o registro alimentar de 24 horas para preenchimento a posteriori e entregue ao pesquisador e uma cópia ao participante, para que o mesmo possa replica-lo no dia anterior as visitas experimentais, 6) formulário de controle de carga de treino, para ser preenchido diariamente após as sessões de treino com informações sobre volume (kms), tempo de duração e a percepção subjetiva de esforço adaptada por Carl Foster (FOSTER et al., 2001) para controle da carga de treino de cada sessão e semanal.

As seguintes medidas antropométricas serão realizadas: peso, estatura e dobras cutâneas (peito, abdômen e coxa proximal) para cálculo de densidade corporal (JACKSON e POLLOCK, 1978), posteriormente será convertido para percentual (%) de gordura corporal através da equação de SIRI (1961).

As cápsulas de placebo serão compostas por celulose micro-cristalina e as cápsulas de cafeína serão compostas por uma dosagem de 5 mg.kg⁻¹ de cafeína anidra pura. Todas as cápsulas terão a mesma coloração, formato e tamanho para evitar a identificação por parte dos participantes avaliados.

Para análise do estado de humor dos participantes pré e pós TCR, será utilizada a escala de humor de Brunel (BRUMS) (ANEXO F). O BRUMS contém 24 indicadores de humor, tais como sensações de raiva, nervosismo, disposição e insatisfação. Com base na pergunta: "Como você se sente agora", o participante deverá responder como se sente em relação à tais indicadores de humor, de acordo com a escala de cinco pontos (0 = nada e 4 = extremamente) (ROHLFS, 2006).

Uma célula de carga (EMG System, São José dos Campos, Brasil) será utilizada para a mensuração da contração voluntária máxima de extensão de joelho da perna direita. Inicialmente, para o monitoramento da atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral durante as contrações voluntárias máximas e TCR e fixação dos eletrodos de adesivos de superfície (Ambu Neuroline 715, Ballerup, Dinamarca), será realizado como primeiro passo, a localização do ventre do vasto lateral, em seguida será realizado a limpeza do local com álcool 70%, a raspagem com gilete descartável e limpeza novamente. Em seguida será fixado eletrodos adesivos de superfície e conectados através de cabos até o eletromiógrafo (Neuro-MEP-Micro, Neurosoft, Ivanovo, Russia)

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

UF: PR

Município: CURITIBA

CEP: 80.060-240

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



Continuação do Parecer: 3.077.048

para monitoramento da eletromiografia.

Primeiramente, será realizado a limpeza do local com álcool 70%, a raspagem com gilete descartável e limpeza novamente, em seguida será realizada a fixação dos eletrodos adesivos de superfície (Ambu Neuroline 715, Ballerup, Dinamarca), na prega glútea e no triângulo femoral – região inguinal. A estimulação elétrica será realizada com estimulação de pulso duplo (Qtw100) (frequência de 100 Hz e duração de 1 ms) e será aplicado sobre o platô da força isométrica (estímulo superimposto) e aplicado novamente imediatamente após o término da contração voluntária máxima, seguida de mais duas estimulações duplas (frequência de 100 Hz (Qtw100), 10 Hz (Qtw10) e 1 Hz (Qtwpot) com intervalo inter-estímulos de 10 e 100 ms, respectivamente e duração de 1 ms), separadas por dois segundos cada.

Os estímulos elétricos serão aplicados de forma transcutânea usando um estimulador de corrente constante (Neuro-IOM®, Neurosoft, Ivanovo, Rússia), software Neuro-IOM.NET®, versão 1.1.51.6, Neurosoft, Ivanovo, Rússia. O nervo femoral (localizado no triângulo femoral) será estimulado utilizando-se dos eletrodos adesivo de superfície. O ponto de estimulação será marcado na pele para que possa ser utilizado novamente para as outras estimulações durante todo o protocolo. O eletrodo ânodo sempre será fixado na prega glútea oposta ao cátodo.

A intensidade do estímulo será determinada durante a primeira sessão de familiarização e conferida antes de cada sessão experimental. A estimulação elétrica (frequência de 1Hz e duração de 1ms) será iniciada com intensidade de 10 mA, sendo incrementados 5 mA a cada 30 segundos, até alcançar a intensidade ótima de estimulação. A intensidade ótima de estimulação será considerada alcançada quando um aumento na intensidade de estímulo não induzir aumento da amplitude de força produzida pelo músculo ou aumento de amplitude nos valores pico-a-pico da onda M. Essa intensidade será aumentada em 20% para garantir que o estímulo seja máximo.

A eletroencefalografia (EEG) é um método de monitoramento da atividade elétrica do cérebro através do registro de flutuações da corrente iônica neuronal do cérebro. É utilizado um método não-invasivo com uma touca com vários eletrodos.

Esse monitoramento será realizado durante o teste contrarrelógio das visitas experimentais.

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo
Bairro: Alto da Glória
UF: PR **Município:** CURITIBA
Telefone: (41)3360-7259

CEP: 80.060-240

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



Continuação do Parecer: 3.077.048

O sangue arterializado será coletado (50 µl) no lóbulo da orelha em capilares descartáveis (75 mm, sódio-heparinizado) e transferido para microtubos tipo eppendorf de 1,5 ml com 10 µl de anticoagulante (ácido etilenodiamenotetracético - EDTA). A amostra será centrifugada a 4.000 rpm a 4° C por 10 minutos. Posteriormente, as concentrações de lactato no plasma serão determinadas usando kit específico (Labtest, Lagoa Santa, MG, Brasil). A leitura da absorbância será realizada em espectrofotômetro (Coleman, UV-VIS, 395 D, Santo André, SP, Brasil) com um comprimento de onda de 550 nm.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequados.

Recomendações:

Nenhuma recomendação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as solicitações do relator referentes ao Projeto de Pesquisa, TCLE e inclusão do nutricionista foram acatadas e as correções realizadas pelos pesquisadores.

- É obrigatório retirar na secretaria do CEP/SD uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido com carimbo onde constará data de aprovação por este CEP/SD, sendo este modelo reproduzido para aplicar junto ao participante da pesquisa.

*Em caso de projetos com Coparticipantes que possuam Comitês de Ética, seu TCLE somente será liberado após aprovação destas instituições.

O TCLE deverá conter duas vias, uma ficará com o pesquisador e uma cópia ficará com o participante da pesquisa (Carta Circular nº. 003/2011 CONEP/CNS).

Favor agendar a retirada do TCLE pelo telefone 41-3360-7259 ou por e-mail cometica.saude@ufpr.br, necessário informar o CAAE.

Considerações Finais a critério do CEP:

Solicitamos que sejam apresentados a este CEP, relatórios semestrais e final, sobre o andamento da pesquisa, bem como informações relativas às modificações do protocolo, cancelamento, encerramento e destino dos conhecimentos obtidos, através da Plataforma Brasil - no modo: NOTIFICAÇÃO. Demais alterações e prorrogação de prazo devem ser enviadas no modo EMENDA. Lembrando que o cronograma de execução da pesquisa deve ser atualizado no sistema Plataforma

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

UF: PR

Município: CURITIBA

CEP: 80.060-240

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

**UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -**



Continuação do Parecer: 3.077.048

Brasil antes de enviar solicitação de prorrogação de prazo.

Emenda – ver modelo de carta em nossa página: www.cometica.ufpr.br (obrigatório envio)

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Recurso do Parecer	recurso.pdf	08/11/2018 11:07:46		Aceito
Recurso do Parecer	recurso.pdf	01/11/2018 14:45:36		Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	CARTA_RESPOSTA_SOBRE_AS_PEN DENCIAS.pdf	01/11/2018 14:44:16	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Termo_de_confidencialidade_modificad o.pdf	01/11/2018 14:43:12	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Termo de compromisso para inicio da pesquisa_modificado.pdf	01/11/2018 14:41:38	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Declaracao_de_uso_especifico_modifica do.pdf	01/11/2018 14:39:57	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_de_responsabilidade_modifi cado.pdf	01/11/2018 14:38:00	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Check_list_modificado.pdf	01/11/2018 14:35:28	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP_Fabiano_PPGEDF_corrige do.docx	01/11/2018 14:34:26	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_UFPR_corrigido.docx	01/11/2018 14:31:55	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1218544.pdf	12/09/2018 11:37:40		Aceito
Outros	Termo_de_concordancia_de_servicos_e nvolvidos.pdf	12/09/2018 11:35:31	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	12/09/2018 11:34:16	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Check_list.pdf	12/09/2018 11:33:19	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_projeto_plataforma_Bra sil.pdf	11/09/2018 16:45:13	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Declaracao_de_tornar_publico_os_resul tados.pdf	11/09/2018 16:24:05	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Funcao_no_projeto.pdf	11/09/2018	Adriano Eduardo	Aceito

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

CEP: 80.060-240

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

**UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -**



Continuação do Parecer: 3.077.048

Outros	Funcao_no_projeto.pdf	15:18:59	Lima da Silva	Aceito
Outros	Dclaracao_de_uso_especifico.pdf	11/09/2018 15:12:33	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Termo_de_guarda_de_material_biologic o.pdf	11/09/2018 15:11:44	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Termo_de_confidencialidade.pdf	11/09/2018 15:10:54	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Termo_de_compromisso_para_inicio_da pesquisa.pdf	11/09/2018 15:10:11	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Extrato_da_ATA_182_Homologacao_pr ojetos_qualificacao.pdf	11/09/2018 15:08:21	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Analise_de_merito.pdf	11/09/2018 15:06:53	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Outros	Oficio_do_pesquisador_encaminhando_ o_projeto_ao_CEPED.pdf	11/09/2018 15:05:55	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP_Fabiano_PPGEDF.docx	11/09/2018 14:24:24	Adriano Eduardo Lima da Silva	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CURITIBA, 12 de Dezembro de 2018

**Assinado por:
IDA CRISTINA GUBERT
(Coordenador(a))**

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

CEP: 80.060-240

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

ANEXO C – QUESTIONÁRIO DE CONSUMO DE CAFEÍNA

QUESTIONÁRIO DE CONSUMO DE CAFEÍNA

Por favor, preencha o questionário abaixo a respeito de seu uso frequente de cafeína. Indique o número de vezes que você consome os seguintes produtos durante uma semana. Forneça um valor aproximado de acordo com cada grupo de alimentos/bebidas/produtos.

Qual o seu consumo HABITUAL dos alimentos/substâncias citadas abaixo:

ALIMENTO/SUBSTÂNCIA	Quantidade	Número de vezes por dia	Número de vezes por semana	Obs.:
CAFÉ • Em pó • Orgânico • Expresso • Instantâneo • Descafeinado • Extra-forte • Cappuccino				
CHÁ • Chá verde • Chá preto • Chá Mate • _____ • _____				
CHOCOLATE • Chocolate Amargo • Chocolate ao Leite • Chocolate puro				

REFRIGERANTES • Coca Cola • Coca Cola Zero • Guaraná Antarctica • Guaraná Zero • Pepsi Cola • Diet Pepsi				
MEDICAMENTOS • Excedrin • Torsilax • Sedalgina • Neosaldina • Tandrilax • Benegrip • Coristina D • Engov • Tylenol				
BEBIDAS ENERGÉTICAS • Redbull • Burn • Flying Horse • Monster Energy Drink • TNT • Flash Power				

GRAND TOTAL = _____

Você se lembra de alguma coisa que você consome e que possa ter cafeína e não foi mencionado? Caso afirmativo, qual? _____

ANEXO D - ESCALA DE PERSEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE)**Escala de Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)**

- 6**
- 7 MUITO FÁCIL**
- 8**
- 9 FÁCIL**
- 10**
- 11 RELATIVAMENTE FÁCIL**
- 12**
- 13 LIGEIRAMENTE CANSATIVO**
- 14**
- 15 CANSATIVO**
- 16**
- 17 MUITO CANSATIVO**
- 18**
- 19 EXAUSTIVO**
- 20**

BORG. MSSE, v. 14, p. 377-381, 1982.

ANEXO E – CERTIFICADO DE ANÁLISE – CAFEÍNA


Purifarma

CERTIFICADO DE ANÁLISE

INFORMAÇÕES DO PRODUTO

Produto.: CAFEINA ANIDRA	Código.: 011600.001000
Origem.: CHINA	Procedência.: CHINA
Lote Interno.: PURI005659	Lote do Fabricante.: CA201605054
Fabricação : 22/05/2016	Validade : 30/04/2020
Peso Molecular : 194,19	Formula Molecular : C ₈ H ₁₀ N ₄ O ₂
DCB : 01642	CAS : 58-08-2
Categoria Terapeutica : ESTIMULANTE SNC	Parte Utilizada : Não Aplicável
Nome Científico : Não Aplicável	Família : Não Aplicável
Ordem de Produção : 00565901001	Data de Análise : 07/12/2018
Data de Emissão : 08/03/2019	Nota Fiscal : 000180313

Análises

Ensaio	Especificação	Resultado
IDENTIFICAÇÃO - IR	CUMPRE TESTE	DE ACORDO
APARENCIA DA SOLUÇÃO	SOLUÇÃO E LÍMPIDA E INCOLOR	DE ACORDO
EFZ	MAXIMO 0,2ML DE HIDROXIDO DE SODIO 6,1M	DE ACORDO
SULFATOS	MAXIMO 500 PPM	< 500 PPM
ASPECTO FISICO	PO CRISTALINO BRANCO	DE ACORDO
SOLVENTE RESIDUAL - CLOROFORMIO	MAXIMO 50 PPM	< 50 PPM
MEVENS RESÍDUOS	MAXIMO 10 PPM	< 10 PPM
FAIXA DE FUSÃO	235°C A 238°C	235,5°C A 237,1°C
SUBSTÂNCIAS FACILMENTE CARBONIZÁVEIS	NÃO MARE INTENSAMENTE COLORIDO QUE MATCHING FLUID O	DE ACORDO
OUTROS ALCALÓIDES	NENHUM PRECIPITADO E FORMADO	DE ACORDO
DENSIDADE APARENTE	INFORMATIVO	0,4805 G/ML
IDENTIFICAÇÃO - HPLC	O TEMPO DE RETENÇÃO DO PICO PRINCIPAL NO CROMATOGRAMA OBTIDO COM A SOLUÇÃO TESTE	
CORRESPONDE AO OBTIDO COM A SOLUÇÃO PADRÃO, NO TESTE DE TEOR.		
IMPUREZAS ORGÂNICAS	MAXIMO 0,1%	0,022%
TOTAL DE IMPUREZAS	MAXIMO 0,1%	0,039%
DOSEAMENTO	99,50% A 101,00% (B.A.)	100,58%
IDENTIFICAÇÃO - PERDA POR SECAGEM	Max. 0,50	0,27
UMA POR SECAGEM (%)	Max. 0,50	0,07
CINZAS SULFATADAS (%)	Max. 0,10	0,03

REFERÊNCIAS / OBSERVAÇÕES

OBS. 1: RESULTADOS DE ACORDO COM ANÁLISES REALIZADOS NO LABORATORIO DE CONTROLE DE QUALIDADE GEMINI

Gemini Industria de Insumos Farmacêuticos Ltda

Matriz - Goiás
Via Primária 4D, Qd 08A, Módulo I e II, D.A.I.A
Anápolis / GO / Brasil - CEP 75132-105

Filial - São Bernardo do Campo
Rua Faustino Negri, 285 Galpao 05 - Cooperativa
SBC / SP / BRASIL - CEP 09851-720

www.purifarma.com.br

Filial - São Paulo
Rua Coronel Cabrita, 137 - Jd da Glória
São Paulo / SP / Brasil - CEP 01545-030



CERTIFICADO DE ANÁLISE

INFORMAÇÕES DO PRODUTO

Produto...: CAFEINA ANIDRA	Código...: 011600.001000
Origem...: CHINA	Procedência...: CHINA
Lote Interno...: PURI005659	Lote do Fabricante...: CA201605054
Fabricação : 22/05/2016	Validade : 30/04/2020
Peso Molecular : 194,19	Formula Molecular : C ₈ H ₁₀ N ₄ O ₂
DCB : 01642	CAS : 58-08-2
Categoria Terapeutica : ESTIMULANTE SNC	Parte Utilizada : Não Aplicável
Nome Científico : Não Aplicável	Familia : Não Aplicável
Ordem de Produção : 00565901001	Data de Análise : 07/12/2018
Data de Emissão : 08/03/2019	Nota Fiscal : 000180313

REFERÊNCIAS / OBSERVAÇÕES

(USP 41/ DESENVOLVIMENTO LOCAL).

OBS. 2: SOLUBILIDADE:

LIVREMENTE SOLUVEL EM CLOROFORMIO = DE ACORDO.

FACILMENTE SOLUVEL EM AGUA = DE ACORDO.

FACILMENTE SOLUVEL EM ETANOL COM AGITACAO E AQUECIMENTO = DE ACORDO.

POUCO SOLUVEL EM ETER COM AGITACAO = DE ACORDO.

OBS. 3: SUBSTANCIAS RELATADAS (MAXIMO 0,1%) = < 0,1%.

OBS. 4: IDENTIFICACAO HPLC, SUBSTANCIAS RELATADAS TRANSCRITOS DO LAUDO DE ANALISES DO FABRICANTE (USP 38/ BP 2015).

OBS. 5: FAIXA DE FUSAO, METAIS PESADOS, ACIDEZ, APARENCIA DA SOLUCAO, SUBST. FACILMENTE CARBONIZADAS, OUTROS ALCALOIDES, SULFATOS, SOLVENTES RESIDUAIS, REALIZADO DE ACORDO COM ORIENTACAO DO FABRICANTE.

OBS. 6: FATOR DE CORRECAO: 0,9942.

CONSERVACAO: CONSERVAR 15 A 30°C EM LOCAL SECO E PROTEGIDO DA LUZ.

RESULTADO FINAL

☒ (X) Aprovado

☐ () Reprovado

SERVIÇO DE ATENDIMENTO GEMINI

Email : sacgo@purifarma.com.br - 0800-77-15008


Dra. Luciana Pereira
Farm. Resp. CRF-GO 2400

Gemini Industria de Insumos Farmacêuticos Ltda

www.purifarma.com.br

Matriz - Golas

Via Primária 4D, Qd D8A, Módulo I e II, D.A.I.A
Associação / Pte II Brasil - CEP 75630-585

Filial - São Bernardo do Campo

Rua Faustino Negri, 285 Galpao 05 - Cooperativa
SBC / SP / BRASIL - CEP 09651-720

Filial - São Paulo

Rua Coronel Cabrita, 137 - Jd da Glória
São Paulo / SP / Brasil - CEP 01545-030