



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO - PPGN**

THAIANA CIRINO KROLIKOWSKI

**EFEITO DA INFUSÃO DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*) ASSOCIADA OU NÃO
AO CONSUMO DE CARBOIDRATO NOS PARÂMETROS DE ESTRESSE
OXIDATIVO, METABÓLICOS E DE PERFORMANCE DE CICLISTAS
TREINADOS**

FLORIANÓPOLIS

2020

THAIANA CIRINO KROLIKOWSKI

**EFEITO DA INFUSÃO DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*) ASSOCIADA OU NÃO
AO CONSUMO DE CARBOIDRATO NOS PARÂMETROS DE ESTRESSE
OXIDATIVO, METABÓLICOS E DE PERFORMANCE DE CICLISTAS
TREINADOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Nutrição, da Universidade Federal de Santa Catarina, para a obtenção do título de Mestre em Nutrição, sob orientação da Prof. Dr^a Brunna Cristina Bremer Boaventura e coorientação do Prof. Dr. Ricardo Dantas de Lucas

FLORIANÓPOLIS

2020

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

Krolikowski, Thaiana Cirino

Efeito da infusão de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) associada ou não ao consumo de carboidrato nos parâmetros de estresse oxidativo, fisiológicos e de performance de ciclistas treinados / Thaiana Cirino Krolikowski ; orientador, Brunna Cristina Bremer Boaventura, coorientador, Ricardo Dantas de Lucas, 2020.

114 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós Graduação em Nutrição, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Nutrição. 2. Nutrição. 3. Erva-mate. 4. Estresse oxidativo. 5. Performance ciclistas. I. Boaventura, Brunna Cristina Bremer . II. de Lucas, Ricardo Dantas. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Nutrição. IV. Título.

Thaiana Cirino Krolikowski

EFEITO DA INFUSÃO DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*) ASSOCIADA OU NÃO AO CONSUMO DE CARBOIDRATO NOS PARÂMETROS DE ESTRESSE OXIDATIVO, METABÓLICOS E DE PERFORMANCE DE CICLISTAS TREINADOS

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(o) Anderson Santiago Teixeira, Dr./ UFSC

Prof.(a) Leticia Carina Ribeiro, Dra./ UFSC

Prof.(a) Renata Labronici Bertin, Dra./ UFPR

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de “Mestre em Nutrição”

Prof. (a) Patricia Faria Di Pietro, Dra.
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação

Prof. (a) Brunna Cristina Bremer Boaventura, Dra.
Orientadora

Prof. Ricardo Dantas de Lucas, Dr.
Co-Orientador

Este trabalho é dedicado à minha amada mãe, Helenice Cirino Krolikowski.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial aos meus pais Helenice e Milton e meu irmão Lucas, por estarem sempre ao meu lado, incentivando e apoiando minhas escolhas e decisões, pelo amor e compreensão de todos os momentos, e por não medirem esforços para que eu pudesse seguir conquistando meus planos e objetivos. Mãe, você é minha base, e serei eternamente grata por você sonhar os meus sonhos comigo.

Ao meu namorado Diego, por acreditar nos meus propósitos, pelo amor, parceria e compreensão de sempre.

Às minhas amigas e irmãs de coração, Daniela e Vanessa, pelo encontro que tivemos lá no início da nossa jornada acadêmica e por hoje serem minha família e grandes incentivadoras deste processo, por dividirmos tantos momentos ao longo destes quase 10 anos de amizade, obrigada por termos este elo indescritível.

Aos meus amigos por todos os momentos especiais, por manterem nossos laços fortalecidos durante toda esta jornada e acompanharem, mesmo que em grande parte de longe, todo meu crescimento.

À minha orientadora Professora Brunna Boaventura, pela paciência na orientação, por exercer com maestria a amorosidade neste processo para que ele fosse o mais enriquecedor e prazeroso, por ser inspiradora, compreensiva e por termos evoluído e desenvolvido juntas um trabalho ao qual me orgulho, obrigada pela oportunidade dada para que eu fosse sua primeira aluna de orientação de mestrado e pelo incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Também aos Professores Ricardo Dantas de Lucas, meu co-orientador, e ao Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo, aos quais tenho grande admiração, por serem incríveis, receptivos e por proporcionarem a união da pesquisa no âmbito da nutrição ao do exercício físico, obrigada por cederem o LAEF para a execução da nossa pesquisa.

Agradeço à Professora Vilma Panza, por suas excelentes contribuições para aprimoramento deste trabalho, por estar disponível dia e noite, você é uma grande inspiração.

Agradecimento aos que tiveram ao meu lado em todas as coletas, o doutorando Fernando Borszcz e IC Laura Menegatti, sem vocês a execução prática desta pesquisa não seria possível, vocês foram fundamentais nesta caminhada, meu muito obrigada por tudo. Agradeço à Maria Paula que, voluntariamente ajudou muito neste processo e à IC Sarah pelo auxílio nesta etapa final, e também à Hanna e Taís, pelos ensinamentos na prática laboratorial.

Agradecimento à CAPES, pela concessão de bolsa de estudos e a todos do PPGN.

RESUMO

Introdução: A erva mate (EM) possui potencialidades em relação às suas características terapêuticas e antioxidantes, e considerando novas utilizações desta planta tão importante nacionalmente, buscou-se investigar sobre o seu efeito nos parâmetros de estresse oxidativo, metabólicos e de performance no exercício. **Objetivo:** Analisar os efeitos do consumo de infusão de erva-mate, associada ou não ao consumo de carboidrato, em parâmetros de estresse oxidativo, metabólicos e de performance de ciclistas treinados. **Métodos:** Ensaio clínico randomizado controlado e *cross-over* com uma amostra de 8 ciclistas treinados do sexo masculino, com idade entre 20 e 45 anos. Inicialmente, os indivíduos realizaram um teste incremental em cicloergômetro, coleta sanguínea e também foram orientados sobre os procedimentos da pesquisa. O período de *washout* entre os tratamentos foi de 7 dias assim como a duração de cada intervenção. Foram preenchidos recordatório alimentar (RA) de 3 dias da semana, totalizando 9 registros. Todos participantes foram randomizados em três protocolos de intervenção: grupo em jejum com apenas a infusão de EM (EM + J), grupo com a infusão de EM e refeição de carboidrato pré-teste (EM + CHO), grupo controle com água e refeição de carboidrato pré-teste (CHO + A). O período de *washout* entre os tratamentos foi de 7 dias. Os participantes ingeriram 7 dias antes do protocolo de exercício a mesma quantidade de infusão de EM do dia do teste (5 g de EM em 250 mL de água fervente) e um total de 1g de CHO por kg de massa corporal, nos grupos com CHO. Em cada dia de teste os indivíduos realizaram um exercício em carga constante (CC) com duração de 40 min em intensidade moderada, seguido imediatamente de um teste de contrarrelógio de 20 min (CR) e ao final mais 4 *sprints* de 10 seg com pausa de 50 seg. Durante todo o protocolo de exercício foram mensurados a potência (W), a percepção subjetiva de esforço, bem como parâmetros metabólicos, tais como frequência cardíaca (FC), VCO₂, VO₂ e taxa de oxidação de gordura e de CHO, além de dosagens da concentração do lactato e glicose sanguíneos. Na condição pré e pós-exercício, foram feitas coletas de sangue da veia intermediária do braço para dosagem de parâmetros relacionados aos compostos fenólicos e ao estresse oxidativo (EO), tais como compostos fenólicos totais (CFT), atividade antioxidante total (TAC), estado oxidante total (TOS) e índice de estresse oxidativo (IEO) **Resultados:** CFT nos grupos EM + J_{pré-ex} e EM + CHO_{pré-ex} apresentaram aumento significativo em relação ao período basal, com tamanho do efeito (TE: Cohen's *d*) grande e significativo ($d = 1,40, P = 0,004$; $d = 1,10, P = 0,002$, respectivamente). A TAC apresentou valores significativamente maiores no grupo EM + J_{pós-ex} em comparação aos grupos EM + CHO_{pós-ex} e CHO+A_{pós-ex}, com TE grande e significativo ($d = 1,53, P = 0,03$; $d = 1,27, P = 0,02$, respectivamente). TOS, demonstrou valores significativamente menores no grupo EM + CHO_{pré-ex} em relação ao grupo CHO + A_{pré-ex}, com TE grande e significativo ($d = -1,70, P = 0,039$). O IEO em relação ao basal no EM + J_{pré-ex} apresentou valores menores e com TE grande ($d = 1,77$); EM+CHO_{pré-ex} apresentou valores menores e com TE moderado ($d = 0,82$); e CHO + A_{pré-ex} apresentou valores maiores e com TE moderado ($d = -0,82$). A glicose teve valores significativamente maiores nas intervenções com a refeição de carboidrato, EM + CHO e CHO + A, em comparação com EM + J, apresentando TE forte e significativo ($\delta = -1,00, P = 0,016$; $\delta = -0,96, P = 0,016$, respectivamente). Os valores observados de lactato foram significativamente menores no grupo EM + J quando comparados a EM + CHO e CHO + A, com TE forte e significativo ($\delta = -0,71, P = 0,039$; $\delta = -0,75, P = 0,047$, respectivamente). A FC, em CC, foi maior significativamente nos grupos com EM a partir de 28 min no grupo EM + CHO e a partir de 32 min no grupo EM + J. No grupo CHO + A, a FC aumentou no CC 16 min. O VCO₂ teve M_{CR} significativamente maior nos grupos com EM em relação ao CHO + A. O VO₂ no CR apresentou tendência maior no grupo EM + CHO em comparação ao CHO + A. O grupo EM + CHO apresentou valores significativamente menores de QR no teste CR em relação aos

demais grupos de intervenção, estabelecendo-se no M_{CR} um valor médio de $0,89 \pm 0,08$, enquanto os grupos EM + J e CHO + A apresentaram valores médios de $0,94 \pm 0,06$ e $0,93 \pm 0,06$, respectivamente. A oxidação de lipídios na M_{CC} de EM + CHO foi maior significativamente em comparação aos demais grupos, com tendência de TE moderado e significativo em relação à EM + J (M_{CC} , $d = 0,50$, $P = 0,041$; CC 36 min, $d = 1,12$, $P = 0,146$) e TE grande e significativo em relação à CHO + A (M_{CC} , $d = 0,95$, $P = 0,05$). Além disso, na M_{CC} houve maior oxidação de lipídios no grupo EM + J quando comparada ao grupo CHO + A, com TE moderado e significativo ($d = 0,65$, $P = 0,023$). A oxidação de CHO foi significativamente maior no grupo EM + J em relação aos demais grupos, com TE moderado e significativo ($d = 0,68$, $P = 0,001$). A potência diminuiu em todos os grupos a partir do tempo CR 10 min até o fim do teste CR, em relação ao tempo CR 2 min. No entanto, a M_{CR} da potência no grupo EM + CHO foi significativamente maior em comparação com o grupo que consumiu refeição de CHO isoladamente. A M_{CC} da PSE foi significativamente menor no grupo EM + J em relação ao CHO + A. **Conclusões:** Os grupos que consumiram a infusão de EM apresentaram maiores concentrações endógenas de compostos fenólicos no sangue. Em relação aos biomarcadores de EO, após o exercício, a ingestão da infusão de EM isolada proporcionou melhores resultados de TAC, TOS e IEO. Para o exercício submáximo (CC) não houve diferenças nas respostas metabólicas entre os grupos. No teste CR, o grupo que associou infusão de EM e refeição com CHO apresentou maior oxidação de lipídios e menor QR, enquanto a oxidação de CHO foi maior no grupo que ingeriu infusão de EM isoladamente (M_{CR}). Por fim, foi observada diferença da potência no grupo EM + CHO (M_{CR}) e da PSE no grupo EM + J (M_{cc}), ambos comparados ao grupo CHO + A, por sua vez, nos *sprints* não houve diferença entre os grupos.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*; Erva-mate; Estresse oxidativo; Exercício submáximo; Contrarrelógio; Performance; Ciclistas.

ABSTRACT

Introduction: Yerba-mate (EM) has potential about its therapeutic and antioxidant characteristics. Considering new uses of this plant so important nationally, we seek to improve investigations about its effect on the oxidative stress, metabolic, and performance parameters in exercise. **Objective:** To analyze the effects of consumption of yerba mate infusion, associated or not with carbohydrate consumption, on oxidative stress, metabolic and performance parameters related to exercise in trained cyclists. **Methods:** The study is characterized as a randomized controlled cross-over clinical trial with a sample of 8 trained male cyclists from cycling and triathlon teams in the greater Florianópolis, aged between 20 and 45 years. In the baseline period, individuals performed an incremental test, blood collection (intermediate vein of the arm and earlobe), and were instructed on the procedures for conducting the research. A RA of 3 days a week was completed, one RA per week, totaling 9 records. Participants were randomized into three intervention groups: a fasting group with only EM infusion (EM + J), a group with EM infusion and carbohydrate meal (EM + CHO), and a control group with water and carbohydrate meal (CHO + A). The washout period between treatments was 7 days. The participants ingested 7 days before the exercise protocol the same amount of EM infusion as the test day (5 g of EM in 250 mL of boiling water) and a total of 1g of CHO per kg of body weight, in the groups with CHO. On each test day, the individuals performed the constant weight exercise (CW), and the time trial (TT) and 4 sprint tests. Blood collections of the intermediate vein of the arm were made to define parameters of phenolic compounds, and of oxidative stress (OS), such as total phenolic compounds (CFT), total antioxidant capacity (TAC), total oxidant status (TOS), an oxidative stress index (IEO); blood collection from earlobe to measure glucose and lactate; and metabolic parameters, such as heart ratio (HR), VCO_2 , VO_2 , fat and CHO oxidation; and performance parameters (PSE and power) were analyzed. **Results:** CFT in the groups EM + $J_{\text{pre-ex}}$ and EM + $\text{CHO}_{\text{pre-ex}}$, showed a significant increase in relation to the baseline period, with a large and significant effect size (ES) ($d = 1.40$, $P = 0.004$; $d = 1.10$, $P = 0.002$, respectively). TAC showed significantly higher values in the EM + $J_{\text{pos-ex}}$ group compared to the EM + $\text{CHO}_{\text{pos-ex}}$ and CHO + pos-ex groups, with a large and significant ES ($d = 1.53$, $P = 0.03$; $d = 1.27$, $P = 0.02$, respectively). TOS showed significantly lower values in the EM + $\text{CHO}_{\text{pre-ex}}$ group compared to the CHO + $A_{\text{pre-ex}}$ group, with a large and significant ES ($d = -1.70$, $P = 0.039$). The IEO in relation to the baseline in the EM + $J_{\text{pre-ex}}$ showed lower values with a large ES ($d = 1.77$); EM + $\text{CHO}_{\text{pre-ex}}$ showed lower values and moderate ES ($d = 0.82$); and CHO + $A_{\text{pre-ex}}$ showed higher values and moderate ES ($d = -0.82$). Glucose had significantly higher values in the interventions with the carbohydrate meal, EM + CHO and CHO + A, in comparison with EM + J, presenting strong and significant ES ($\delta = -1.00$, $P = 0.016$; $\delta = -0.96$, $P = 0.016$, respectively). The observed values of lactate were significantly lower in the EM + J group when compared to EM + CHO and CHO + A, with strong and significant ES ($\delta = -0.71$, $P = 0.039$; $\delta = -0.75$, $P = 0.047$, respectively). The HR, in WC, was significantly higher in the groups with EM after 28 min in the EM + CHO group and from 32 min in the EM + J group. In the CHO + A group, the HR increased in the CC 16 min. VCO_2 had significantly higher M_{TT} in groups with EM compared to CHO + A. VO_2 in TT showed a greater tendency than in the EM + CHO group compared to the CHO + A group. The EM + CHO group showed in the TT test QR values significantly lower compared to the other intervention groups, establishing an average value of 0.89 ± 0.08 in the M_{TT} , while the groups EM + J and CHO + A presented average values of 0.94 ± 0.06 and 0.93 ± 0.06 , respectively. The oxidation of lipids in the M_{CW} of EM + CHO was significantly higher compared to the other groups, with a tendency of moderate and significant ES in relation to the EM + J (M_{CW} , $d = 0.50$, $P = 0.041$; TT 36 min, $d = 1.12$, $P = 0.146$) and large and significant ES in relation

to CHO + A (M_{TT} , $d = 0.95$, $P = 0.05$). Also, in ES ($d = 0.65$, $P = 0.023$). CHO oxidation was significantly higher in the EM + J group compared to the other groups, with moderate and significant ES ($d = 0.68$, $P = 0.001$). Power decreased in all groups from the CR 10 min time until the end of the CR test, compared to the CR 2 min time. However, M_{TT} of potency in the EM + CHO group was significantly higher compared to the group that consumed CHO meal alone. PSE M_{CW} was significantly lower in the EM + J group compared to CHO + A. Conclusions: the groups that consumed EM infusion had higher endogenous concentrations of phenolic compounds. Regarding OS biomarkers, after exercise, ingestion of EM infusion isolated infusion provided better results for TAC, TOS, and IEO. For submaximal exercise (CW) there were no differences in metabolic responses between groups. In the TT test, the group that associated EM infusion and CHO meal showed higher lipid oxidation and lower QR, while CHO oxidation was higher in the group that ingested EM infusion alone (M_{CW}). Finally, there was a difference in potency in the EM + CHO group (M_{TT}) and PSE in the EM + J (M_{CW}) group, both compared to the CHO + A group, in turn, in the sprints there was no difference between the groups.

Keywords: *Ilex paraguariensis*; Yerba-mate; Oxidative stress; Submaximal exercise; Time trial; Performance; Cyclists.

LISTA DE QUADROS

| | | |
|------------------|--|----|
| Quadro 1. | Descrição de estudos que utilizaram EM e seus efeitos no exercício físico..... | 31 |
| Quadro 2. | Variáveis do Estudo..... | 56 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Fluxograma do processo de amostragem do estudo..... | 41 |
| Figura 2. Esquema do Desenho de Estudo..... | 44 |
| Figura 3. Representação do protocolo de teste incremental para determinação dos parâmetros metabólicos em um sujeito representativo..... | 46 |
| Figura 4. Representação do protocolo de avaliação da performance e respostas metabólicas de um sujeito representativo..... | 48 |
| Figura 5. Concentrações de glicose no sangue expressos em valores antes (repouso), durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A - ■-)...... | 67 |
| Figura 6. Concentrações de lactato no sangue expressos em valores antes (repouso), durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A - ■-)...... | 68 |
| Figura 7. Frequência cardíaca expressa em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A - ■-)...... | 72 |
| Figura 8. Produção de gás carbônico (VCO ₂) expresso em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A - ■-)...... | 73 |
| Figura 9. Consumo de oxigênio (VO ₂) expresso em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A - ■-)...... | 74 |
| Figura 10. Quociente respiratório (RQ) expresso em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A - ■-)...... | 77 |
| Figura 11. Taxa de oxidação de gordura expressa em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM | |

+ J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A - ■-).....78

Figura 12. Taxa de oxidação de carboidrato expressa em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A - ■-).....79

Figura 13. Produção de potência expressa em valores durante o teste contrarrelógio (CR) (A), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J ▲), erva-mate e carboidrato (EM + CHO ●) e carboidrato e água (CHO + A ■).....82

Figura 14. Produção de potência expressa em valores durante os *sprints* (A), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J ▲), erva-mate e carboidrato (EM + CHO ●) e carboidrato e água (CHO + A ■).....83

Figura 15. Percepção subjetiva de esforço (PSE) expressa em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A - ■-).....84

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Características clínicas, antropométricas, de composição corporal e laboratoriais no período basal do estudo..... | 59 |
| Tabela 2. Concentrações ($\mu\text{g/mL}$) de compostos bioativos da erva-mate utilizada no estudo..... | 60 |
| Tabela 3. Consumo médio de energia, macronutrientes e micronutrientes dos participantes, na semana antecedente às intervenções, preenchidos a partir de registro alimentar de 3 dias..... | 61 |
| Tabela 4. Concentrações de compostos fenólicos totais e dos biomarcadores de estresse oxidativo nos tratamentos com erva-mate (EM + J), erva-mate e carboidrato (EM + CHO) e carboidrato e água (CHO + A) no período condição basal e antes (pré-ex) e após (pós-ex) o protocolo de exercícios..... | 64 |
| Tabela 5. Concentrações de glicose e lactato no sangue nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J), erva-mate e carboidrato (EM + CHO) e carboidrato e água (CHO + A) antes (Pré) e durante o exercício com carga constante (CC) e o teste contrarrelógio (CR)..... | 66 |
| Tabela 6. Parâmetros metabólicos de frequência cardíaca (FC), volume de dióxido de carbono expirado (VCO_2) e consumo de oxigênio (VO_2) nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J), erva-mate e carboidrato (EM + CHO) e carboidrato e água (CHO + A, controle) durante o exercício com carga constante (CC) e o teste contrarrelógio (CR)..... | 71 |
| Tabela 7. Parâmetros metabólicos de quociente respiratório (QR), taxa de oxidação de lipídios (LIP_{oxi}) e taxa de oxidação de carboidratos (CHO_{oxi}) nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J), erva-mate e carboidrato (EM + CHO) e carboidrato e água (CHO + A) durante o exercício com carga constante (CC) e o teste contrarrelógio (CR)..... | 76 |
| Tabela 8. Parâmetros de performance relacionados à produção de potência e percepção subjetiva de esforço (PSE) nos tratamentos com erva mate e jejum (EM + J), erva mate e carboidrato (EM + CHO) e carboidrato e água (CHO + A) durante os testes contrarrelógio (CR) e <i>sprints</i> repetidos..... | 81 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------|--|
| A | Água |
| ABTS | 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico |
| ATP | Adenosina Trifosfato |
| CAT | Catalase |
| CC | Carga Constante |
| CFT | Compostos Fenólicos Totais |
| CHO | Carboidrato |
| CLAE | Cromatografia Líquida de Alta Eficiência |
| CR | Contrarrelógio |
| CT | Colesterol Total |
| DEXA | Dual-Energy X-ray Absorptiometry |
| DNA | Ácido Desoxirribonucleico |
| DP | Desvio Padrão |
| EDTA | Ácido Etilenodiaminotetracético |
| EM | Erva-Mate |
| EO | Estresse Oxidativo |
| ERN | Espécie Reativa de Nitrogênio |
| ERO | Espécie Reativa de Oxigênio |
| FC | Frequência Cardíaca |
| GSH | Glutathiona Reduzida |
| GPx | Glutathiona Peroxidase |
| GR | Glutathiona Redutase |
| GSSG | Glutathiona Oxidada |
| HDL-c | Lipoproteína de alta densidade |
| IEO | Índice de Estresse Oxidativo |
| IMC | Índice de Massa Corporal |
| LAEF | Laboratório de Esforço Físico |
| LDL-c | Lipoproteína de baixa densidade |
| [La] | Concentração de Lactato sanguíneo |
| LL | Límiars de Lactato |
| LOOH | Hidroperóxidos lipídicos séricos |
| LTF | Límiars de Transição Fisiológica |

| | |
|--------------------|---|
| NADPH | Nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosfato-reduzida |
| PA | Potência Aproximada |
| PAM | Potência Aeróbia Máxima |
| PSE | Percepção Subjetiva de Esforço |
| RA | Registro Alimentar |
| RER | Taxa de Troca Respiratória |
| RL | Radical Livre |
| RNA | Ácido Ribonucleico |
| RQ | Quociente Respiratório |
| SOD | Superóxido Dismutase |
| TAC | Capacidade Total Antioxidante |
| TACO | Tabela Brasileira de Composição de Alimentos |
| TE | Tamanho do Efeito |
| TGO | Aspartato Aminotransferase |
| TGP | Alanina Aminotransferase |
| TOS | Estado Total Oxidante |
| TCLE | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido |
| UFSC | Universidade Federal de Santa Catarina |
| USDA | Tabela de Composição de Alimentos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos |
| VO ₂ | Consumo de Oxigênio |
| VO _{2máx} | Consumo máximo de Oxigênio |
| VCO ₂ | Produção de Dióxido de Carbono |
| W | Watts |
| rpm | Rotações por minuto |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 19 |
| 1.1 | APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA | 19 |
| 1.2 | PERGUNTA DE PARTIDA | 22 |
| 1.3 | FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE | 22 |
| 1.4 | OBJETIVOS | 23 |
| 1.4.1 | Objetivo Geral | 23 |
| 1.4.2 | Objetivos específicos | 23 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 24 |
| 2.1 | ERVA-MATE (<i>Ilex paraguariensis</i>) | 24 |
| 2.2 | COMPOSTOS BIOATIVOS DA ERVA-MATE | 25 |
| 2.3 | ASPECTOS GERAIS DA ERVA-MATE NA SAÚDE HUMANA | 26 |
| 2.4 | ERVA-MATE E EXERCÍCIO FÍSICO | 28 |
| 2.5 | ESTRESSE OXIDATIVO | 32 |
| 2.5.1 | Estresse oxidativo e exercício físico | 32 |
| 2.5.2 | Antioxidantes | 33 |
| 2.5.3 | Antioxidantes e exercício físico | 35 |
| 2.6 | MANEJO DIETÉTICO NO EXERCÍCIO FÍSICO | 35 |
| 2.6.1 | Manejo dietético para atletas | 35 |
| 2.6.2 | Estado de jejum e efeitos no desempenho | 37 |
| 2.7 | PARÂMETROS METABÓLICOS E DE PERFORMANCE NO EXERCÍCIO | 38 |
| 2.7.1 | Limiares de transição fisiológica | 38 |
| 2.7.2 | Consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) | 38 |
| 2.7.3 | Produção de dióxido de carbono (VCO_2) | 39 |
| 2.7.4 | Percepção subjetiva de esforço (PSE) | 39 |
| 2.7.5 | Quociente respiratório (QR) e taxa de troca respiratória (RER) | 39 |
| 3 | MÉTODOS | 41 |
| 3.1 | TIPO DO ESTUDO | 41 |
| 3.2 | DESENHO DO ESTUDO | 42 |
| 3.3 | TESTE INCREMENTAL | 45 |
| 3.4 | AValiação DA PERFORMANCE | 46 |
| 3.4.1 | Testes de exercício de ciclismo | 46 |
| 3.5 | DETERMINAÇÕES DAS RESPOSTAS METABÓLICAS | 49 |

| | |
|---|------------|
| 3.6 AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL | 49 |
| 3.7 CONTROLE DIETÉTICO E AVALIAÇÃO DO CONSUMO ALIMENTAR | 50 |
| 3.8 AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA | 51 |
| 3.8.1 Coleta sanguínea..... | 51 |
| 3.8.2 Exames laboratoriais | 51 |
| 3.8.3 Avaliação de compostos fenólicos totais plasmáticos | 52 |
| 3.8.4 Capacidade Antioxidante Total (TAC)..... | 53 |
| 3.8.5 Estado Oxidante Total (TOS)..... | 53 |
| 3.8.6 Índice de Estresse Oxidativo (IEO)..... | 54 |
| 3.9 PREPARO E DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DA INFUSÃO DE ERVA-MATE | 54 |
| 3.10 VARIÁVEIS DO ESTUDO | 55 |
| 3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 57 |
| 3.12 PROCEDIMENTOS ÉTICOS..... | 58 |
| 4 RESULTADOS..... | 59 |
| 4.1 CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS, ANTROPOMÉTRICAS, DE COMPOSIÇÃO CORPORAL E LABORATORIAL | 59 |
| 4.2 TEORES DE COMPOSTOS BIOATIVOS DA INFUSÃO DE ERVA-MATE | 60 |
| 4.3 CONSUMO DIETÉTICO | 60 |
| 4.4 CONCENTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS E AVALIAÇÃO DO ESTRESSE OXIDATIVO..... | 62 |
| 4.5 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS METABÓLICOS | 64 |
| 4.6 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE PERFORMANCE..... | 80 |
| 5 DISCUSSÃO..... | 85 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 92 |
| REFERÊNCIAS | 94 |
| APÊNDICES | 104 |
| Apêndice 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO..... | 104 |
| Apêndice 2 - FICHA PARA COLETA DE DADOS | 109 |
| Apêndice 3 - REGISTRO ALIMENTAR..... | 111 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

Dentre as ações preconizadas pelo Ministério da Saúde para o desenvolvimento sustentável de comunidades rurais, está a valorização dos alimentos regionais brasileiros (BRASIL, 2015). Apesar da abundante biodiversidade brasileira e o grande interesse da população no uso das plantas para o cuidado à saúde, o mercado brasileiro de plantas medicinais ainda é modesto, representando somente cerca de 5% do mercado mundial, atrás de países europeus, asiáticos e norte-americanos (DUTRA et al., 2016).

Ao considerar a imensa biodiversidade de nosso país, os pesquisadores brasileiros e a indústria brasileira têm um potencial único para investigar e inovar, considerando as propriedades proporcionadas pelas plantas nativas em benefício à saúde, colocando assim o país em posição de destaque no cenário mundial (DA SILVA; BASTOS; TAKAHASHI, 2010). No entanto, as investigações científicas precisam ser aprimoradas no que diz respeito ao conhecimento da biodiversidade do país e aos principais benefícios que as plantas brasileiras podem proporcionar, para que haja então impacto e fortalecimento socioeconômico, técnico-científico, ambiental e cultural (DUTRA et al., 2016).

O presente trabalho está embasado na experiência prévia de nosso grupo de pesquisa em outros estudos com a erva-mate (EM) em seres humanos (DE MORAIS et al., 2009; KLEIN et al., 2011; BOAVENTURA et al., 2012; BOAVENTURA et al., 2013; BOAVENTURA et al., 2015; PANZA et al., 2016). De acordo com nossos achados anteriores a respeito das potencialidades da EM em relação às suas características terapêuticas e antioxidantes, e considerando novas utilizações desta planta tão importante nacionalmente, buscamos aprimorar as investigações sobre o seu efeito ergogênico no exercício físico.

A partir da análise na literatura de artigos relacionando EM e exercício físico, observamos que pouco tem sido investigado sobre as potencialidades dos compostos bioativos da infusão de EM no desempenho esportivo. Alkhatib e Atcheson (2017) sugerem que o consumo agudo de cápsulas de EM por mulheres ativas, após sessão de exercício aeróbio em cicloergômetro, influenciou positivamente na oxidação de gordura corporal, na percepção de saciedade e no humor. Alkhatib (2014) também demonstrou que em homens e mulheres saudáveis (não ativos), após sessão de exercício aeróbio em cicloergômetro, o consumo agudo de

cápsulas de EM proporcionou aumento da oxidação de gordura em intensidade submáxima do exercício abaixo de 70% do $VO_{2máx}$. No entanto, raros são os estudos que avaliam mais profundamente o efeito da EM em parâmetros de performance em indivíduos treinados. O único estudo encontrado na literatura até o momento, o qual avaliou o efeito da EM no desempenho de ciclistas treinados, foi publicado por Areta e colaboradores (2018). Esses pesquisadores noruegueses realizaram dois protocolos de testes, o primeiro foi realizado em intensidades submáximas de exercício de carga constante (30 a 80% $VO_{2máx}$) com duração de cinco minutos em cada intensidade. O segundo consistiu em um teste contrarrelógio com duração de 30 minutos, em diferentes intensidades. Neste estudo os autores demonstraram que o consumo de cápsulas de EM aumentou a oxidação de gorduras como substrato em intensidades entre 30% e 50% do $VO_{2máx}$, além de melhorar a performance em protocolo de teste contrarrelógio no grupo que ingeriu a EM, em comparação ao grupo placebo. Contudo, Areta et al. (2018) verificaram que o efeito na melhora da performance não está relacionado com o metabolismo de substratos, mas sim com outros mecanismos ainda desconhecidos. Além disso, o protocolo experimental utilizado por Areta e colaboradores (2018), em que os indivíduos estavam em estado de jejum antes dos testes de exercício realizados, não condiz com a realidade da rotina alimentar de atletas. De acordo com as diretrizes sobre as recomendações nutricionais específicas para atletas, sugeridas pelo *American College of Sports Medicine* e a *Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada* (2016), sugere-se a ingestão de carboidratos (CHO) antes da prática esportiva em doses e tipos adequados à modalidade e à intensidade do exercício. Dessa maneira, novas pesquisas devem ser conduzidas a fim de melhor elucidar os principais mecanismos que a EM parece auxiliar no desempenho esportivo, além de investigar estratégias de manejo dietético que sejam mais condizentes com a realidade de consumo alimentar de atletas. Destaca-se que nenhum dos estudos supracitados utilizou EM na forma de infusão, apenas em cápsulas, o que pode interferir na apropriada extração e absorção dos compostos bioativos da planta, em especial os compostos fenólicos, e, por conseguinte nas suas propriedades funcionais no organismo humano. Ressalta-se ainda que para um resultado fidedigno e controlado sobre a utilização de recursos ergogênicos alimentares no esporte em relação à performance, como é o caso da utilização da EM, torna-se necessário conduzir experimentos com indivíduos treinados, os quais possuem características de treino semelhantes, minimizando possíveis fatores de confusão.

Diante do exposto, o presente projeto investigou a respeito da utilização da infusão de EM sobre o desempenho esportivo, proporcionando novos conhecimentos acerca dos efeitos

do seu consumo em indivíduos treinados, controlando o efeito do jejum e do consumo de CHO antes do exercício. A partir desse estudo espera-se elucidar sobre potenciais mecanismos de ação ergogênica, como a mensuração de parâmetros de estresse oxidativo (EO), além de investigar sobre a ação dos compostos bioativos da EM, especialmente os compostos fenólicos, bem como nos aspectos metabólicos e na performance esportiva.

1.2 PERGUNTA DE PARTIDA

Qual o efeito da infusão de erva-mate (*Ilex Paraguariensis*) associada ou não ao consumo de carboidrato (pré-exercício) em parâmetros de estresse oxidativo, metabólicos relacionados ao exercício e de performance em ciclistas homens treinados?

1.3 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

H1: Sim, a infusão de erva-mate associada ou não ao consumo de carboidrato pode alterar os parâmetros de estresse oxidativo, metabólicos relacionados ao exercício e à performance em homens ciclistas treinados quando comparado ao consumo de carboidrato e água.

H0: Não, a infusão de erva-mate associada ou não ao consumo de carboidrato não altera os parâmetros de estresse oxidativo, metabólicos relacionados ao exercício e à performance em homens ciclistas treinados quando comparado ao consumo de carboidrato e água.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Analisar os efeitos do consumo de infusão de erva-mate, associada ou não ao consumo de carboidrato, nos parâmetros de estresse oxidativo, metabólicos relacionados a exercícios em diferentes intensidades e de performance de ciclistas treinados.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analisar quimicamente as amostras de erva-mate utilizadas no estudo quanto ao teor de compostos fenólicos totais, compostos fenólicos isolados e metilxantinas;
- Determinar o teor de compostos fenólicos totais endógenos proporcionado pelo consumo de infusão de erva-mate por ciclistas treinados;
- Mensurar os efeitos do consumo de infusão de erva-mate, associada ou não ao consumo de carboidrato, nos parâmetros de estresse oxidativo de ciclistas treinados;
- Determinar os efeitos do consumo de infusão de erva-mate, associada ou não ao consumo de carboidrato, nas variáveis metabólicas relacionadas ao exercício de ciclistas treinados;
- Avaliar os efeitos do consumo de infusão de erva-mate, associada ou não ao consumo de carboidrato, nas variáveis de performance de ciclistas treinados;
- Verificar associações entre o teor de compostos fenólicos, biomarcadores de estresse oxidativos, variáveis metabólicas relacionados ao exercício e dados de performance dos ciclistas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*)

A planta *Ilex paraguariensis* A. St. Hil., conhecida popularmente como erva-mate (EM), é uma espécie de planta arbórea nativa das regiões subtropicais da América do sul, que inclui os países como Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai. O seu consumo está amplamente difundido pela população desses países, demonstrando relevância cultural, social e econômica a essas regiões (DE MEJÍA et al., 2010; BRACESCO et al., 2011). Os estados da região sul do Brasil, que incluem Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, possuem significativa produção do vegetal, no entanto ele está presente também no estado de Mato Grosso do Sul (BRASIL, 2019). A produção de folhas de EM no Brasil alcançou a marca de 517.779 toneladas em 2019, sendo a região sul responsável por 99,7% da produção brasileira neste ano. O Rio Grande do Sul foi o estado com maior produção, atingindo 45,1%, Paraná 37,2% e Santa Catarina 17,4% (BRASIL, 2019).

Principalmente pelo gosto amargo característico, a EM é muito apreciada pelos seus consumidores (MÁRQUEZ et al., 2013). A EM possui diferentes formas e finalidades de comercialização, podendo ser encontrada em folhas verdes, folhas moídas e torradas, cápsulas e folhas refinadas, ou, também, em sua forma mais conhecida e culturalmente difundida, como tereré ou chimarrão, consumido frio ou quente, respectivamente, também é conhecida pelo consumo como chá mate, preparado a partir de folhas torradas (RIACHI et al., 2017). Ainda, é possível encontrar o comércio da EM na sua forma ultrarefinada, ou seja, na forma de pó, podendo ser utilizada em infusões, a partir do acréscimo de água fervente e, posteriormente, tampada para que sejam extraídas as propriedades físico-químicas da planta, além de preparações culinárias e suplementos alimentares (HECK; DE MEJÍA, 2007).

Para se obter as variedades de EM para o consumo, a planta passa por diferentes estágios. O processamento da EM compreende diferentes etapas como a colheita, sapecagem, secagem, peneiramento e moagem. Após esses passos, o material é estocado em câmaras de envelhecimento, por um período de até 12 meses, no qual se dará o desenvolvimento do sabor. Por fim ocorre o armazenamento do produto já envelhecido e moído conforme a finalidade desejada, neste caso a EM ultrarefinada é o produto final de um processo lento de refinamento (MÁRQUEZ et al., 2013). Fatores como região geográfica, solo, época de

colheita, grau de processamento e forma de consumo da erva não apresentam diferenças qualitativas significativas, porém, interferem na sua composição química, alterando o teor de compostos bioativos de forma considerável (MÁRQUEZ et al., 2013).

Até o momento na literatura não está descrito sobre a utilização da EM na forma de folhas ultrarefinadas, demonstrando um potencial quanto a novos estudos e utilizações desta planta em estudos com seres humanos.

2.2 COMPOSTOS BIOATIVOS DA ERVA-MATE

Diversos fatores podem influenciar no teor de fitoquímicos presentes na EM, desde condições ambientais, variabilidade genética, processamento da planta e preparação de bebidas em infusões, que podem ser servidas quente ou fria e, apesar dessas diversidades, habitualmente, a EM é uma potencial fonte de compostos bioativos, tais como os ácidos fenólicos, flavonoides, metilxantinas e saponinas (HECK; DE MEJIA, 2007; RIACHI et al., 2017).

A EM possui efeitos neuroprotetores, tais como anticonvulsivante e estimulante, atribuídos principalmente ao elevado teor de cafeína e compostos fenólicos, o que lhe confere também alta capacidade antioxidante, auxiliando no controle e eliminação de espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio (MEINHART et al., 2010; SILVA et al., 2011; RIACHI et al., 2017). Os compostos fenólicos presentes na EM também possuem atividade junto aos metabólitos do extrato de EM na redução da proliferação e viabilidade de células cancerígenas, e são conhecidos também pelo aumento da utilização de gordura como fonte energética (AMIGO-BENAVENT et al., 2017; ALKHATIB; ATCHESON 2017). Os principais compostos fenólicos descritos na EM são os ácidos clorogênicos, cafeoilquínicos, ferulilquínicos e dicafoilquínicos (RIACHI et al., 2017). Os ácidos clorogênicos, especialmente o isômero 5-cafeoilquinico, é o principal antioxidante da EM, porém as formas biodisponíveis ao organismo são o ácido cafeico, obtido a partir da fermentação intestinal do ácido clorogênico à nível intestinal, e que, posteriormente, será metabolizado e transformado em ácido ferúlico, vanílico e hipúrico (GAN et al., 2018; MATEOS et al. 2018). Os flavonoides constituem 10% dos compostos bioativos da EM, sendo os mais comuns a rutina e a quercetina, que contribuem para a sua capacidade antioxidante total (HECK; DE MEJIA, 2007).

Também estão presentes as saponinas triterpênicas, formadas com agliconas oleanólicas e ursólicas. Esses compostos são responsáveis pela formação de espuma e pelo sabor amargo típico das bebidas a base de EM, possuem propriedades hipocolesterolêmicas atribuídas à formação de micelas, estruturas capazes de carregar componentes que não são absorvidos e serão excretados do organismo, além de possuírem características anti-inflamatórias (HECK; DE MEJÍA, 2007).

As metilxantinas são alcaloides de purinas encontradas na EM, abrangendo principalmente a teobromina e a cafeína, sendo a cafeína presente em teores superiores em comparação à teobromina. As ações atribuídas a estes compostos são associadas a efeitos anti-inflamatório, hiperglicêmico, melhora da memória em curto prazo (atribuído à cafeína), e, principalmente, estimulante ao sistema nervoso central (DE MEJÍA; RAMIREZ-MARES, 2014, GAN et al., 2018; MATEOS et al. 2018). O consumo exacerbado de cafeína pode apresentar efeitos colaterais como, ansiedade, taquicardia, aumento da pressão arterial e nervosismo. Porém, compostos fenólicos, quando consumidos juntamente com cafeína, podem ser capazes de inibir esses efeitos adversos (SCHUSTER; MITCHELL, 2019).

Recentemente, Da Silveira et al. (2016) identificaram a presença de luteína no chimarrão e no tereré, a partir da avaliação do extrato aquoso em diferentes tipos comercializados (tradicional, fina e grossa), sugerindo que a EM seja uma fonte em potencial de carotenoides. Este composto estava em maior quantidade no tereré, o que pode ser devido ao consumo com água fria, enquanto no chimarrão a maior concentração esteve presente na erva do tipo grossa.

2.3 ASPECTOS GERAIS DA ERVA-MATE NA SAÚDE HUMANA

Diferentes estudos já avaliaram ações biológicas da EM no organismo humano. É bem elucidado que o seu consumo regular confere benefícios em diversas vias metabólicas contribuindo principalmente na melhora do quadro inflamatório de doenças crônicas, além de distúrbios atribuídos ao metabolismo lipídico (BRACESCO et al., 2011).

De Moraes et al. (2009) demonstraram que indivíduos normolipidêmicos e dislipidêmicos apresentaram melhoras significativas nos parâmetros séricos de lipídios após consumirem infusão de EM do tipo verde e torrada por um período de 20 e 40 dias de tratamento. No estudo, os pacientes dislipidêmicos que faziam uso de estatinas apresentaram

maior redução na concentração de lipoproteínas de baixa densidade (LDL-c). Além disso, também foi observado um aumento expressivo nas concentrações de lipoproteínas de alta densidade (HDL-c) nos dois grupos avaliados, normolipidêmicos e dislipidêmicos. Os autores do estudo associam os efeitos obtidos no metabolismo do colesterol à atividade das saponinas presentes na EM.

Boaventura et al. (2013) conduziu um estudo no qual foram incluídos indivíduos diabéticos e pré-diabéticos que ingeriram chá mate por 60 dias. Os autores observaram que o chá mate atenuou as concentrações de estresse oxidativo a partir do aumento de glutathione reduzida e diminuição das concentrações de hidroperóxidos lipídicos séricos, corroborando com a prevenção de complicações relacionadas ao diabetes.

Kim et al (2015) em um estudo randomizado, duplo-cego e placebo-controlado, demonstraram que a suplementação de 3g/dia de EM em cápsulas, para homens e mulheres obesos, promoveu uma redução significativa da massa de gordura corporal, sugerindo que a EM poderia ser eficaz ao tratamento da obesidade.

Gambero e Ribeiro (2015) realizaram uma revisão sistemática sobre os efeitos biológicos da EM na obesidade em estudos *in vitro*, *in vivo* e experimentais, demonstrando diversas ações positivas do seu consumo, principalmente quando relacionadas à melhora no perfil lipídico. Arçari e colaboradores (2013) relatam que outro possível mecanismo de ação da EM pode ser através da modulação da adipogênese, regulando as concentrações de expressão gênica de fatores de transcrição pró-adipogênicos, sendo eles, *Peroxisome proliferator-activated receptor (Ppar-γ2)* e *CCAAT/enhancer-binding protein (C / ebp-α)*.

Além disso, estudos *in vitro* e *in vivo* demonstram que a EM é capaz de aumentar a expressão gênica de *GATA binding protein 2 (GATA-2)*, *GATA binding protein 3 (GATA-3)* e *Krüppel-like zinc finger (Klf2)*, vias responsáveis pela supressão na diferenciação de adipócitos (ARÇARI et al., 2013).

Em estudo experimental de Arçari et al. (2011) foi demonstrado que a EM também pode atuar em genes de vias inflamatórias. No estudo foi observado que a EM impede a translocação nuclear do *Factor nuclear kappa B (Nf-Kb)*, responsável pela regulação das concentrações de m-RNA da interleucina 6 (*IL-6*) e *Tumor necrosis factor alpha (Tnf-α)*, sendo que esses resultados corroboram com os achados de Borges et al (2013), no qual foi visto que a EM melhorou as concentrações sistêmicas de e *Type-1 plasminogen activator inhibitor (PAI-1)*.

Desta maneira, a EM pode ser capaz de atuar na restauração de genes para concentrações próximas à normalidade. Ainda, Borges e colaboradores (2013) observaram

efeitos benéficos atenuando o perfil inflamatório através da diminuição de *IL-6* e *TNF- α* , além de reduzir a adipogênese através da diminuição da expressão de *Ppar- γ 2* e *C / ebp- α* , os quais se encontram alterados nessa população, reforçando assim, que o consumo de EM pode ser um possível agente terapêutico eficaz para o tratamento e agravos de doenças relacionadas à obesidade.

O estudo de Chaves e colaboradores (2018) avaliou a frequência do consumo de grupos alimentares e de bebidas à base de *Ilex paraguariensis* em indivíduos submetidos a um programa educacional, e concluíram que os indivíduos que consumiam quantidades superiores a um litro por dia de bebidas com EM apresentaram menores concentrações sanguíneas de glicose e frações lipídicas. Em contrapartida, foi visto maior massa corporal. Ainda, a EM induziu a hipoglicemia, gerando de forma compensatória maior ingestão de alimentos ricos em CHO refinados, o que pode representar uma possível causa para os resultados de maior massa corporal.

Em indivíduos com sobrepeso ou obesidade e dislipidemia, a EM apresentou associação positiva através do aumento do HDL-c e aumento das concentrações séricas de paraoxonase-1, enzima antioxidante que está relacionada à HDL-c, sugerindo efeito da EM como protetora em doenças ateroscleróticas. Também houve redução nas concentrações de leptina, hormônio envolvido na saciedade e que nesta população apresenta-se elevada, podendo influenciar benéficamente no controle de massa corporal e no metabolismo glicêmico (BALSAN et al., 2019).

Conforme demonstrado nos estudos, os efeitos benéficos à saúde proporcionados pelo consumo de EM, tanto na forma de infusão ou cápsulas, devem-se à presença dos compostos bioativos na composição química da planta.

2.4 ERVA-MATE E EXERCÍCIO FÍSICO

Um dos primeiros estudos a analisar a ingestão de EM relacionada ao exercício físico em seres humanos foi conduzido por Alkhatib (2014), que avaliou o efeito agudo da ingestão de EM sobre o metabolismo de gordura, verificando parâmetros da oxidação de ácidos graxos e do gasto energético decorrente da oxidação de ácidos graxos. No estudo foram utilizadas cápsulas de EM ou placebo composto de hidroxipropilmetilcelulose (1.000 mg/dia, administradas em duas cápsulas de 500 mg) que eram consumidas no dia do protocolo

experimental (dois encontros). A amostra do estudo era caracterizada por homens e mulheres saudáveis que foram submetidos, em diferentes dias, a dois testes incrementais (aumento de 0,5 W/kg de peso a cada 3 minutos) realizados em um cicloergômetro até atingirem sua exaustão voluntária. Os principais resultados encontrados foram que a ingestão aguda de EM aumentou em 24% a oxidação de gordura e o gasto energético da oxidação derivada da gordura em todas as intensidades submáximas abaixo de 70% do $VO_{2máx}$, com maior efeito nas intensidades mais baixas, 40% a 50%, respectivamente, sem afetar a performance durante a realização do teste incremental em cicloergômetro.

Em 2016, Panza e colaboradores realizaram no Brasil um estudo que examinou o efeito do consumo de 200 mL (três vezes ao dia) de chá mate, ou água para o grupo placebo, por 2 períodos de 11 dias, sendo um para a intervenção e outro para o controle, com 17 dias de *washout* entre os tratamentos, em homens saudáveis e fisicamente ativos que realizaram o protocolo de exercícios que consistia em três séries de 20 repetições unilateral de ações excêntricas máximas (i.e., extensão do cotovelo) dos músculos flexores do cotovelo em uma velocidade angular de 45°/s. O objetivo do trabalho foi observar se a suplementação de EM teria influência sobre a recuperação da força muscular após a sessão do exercício excêntrico. A partir dos resultados obtidos neste estudo, os autores concluíram que os indivíduos que tomaram a bebida apresentaram melhora de 8,6% na taxa de recuperação da força isométrica nas primeiras 24 h após a realização do exercício excêntrico, porém esse efeito não foi observado para as medidas realizadas após as 24 h subsequentes ao exercício.

Alkhatib e Atcheson (2017) investigaram o efeito da ingestão de EM sobre a taxa de oxidação de gordura, saciedade e humor durante um protocolo de exercício aeróbio (30 minutos) realizado em cicloergômetro em mulheres saudáveis e fisicamente ativas. As voluntárias ingeriram 2 g de EM (quatro cápsulas de 500 mg) no dia da aplicação do teste. Os autores concluíram que a combinação da ingestão de EM com a realização de exercícios, melhorou a taxa de oxidação de gordura após 20 e 25 min de exercício, potencializando a utilização desse substrato energético e, ainda, apresentou resultado significativo para as medidas de saciedade e de humor, em comparação a realização do exercício de forma isolada.

O estudo mais atual e semelhante a nossa proposta foi conduzido por Areta e colaboradores (2018) na Noruega. Ciclistas e triatletas do sexo masculino foram submetidos ao protocolo em teste simulado de ciclismo, a partir do cicloergômetro, no qual foi analisada a utilização de substratos energéticos e a performance em intensidade submáxima por 30 min. A dosagem utilizada para avaliar o efeito da ingestão de cápsulas de EM comparado ao grupo placebo (maltodextrina) foi de 5 g/dia (EM e placebo), administrados por cinco dias prévios

ao ensaio experimental e 1 hora antes do teste. Ressalta-se que os sujeitos do estudo estavam em jejum ao realizar os testes físicos. Os Autores observaram que o consumo de cápsulas de EM proporcionou um aumento de 23% na oxidação de gordura, em intensidades de 30% a 50% do $VO_{2máx}$, além de apresentar modesta, mas significativa, melhora na performance no teste simulado de ciclismo.

O Quadro 1 a seguir descreve as principais características dos estudos citados.

Quadro 1. Descrição de estudos que utilizaram EM e seus efeitos no exercício físico.

| AUTOR/ANO | TIPO ERVA-MATE/DOSAGEM | TIPO DE ESTUDO | TEMPO | n | CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA | PROTOCOLO | AValiaÇÃO COMPOSTOS BIOATIVOS | PRINCIPAL DESFECHO AVALIADO |
|---------------------------------|--|---|---|----|---|--|--|---|
| ALKHATIB, 2014 | Placebo hidroxipropilmetilcelulose - 2 × 500 mg cápsula EM - cápsulas de folhas EM moídas padronizadas | Ensaio clínico randomizado, duplo-cego <i>crossover</i> | <i>Washout</i> - 2 semanas | 14 | Adultos saudáveis, 7 homens/ 7 mulheres | Cicloergômetro | - | Oxidação de ácidos graxos e o gasto energético derivado da oxidação |
| PANZA et al., 2016 | Chá mate – 1 g de EM liofilizada em 200 mL de água / 3 x dia Controle – água 200 mL cada/3x dia | Ensaio clínico randomizado, controlado, <i>crossover</i> | 2 períodos de 11 dias - <i>Washout</i> 17 dias | 12 | Homens, saudáveis e fisicamente ativos (não atletas) | Exercícios de flexão excêntrica máxima do cotovelo | Fenólicos totais, Saponinas totais | Biomarcadores de força muscular e estresse oxidativo após exercício excêntrico |
| ALKHATIB e ATCHESON, 2017 | EM - Cápsulas (extrato seco) - 2g (4 × 500 mg) Placebo – cápsulas vazias | Ensaio clínico randomizado, duplo-cego, controlado por placebo <i>crossover</i> | 2 semanas | 12 | Mulheres, nível de atividade física moderado (≥150 min) | Cicloergômetro | Cafeína | Avaliar se a ingestão de EM aumenta a oxidação de ácidos graxos e melhora as medidas de saciedade e estado de humor |
| ARETA et al., 2018 | EM Cápsula -5 g/dia Placebo (maltodextrina) cápsula – 5 g/dia | Ensaio clínico randomizado, <i>crossover</i> , duplo-cego controlado por placebo | <i>Washout</i> - 1 a 2 semanas | 11 | Ciclistas treinados, sexo masculino | Cicloergômetro | Fenólicos totais, Flavonoides, Cafeína, Xantina, Teobromina | Avaliar a utilização do substrato durante o exercício e desempenho submáximos |

Unindo as informações encontradas na literatura, quanto aos aspectos gerais da EM na saúde humana e os estudos que avaliaram os efeitos do consumo da EM em relação ao exercício físico, observa-se que ainda é necessário investigar sobre os possíveis benefícios do consumo de EM vinculados aos parâmetros de estresse oxidativo, elucidando sobre possíveis mecanismos relacionados efeitos metabólicos e de performance. Além disso, ressalta-se que as estratégias de manejo dietético nos estudos com intervenção dietética com EM precisam estar em consonância com as diretrizes nutricionais de exercício físico, garantindo exequibilidade dos resultados encontrados na prática esportiva usual.

2.5 ESTRESSE OXIDATIVO

2.5.1 Estresse oxidativo e exercício físico

Inicialmente o conceito de estresse oxidativo (EO) limitava-se ao desequilíbrio entre oxidantes e antioxidantes em favor dos oxidantes, porém ao longo dos anos foram realizados diversos estudos sobre a temática e, atualmente, em adição a esta definição entende-se que no EO ocorre a ruptura do controle e da sinalização redox, ou seja, um dano causado por esta sinalização, no qual moléculas do organismo sofrem dano molecular gerado pelo EO, podendo atingir, proteínas, ácido desoxirribonucleico (DNA) e lipídios (SIES, 2015).

A atividade física é uma condição molecular empregada que altera o equilíbrio redox do organismo do ser humano, em decorrência de adaptações agudas e crônicas ao exercício, a partir da ativação de diversas vias de sinalização redox. Em concentrações fisiológicas de espécies reativas o organismo encontra-se em eu-estresse, e constantemente produz estas espécies, porém, mantendo-se em equilíbrio com os antioxidantes. O músculo esquelético é responsável por produzir espécies reativas de oxigênio (ERO) e também espécies reativas de nitrogênio (ERN), demonstrando que ocorre a produção de forma constante na fibra muscular. Quando as concentrações de ER e antioxidantes se apresentam no estado de eu-estresse são essenciais para a geração de força no músculo esquelético, em contrapartida, o distresse, que é o desequilíbrio exacerbado na produção de ERO e ERN, causa a alteração na contratilidade do músculo, favorecendo a fadiga muscular induzida pelo exercício, diminuindo

consideravelmente a produção de força, esta condição é comumente percebida em exercícios prolongados (POWERS, 2011; SIES, 2018; THIRUPATHI et al., 2018).

Durante o repouso o consumo de oxigênio pelo músculo é relativamente baixo e, conforme o seu consumo é aumentado devido o estímulo do exercício físico e contração do músculo esquelético, gera uma demanda metabólica decorrente da necessidade energética que a atividade impõe, além de gerar um distúrbio na homeostase de oxidantes e antioxidantes intracelulares. Esta contração pode estimular uma série de eventos inibitórios da produção de ERO ou que facilitem a sua remoção. Na literatura é descrito que o EO no exercício físico é uma resposta fisiológica e, em concentrações baixas a moderadas a produção de ERO desempenha funções reguladoras nas células, a partir da sinalização de vias, controle da produção de força muscular e da expressão gênica (POWERS et al., 2011).

Nos exercícios de *endurance*, o tempo de exercício pode causar adaptação da performance do indivíduo, promovendo o aumento da capacidade do exercício de resistência, sendo que esta condição gera diferentes respostas moleculares que se aprimoram ao passar do tempo. Estas adaptações ocorrem a curto e longo prazo, agindo de forma imediata a partir do aumento do cálcio intracelular, produção de adenosina trifosfato (ATP) e alteração do potencial redox, que ativam as proteínas quinases, como consequência, a transcrição de ácido ribonucleico (RNA) mensageiro mitocondrial sofre regulação positiva em seus fatores, culminando na biogênese mitocondrial. O aumento de força muscular e desempenho de potência ocorre ao longo do tempo e da adaptação, com a elevação das taxas miofibrilares, geradas pela tradução das proteínas quinases que auxiliam no processo anabólico (CAMERA et al., 2016). No entanto, a capacidade desses fatores de produzir ERO depende da intensidade e da duração do exercício, sendo que exercícios mais intensos e prolongados tendem a promover maior produção de ERO (POWERS et al., 2011).

2.5.2 Antioxidantes

Ao longo da sua evolução adaptativa os organismos aeróbios desenvolveram mecanismos de defesa antioxidante, em resposta à atmosfera rica em O₂, de forma a limitar a produção de radicais intracelulares, impedindo assim a indução de danos (SIES, 1993; HALLIWELL, 1996).

Segundo Halliwell e Gutteridge (1999), os antioxidantes podem ser definidos como qualquer substância que, presente em baixas concentrações quando comparada à do substrato oxidável, atrasa ou inibe a oxidação deste substrato de maneira eficaz, protegendo as células contra a ação dos oxidantes.

Os antioxidantes dividem-se em classes, e podem ser classificados como enzimáticos e não enzimáticos, os quais são produzidos pelo próprio organismo ou advindos de fontes exógenas. Dentre suas classes é destacado a de prevenção, na qual as proteínas ao se ligarem a metais de transição evitam que esses metais reajam e, conseqüentemente, evita a formação de espécies reativas, inibindo a reação de Fenton. As proteínas envolvidas nesta classe são a transferrina, ferritina e albumina. A classe que compreende as enzimas antioxidantes possui ação através da neutralização de radicais livre (RL) e das espécies reativas. A superóxido dismutase (SOD), a partir da adição de prótons tem a capacidade de dismutar o radical superóxido, convertendo o radical em oxigênio molecular. Esta enzima apresenta formas distintas, de acordo com a presença do cofator metálico no sítio ativo, é encontrada no citoplasma (SOD-Cu e Zn) e mitocôndria (SOD-Mg). A catalase (CAT) está presente nos peroxissomos e reage detoxificando o peróxido de hidrogênio, obtendo como produtos água e oxigênio molecular, e em sua composição possui ferro. Já a glutathione peroxidase (GPx) também age no peróxido de hidrogênio e contém selênio. Diferentes compartimentos são protegidos e capazes de converter o peróxido de hidrogênio a partir da redução da glutathione reduzida (GSH) em molécula de água e glutathione oxidada (GSSG), ainda, inclui-se nesta categoria a glutathione reductase (GR), uma flavoproteína dependente da nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosfato-reduzida (NADPH) e tem a função de regenerar a GSH (BENZIE, 2000).

Por fim, os antioxidantes não-enzimáticos, que se tornam radicais livres reduzidos e, a partir dessas moléculas reduzidas, é possível fazer a reciclagem desses sistemas para que então eles se regenerem no organismo, estando novamente aptos para o funcionamento de suas funções primárias. São compostos por antioxidantes lipofílicos como os tocoferóis, os carotenóides, os compostos fenólicos e o retinol e antioxidantes hidrofílicos, como o ácido ascórbico, o ácido úrico, a GSH, entre outros (BENZIE, 2000; HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2018; LIGUORI et al., 2018). Dos antioxidantes provenientes da dieta, ou exógenos, podemos citar, entre os mais estudados, as vitaminas A, C e E, os flavonoides e outros compostos fenólicos, os minerais como o zinco, selênio e cobre, além de outros compostos bioativos encontrados em plantas (LIGUORI et al., 2018)

Por conter ação antioxidante, os compostos fenólicos presentes na EM tornaram-se instrumento para a realização da análise da atividade antioxidante no presente estudo e foi avaliado o seu comportamento nos indivíduos treinados.

2.5.3 Antioxidantes e exercício físico

Estudos mostram divergências quanto à efetividade da suplementação de antioxidantes por indivíduos bem treinados e/ou atletas, não sendo conclusivo quanto aos possíveis benefícios ou malefícios no EO induzido pelo exercício. A discussão destes trabalhos concentra-se quanto às diferenças de treinamento (intensidade, duração e tipo), nível de treinamento do indivíduo, métodos utilizados para análises, bem como a suplementação (dosagem, duração e tipo) (ANTONIONI, 2018).

O uso de antioxidantes no exercício físico não tem como objetivo o bloqueio do EO, e sim, a modulação de forma a não afetar negativamente o desempenho esportivo, visto as suas implicações descritas anteriormente. O EO é uma condição fisiológica e em condições de eustresse não traz prejuízos ao indivíduo treinado, portanto, é interessante incluir fontes alimentares antioxidantes na dieta. Em casos específicos, como exercícios de alta intensidade e/ou exaustivos, ainda está em aberto na literatura a possibilidade do requerimento da suplementação de antioxidantes a fim de reduzir ou até mesmo evitar possíveis danos gerados pelo EO exacerbado no tecido muscular (ANTONIONI, 2018; MERRY, 2016). Os antioxidantes não enzimáticos como a vitamina C e E, entre outros, são amplamente utilizados em pesquisa científica, devido ao fácil acesso do público a alimentos fontes destes micronutrientes e compostos bioativos (MERRY, 2016). Logo, a EM por ser uma planta nativa e amplamente difundida no mercado brasileiro possibilitaria o melhor acesso e consumo por indivíduos treinados.

2.6 MANEJO DIETÉTICO NO EXERCÍCIO FÍSICO

2.6.1 Manejo dietético para atletas

Os atletas possuem necessidades nutricionais diferentes em relação à população geral devido a seu maior gasto energético, que exige maior consumo de energia e CHO, fundamentais à manutenção dos estoques de glicogênio (CAPLING et al., 2017). A estratégia observada para esportes como ciclismo com duração superior a 45 min é referente à refeição pré-treino no qual a ingestão de alimentos com maior disponibilidade de CHO promoveria o aumento do glicogênio muscular e hepático antes do treino/evento esportivo (BURKE, 2015).

De acordo com Spriet (2014), o manejo nutricional dos CHO no exercício físico é relevante devido ao estoque deste macronutriente ser relativamente limitado no organismo. O CHO é descrito como combustível importante para o sistema nervoso central e exerce função no trabalho muscular, sustentando diferentes intensidades de exercício, correspondente ao seu uso através das vias anaeróbicas (lática) e aeróbicas (oxidativa). Ainda, o CHO apresenta vantagens quando comparada a gordura como forma de energia, propiciando maior rendimento no exercício, isto se deve ao fato de que pode suportar o trabalho em intensidades mais elevadas através da fosforilação oxidativa, maximizando a utilização de trifosfato de adenosina por meio do volume de oxigênio que pode ser entregue à mitocôndria.

A influência de estratégias nutricionais, especialmente no desempenho prolongado ou intermitente em exercícios de alta intensidade, é reforçada pela necessidade de manter alta biodisponibilidade de CHO (estoques de glicogênio e glicose), sendo que o esgotamento dessas reservas é associado à fadiga na forma de taxas de trabalho reduzidas, habilidade e concentração prejudicadas e percepção aumentada de esforço (ACSM, 2016). Desta forma o CHO pode ser facilmente absorvido pelo organismo através da ingestão de alimentos e transformados em substrato energético. Evidências sustentam a necessidade de um manejo adequado para este grupo de indivíduos que necessitam de alta performance, através do cuidado na prescrição em períodos pré, durante e após treino e/ou competição. A recomendação para atletas no período pré-evento (antes do exercício, tempo superior a 60 min) é indicado o consumo de 1 a 4 g/kg de CHO, ajustando horário, quantidade e o tipo de alimentos e bebidas de acordo com as necessidades práticas do evento e preferências/experiências individuais (ACSM, 2016; BURKE et al., 2019).

Sendo assim, é importante adequar o consumo alimentar desses indivíduos para condições reais e previamente conhecidas acerca do manejo dietético, permitindo treinos em alto desempenho dentro de um programa de treinamento periodizado, ocorrendo de forma concomitante à ação da nutrição adequada em favor do exercício. De posse destes achados,

adequar os nutrientes e tirar o indivíduo do jejum se torna uma estratégia e pode ser utilizado para este público-alvo.

2.6.2 Estado de jejum e efeitos no desempenho

O estado de jejum é caracterizado pela ausência do consumo de fontes alimentares que forneçam energia, podendo levar o indivíduo à privação alimentar por um período prolongado, que pode variar de horas a dias. Porém, o tempo após a última refeição e o início metabólico desta condição não está definido na literatura. Sabe-se que a composição da dieta é um fator determinante para a instalação do estado de jejum, pois existe uma variação no tempo despendido para a absorção dos nutrientes (MAUGHAN, 2010). Possíveis impactos do jejum em atletas não estão bem esclarecidos, visto que os estudos apresentam limitações quanto ao modelo e desenho analisado, populações e estudos realizados com animais, o que dificulta extrapolar para a prática clínica (LIS et al., 2019). Indivíduos que realizam treinamento em jejum noturno, geralmente com a última refeição realizada na noite anterior e o exercício na manhã seguinte sem o consumo de alimentos previamente, são responsáveis por tornar a concentração de glicogênio hepático baixa, devido à sua utilização para manter a glicemia, enquanto que o glicogênio muscular pode estar em concentrações normais ou até mesmo elevadas (JEUKENDRUP, 2017).

O exercício de *endurance* é afetado pela redução de CHO, gerando queda da performance, sendo o período pré-treino ou competição um fator determinante para as consequências geradas pelo jejum. Em exercícios prolongados pode ocorrer fadiga possivelmente causada pela depleção dos estoques de CHO, hipertermia e desidratação. Ainda, a acidose metabólica, presente no jejum, poderia ser um mecanismo envolvido no início precoce da fadiga. Condições com maior catabolismo de proteínas, podem gerar maior formação de ácidos, levando o indivíduo à fadiga precocemente, esta condição pode ser observada quando o indivíduo possui dieta com baixa adequação da quantidade de CHO (MAUGHAN, 2010).

2.7 PARÂMETROS METABÓLICOS E DE PERFORMANCE NO EXERCÍCIO

2.7.1 Limiares de transição fisiológica

Limiares de transição fisiológica (LTF) são um dos parâmetros utilizados para a prescrição e avaliação de desempenho, a sua determinação é efetuada ao decorrer de testes de carga incrementais, podendo ser com a carga incrementada em estágios ou de forma contínua (rampa) (BENTLEY et al., 2007). Para determinação dos LTF consideram-se as concentrações de lactato sanguíneo ([La]), descritas e classificadas na literatura como limiar aeróbio referindo-se aos métodos empregados para identificação da intensidade no qual a [La] aumenta acima dos valores de repouso. Enquanto o limiar anaeróbio é representado através de métodos que identificam a intensidade do segundo aumento abrupto na [La], correspondendo à mudança da predominância do sistema limiar aeróbio para anaeróbio, e que subjetivamente correspondem a maior intensidade em que a produção de [La] é igual à taxa de remoção (MEYER et al., 2005).

2.7.2 Consumo máximo de oxigênio (VO_{2max})

Para descrever a potência aeróbia, destaca-se um parâmetro importante para esta avaliação, o VO_{2max} . Ele representa a taxa máxima de captação, transporte e utilização de oxigênio pelos tecidos, em especial o tecido muscular (BASSETT; HOWLEY, 2000). O VO_{2max} é considerado bom indicador da capacidade do sistema cardiovascular, a partir do transporte do oxigênio que ingressa no organismo através da respiração, a troca gasosa gerada pelos pulmões, permite com que o oxigênio se difunda no sangue, sendo então, transportado pelo coração por intermédio das artérias e disseminando-se dos capilares sanguíneos para os músculos (BASSETT; HOWLEY, 2000). O VO_{2max} é definido como sendo o maior valor atingido de consumo de oxigênio e sua determinação ocorre geralmente ao longo do teste incremental, sendo identificado por variados padrões (SCHAUN, 2017).

2.7.3 Produção de dióxido de carbono (VCO_2)

A produção de dióxido de carbono (VCO_2) apresenta mudanças em seu padrão durante o exercício de carga progressiva, juntamente com o VO_2 , sendo considerado como limiar ventilatório. Durante o exercício ocorre o aumento sistêmico de VCO_2 , em decorrência da elevada produção de CO_2 , em resposta ao tamponamento do H^+ pelo bicarbonato (HCO_3^-). Assim como descrito no LTF, com o incremento na intensidade, e o segundo aumento abrupto, ocasionando alteração da predominância do sistema limiar aeróbio para anaeróbio, também denominado ponto de compensação respiratório, provoca hiperventilação, necessária para a diminuição da pressão parcial de dióxido de carbono venosa e para restabelecimento das concentrações de bicarbonato aumentando assim o pH plasmático (MEYER et al., 2005).

2.7.4 Percepção subjetiva de esforço (PSE)

A PSE é uma das variáveis mais utilizadas para fins de pesquisa relacionada ao exercício. Seu método está baseado na capacidade que o atleta possui em monitorar o seu estresse fisiológico durante uma sessão de treino ou competição (HALSON, 2014). A PSE pode ser avaliada por meio da escala de Borg de 15 pontos (6 a 20), em que o indivíduo é orientado a apontar a sua percepção de esforço naquele ponto do teste (BORG, 1982).

2.7.5 Quociente respiratório (QR) e taxa de troca respiratória (RER)

Diferentes intensidades e duração de exercício apresentam relevantes demandas energéticas, sendo a oxidação de gordura e carboidrato vias substanciais que atendem a necessidade energética durante o exercício. Em treinamentos de resistência predomina a oxidação de gordura em exercícios contínuos em intensidades submáximas. Contudo, à medida que a intensidade do exercício aumenta em relação ao $VO_{2\text{máx}}$ entre 60-75%, a contribuição absoluta e relativa dessa oxidação diminui, sendo praticamente imperceptível acima de 85% do $VO_{2\text{máx}}$. Ao passo que a oxidação de carboidrato se torna predominante, isto

posto, o grande objetivo para atletas e indivíduos bem treinados que competem em eventos de resistência de alta intensidade é otimizar a oxidação de CHO (ACHTEN; GLEESON; JEUKENDRUP, 2002; ACHTEN; JEUKENDRUP, 2003; BROOKS; MERCIER, 1994; KNECHTLE; MÜLLER; KNECHT, 2004).

No entanto, o RER também pode sofrer influência por fatores comportamentais como ingestão de gordura a partir da dieta e metabólicos a partir do conteúdo glicogênio muscular e substratos circulantes (VENABLES; ACHTEN; JEUKENDRUP, 2005).

Corredores bem treinados, submetidos a treinamento de alta intensidade em ritmo próprio comparados à corredores recreacionais apresentam taxas de oxidação de carboidrato semelhantes, em contrapartida as taxas de oxidação de gordura foram quase três vezes maiores em alta intensidade (HETLELID et al. 2015).

Cipryan, Tschakert e Hofmann (2017) propuseram um estudo para avaliar as diferenças de respostas agudas e o pós-exercício de alta intensidade em diferentes variáveis metabólicas, dentre elas a taxa de troca respiratória, em 16 homens altamente treinados que participavam de eventos esportivos de *endurance* ou *sprints*, submetidos às sessões de treinos de alta intensidade curto, longo e a exercício de carga constante. Os autores observaram que houve diferença entre atletas de *endurance* e *sprint*, nos quais atletas de resistência apresentaram estímulo considerável da via glicolítica anaeróbia apenas no primeiro intervalo do protocolo de alta intensidade longo, enquanto atletas de *sprint* demonstraram aumento da via nos 3 primeiros intervalos do mesmo protocolo, indicando maior dependência em relação à produção de lactato anaeróbico. O estudo revelou que atletas de resistência podem realizar diferentes formatos de treinamento de alta intensidade, apresentando maior confiabilidade no desenvolvimento da capacidade de vias metabólicas aeróbias, sugerindo que especialmente em atletas de *endurance* a diminuição de forma progressiva do RER indica que atletas e treinadores precisam analisar o objetivo principal do programa de treinamento for o desenvolvimento da via metabólica glicolítica, para melhor desempenho muscular prolongado em alta intensidade.

Kang e colaboradores (2019) avaliaram 7 homens e 7 mulheres submetidos a diferentes protocolos experimentais que envolviam corrida em esteira com 60% de $VO_{2máx}$, a fim de examinar o efeito entre exercício, balanço energético e utilização de substrato e observaram que o exercício de moderada intensidade pode promover o aumento da oxidação de gordura em repouso, inclusive quando o gasto energético promovido pelo exercício é equilibrado pela ingestão de energia, podendo sugerir que a ação muscular pode contribuir para a utilização de gordura como substrato energético.

3 MÉTODOS

3.1 TIPO DO ESTUDO

Este estudo caracteriza-se como um ensaio clínico randomizado controlado e *cross-over*. A seleção dos participantes foi do tipo intencional não-probabilística, sendo composta, ao final do estudo, por oito ciclistas treinados do sexo masculino, com idade entre 20 e 45 anos. Todos os participantes deveriam ter no mínimo dois anos de experiência com o treinamento e competições. Os participantes do estudo foram recrutados a partir de divulgação nas equipes de ciclismo e *triathlon* da grande Florianópolis. Foram excluídos os indivíduos que apresentaram condição clínica de doença, fumantes, com uso contínuo de medicamentos e/ou suplementos alimentares, que apresentassem aversão, intolerância ou complicações decorrentes da ingestão da infusão de EM ou de algum de seus componentes.

Para as análises de dados, foram excluídos cinco voluntários, sendo um por desistência do estudo; dois por terem realizado apenas o teste incremental (período basal); e dois por terem realizado apenas um dos três tratamentos da pesquisa, pois tiveram seus testes interrompidos devido à suspensão de atividades presenciais na universidade em decorrência da pandemia de Covid-19. A Figura 1 exibe as etapas do processo de amostragem.

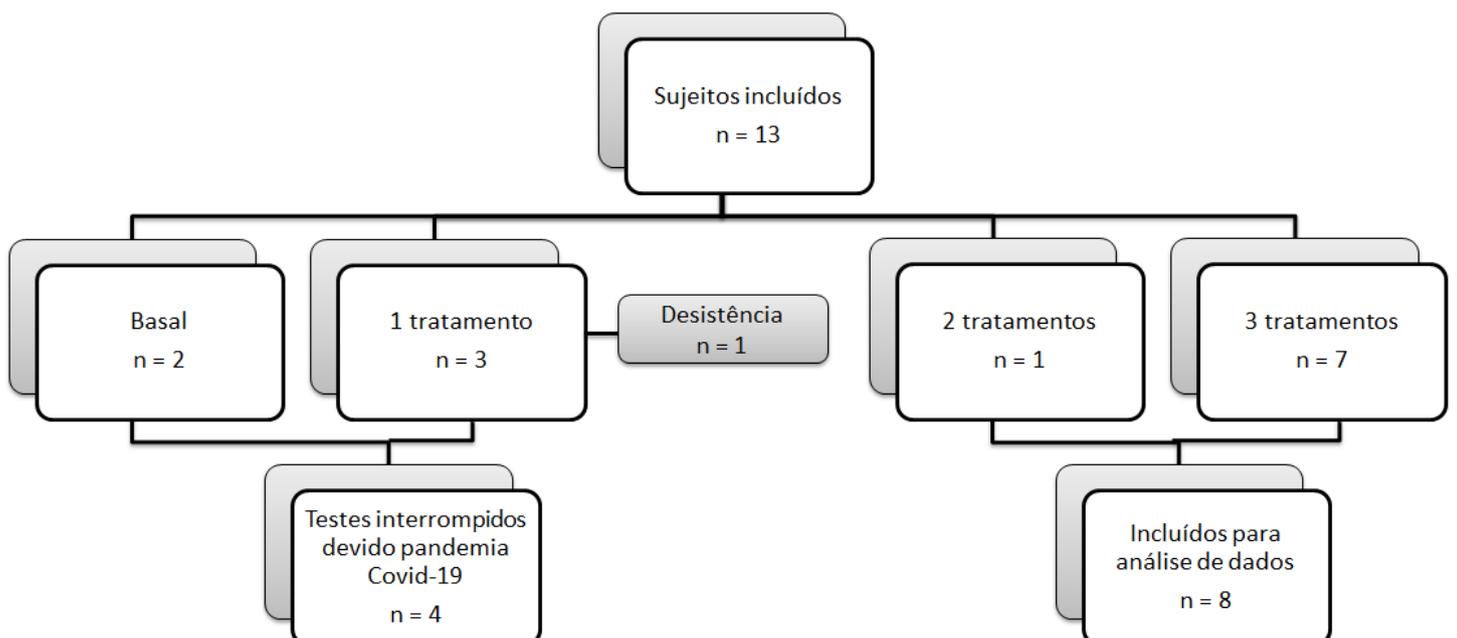


Figura 1. Fluxograma do processo de amostragem do estudo

3.2 DESENHO DO ESTUDO

Os participantes foram randomizados de forma *cross-over* em três grupos de intervenção: grupo com a infusão de EM e refeição de carboidrato (EM + CHO), grupo em jejum com apenas a infusão de EM (EM + J) e grupo controle com água e refeição de carboidrato (CHO + A). O período de *washout* entre os tratamentos foi de sete dias. O protocolo experimental foi realizado em um mesmo período do dia ($\pm 1h$) para minimizar a interferência das variações biológicas.

Antes de iniciarem os procedimentos para a coleta de dados, os indivíduos convidados a participarem do estudo foram esclarecidos sobre os objetivos e os métodos da pesquisa e na sequência, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice 1). O estudo foi dividido em quatro etapas (período basal e as três diferentes intervenções). O período basal compreendeu um encontro, em que foi preenchido um questionário de identificação do participante (Apêndice 2); foi realizada coleta sanguínea para fins de avaliação do estado de saúde geral; foi realizada a análise de composição corporal; e foi orientado sobre os procedimentos de controle de exercício e alimentação durante o protocolo experimental. Logo após, neste mesmo encontro, os participantes foram submetidos a um teste incremental no cicloergômetro, sendo que os dados desse teste foram utilizados como embasamento para a aplicação do protocolo experimental de exercício realizado posteriormente com as intervenções dietéticas.

A Figura 2 mostra o esquema do protocolo experimental que foi realizado em cada uma das visitas de intervenção. Nas três visitas seguintes ao período basal, conforme randomização, foram realizadas as três intervenções. Nos grupos de intervenção com a infusão de EM (EM + J e EM + CHO), foi solicitado que os participantes ingerissem sete dias antes do protocolo de exercício a mesma quantidade de infusão de EM do dia do teste (5 g de EM em 250 mL de água fervente). Desta forma, foram fornecidos pacotes individuais da EM ultrarefinada porcionada em 5 g, um copo dosador para serem preparados em casa no volume indicado, além das orientações para o preparo adequado da infusão que consistia no aquecimento de água a 90°C, adição de 1 pacote de EM (contendo 5 g) e adição de 250 mL de água, mantendo em infusão por 10 min para melhor extração dos compostos bioativos (MURAMAKI et al, 2011). Após o preparo da infusão, os indivíduos foram orientados a consumir a bebida em até 5 min, para minimizar possíveis perdas dos compostos presentes na EM. Nos grupos que receberam a refeição de carboidrato pré-teste, foi ofertado aos

participantes nos dias dos testes, uma hora antes de iniciar o protocolo do exercício, pão de forma branco com xarope de milho, os quais foram ajustados às suas necessidades individuais de CHO, considerando a massa corpórea de cada participante, em quantidades que perfazem um total de 1g de CHO por kg de massa corporal, conforme preconizado pelo *American College of Sports Medicine* e pela *Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada* (2016).

Em todas as visitas, os participantes foram instruídos a chegarem ao Laboratório de Esforço Físico (LAEF) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em jejum noturno de 10 h, seguindo os protocolos de controle dietético e de exercício físico no qual deveriam manter seu padrão habitual de exercícios e de alimentação ao longo de todo o estudo. Além disso, nos sete dias que antecederam os testes foi excluído o consumo de bebidas ou alimentos com conhecidas propriedades antioxidantes e estimulantes, tais como o chá verde, chá preto, e vinhos, os quais poderiam interferir nos resultados do estudo devido à similaridade de compostos bioativos da EM na composição dessas bebidas, além de bebidas alcoólicas.

Em duas, das três visitas de intervenção, 60 min antes do protocolo de exercício foi oferecida refeição com CHO (Grupos EM + CHO e CHO + A); 40 min antes do protocolo de exercício foi realizada a ingestão de infusão de EM ou água (250 mL); imediatamente antes do protocolo do exercício foi realizada uma coleta sanguínea da veia intermédia do braço, a fim de observar o aumento de fenólicos no sangue promovido pela ingestão da infusão de EM, como também para avaliar os parâmetros de EO. Logo em seguida, foi realizado efetivamente o protocolo de exercício para mensurar as variáveis metabólicas e de performance. Durante a execução do protocolo de exercício foram coletadas amostras sanguíneas do lóbulo da orelha para verificar as concentrações de lactato e glicose. Logo ao final do protocolo de exercício, foi realizada nova coleta sanguínea na veia intermédia do braço para avaliar as variações bioquímicas que possam ter sido influenciadas após o exercício.

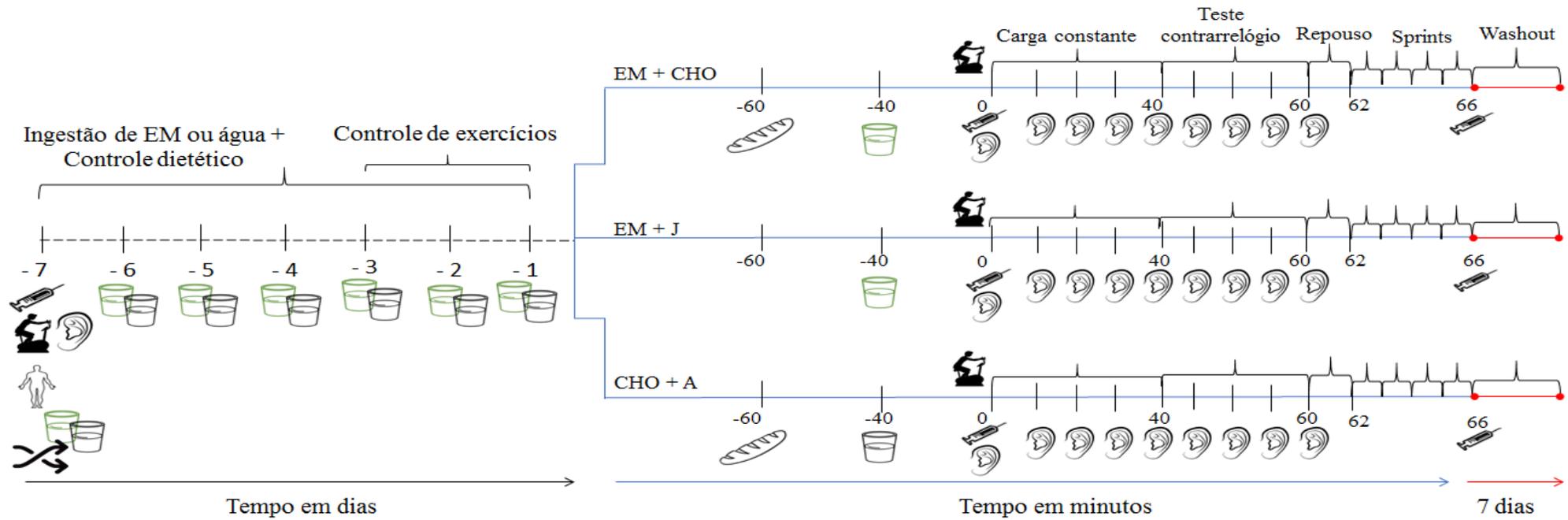
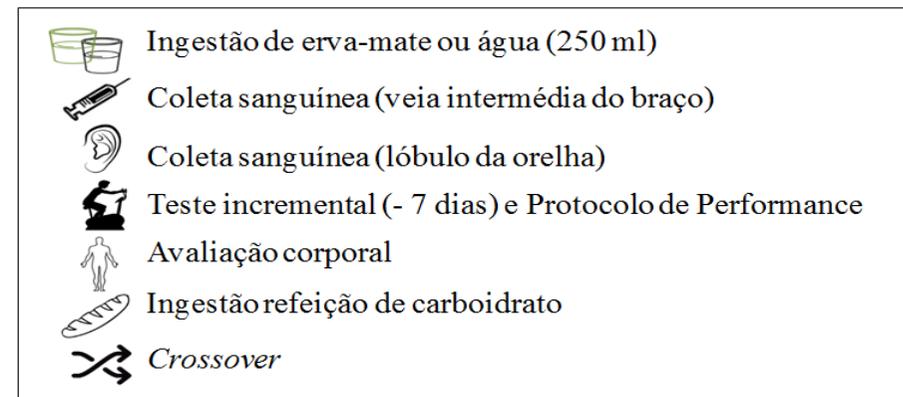


Figura 2. Esquema do desenho do estudo.



EM + CHO, erva-mate e refeição de carboidrato; EM + J, erva-mate e jejum; CHO + A, refeição de carboidrato e água

3.3 TESTE INCREMENTAL

O teste incremental foi realizado em cicloergômetro (Lode Excalibur Sport, Lode BC, Groningen, Holanda) e iniciou com carga de 100 watts (W) tendo estágios de 3 minutos e incrementos em 30 W a cada estágio, até a exaustão voluntária máxima. Os sujeitos foram orientados a manter a sua cadência preferida durante todo o teste com uma variação de mais ou menos 5 rotações por minuto (rpm). A falta de sustentação da cadência no pedal (queda de mais de 10 rpm por mais de 10 segundos e/ou exaustão voluntária, foram os critérios utilizados para a interrupção do teste). No final de cada estágio, amostras de sangue (25 µL) capilar do lóbulo da orelha foram coletadas por meio de um capilar heparinizado e, imediatamente transferidas para microtubos de polietileno com tampa de 1,5 mL, contendo 50 µL de solução de fluoreto de sódio (NaF) 1 % e armazenado em gelo. As análises das concentrações de lactato sanguíneo ([La]) e glicose foram realizadas utilizando um analisador eletroquímico (YSI 2700 STAT, Yellow Spring, Ohio, EUA). As trocas respiratórias (consumo de oxigênio [VO₂] e produção de gás carbônico [VCO₂]) foram mensuradas respiração-por-respiração durante todo o teste com a utilização de um analisador de gases (K5 – COSMED, Roma, Itália). A frequência cardíaca (FC) foi monitorada por meio de uma cinta peitoral conectada aos analisadores de gases (Garmin, Olathe, Kansas, EUA), permitindo o registro e o armazenamento do comportamento da FC a cada batimento cardíaco durante todo o teste.

Todos os dados de trocas gasosas foram filtrados usando o software K5: Omnia; COSMED, Roma, Itália nos quais foram aplicados filtros para descartar os pontos *outliers*, depois disso, os dados foram reduzidos à média de 15 segundos para análise posterior.

A partir do teste incremental foi determinada a potência aeróbia máxima (PAM). A PAM foi considerada a potência do último estágio completo durante o teste incremental, se o último estágio não fosse completado a PAM foi determinada conforme a seguinte fórmula de Kuipers et al. (1985):

$$PAM = PC + (t \div 180 \times 30)$$

em que, PC é a potência do último estágio completado, t é o tempo do estágio incompleto (segundos), 180 é o tempo dos estágios (i.e., 180 seg = 3 minutos) e 30 é o incremento de potência entre os estágios (i.e., 30 W).

O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) foi determinado como a maior média de 15 segundos no VO_2 medido durante o teste. Os limiares de lactato 1 e 2 (LL1 e LL2, respectivamente), foram determinados conforme o método proposto por Dickhuth et al. (1991). Sendo o LL1 determinado como a intensidade de exercício (i.e., potência) em que houve o menor valor da razão $[La]$ e potência ($[La] \div$ potência). Já o LL2 foi determinado como a intensidade de exercício equivalente a 1,5 mmol/L acima da contração de $[La]$ correspondente ao LL1. Um exemplo da determinação dos limiares em um sujeito representativo é apresentado na Figura 3.

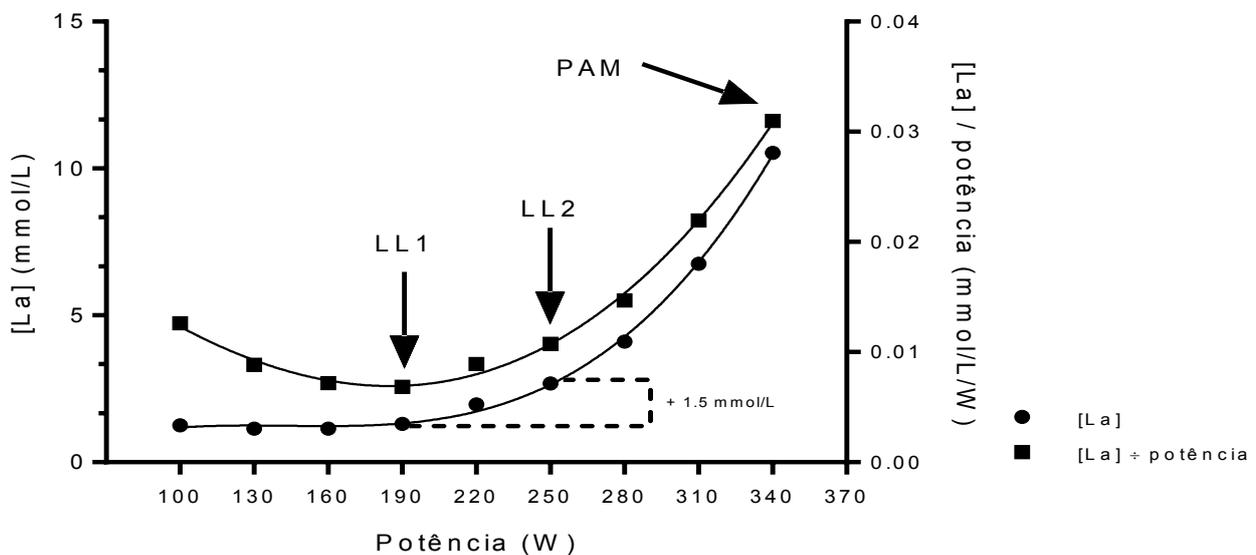


Figura 3. Representação do protocolo de teste incremental para determinação dos parâmetros metabólicos em um sujeito representativo. LL1 = primeiro limiar de lactato, LL2 = segundo limiar de lactato, PAM = potência aeróbia máxima.

3.4 AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE

3.4.1 Testes de exercício de ciclismo

Os participantes iniciaram a avaliação pedalando por 40 minutos em carga constante (CC) na intensidade correspondente a 95% do LL1, ou seja, em intensidade moderada. Imediatamente após o exercício de 40 minutos, os participantes realizaram um teste

contrarrelógio (CR) de 20 minutos, seguido de 2 minutos de descanso e, por fim, foram instruídos a realizarem quatro *sprints* de 10 segundos *all out*, pedalando o mais rápido possível, com intervalos de descanso de 50 segundos (entre cada *sprint*) em uma carga de 20 W ($4 \times 10/50$ segundos).

Os 40 min em CC foram realizados no modo de potência fixa do cicloergômetro (Lode Excalibur Sport, Lode BC, Groningen, Holanda), sendo a intensidade de exercício fixada em 95% da potência correspondente ao LL1 previamente determinado a partir do teste incremental. No CR, o modo linear do cicloergômetro foi utilizado, a fim de deixar a potência livre para o ciclista desempenhar o seu melhor. Assim, de forma que os participantes completassem em 20 minutos uma quantidade de trabalho mecânico (W) de forma individualizada foi dada de acordo com a seguinte fórmula:

$$W = L \times (rpm)^2$$

em que, rpm é a cadência de pedalada e L é um fator linear. O fator linear foi determinado como:

$$L = \frac{(rpm)^2}{PA}$$

em que, rpm é a cadência preferida do sujeito e PA é a potência aproximada esperada para a duração do CR.

A PA foi determinada como 110% do LL2 a partir de resultados de estudos prévios na mesma coorte de ciclistas realizados previamente (BORSZCZ et al., 2018; TRAMONTIN, 2019). Ao final do teste de CR os sujeitos repousaram por 2 min, sendo que neste tempo a máscara do analisador de gases foi removida. Logo em seguida os sujeitos realizaram 4 *sprints* de 10 segundos *all out* com intervalos de 50 segundos, durante os *sprints* no modo “*wingate*” do ergômetro com um fator de resistência de $0.075 \times$ massa corporal (kg) do sujeito.

Durante os 40 min em CC e os 20 minutos de CR as trocas gasosas e a FC foram monitoradas continuamente. As amostras de sangue capilar foram obtidas durante o repouso, a cada 10 minutos durante a CC e a cada 5 minutos durante o CR. A PSE foi solicitada aos sujeitos a cada 8 e 5 minutos durante a CC e CR, respectivamente. A escala de PSE utilizada foi a de Borg de 15 pontos (6 a 20) (BORG, 1982), durante o teste de CC foi realizada a cada 8 min, no CR a cada cinco min e ao final dos *sprints*. Um exemplo do protocolo de performance de um sujeito representativo como a demonstração dos pontos nas quais foram obtidas as respostas cardiorrespiratórias, metabólicas e subjetivas é apresentado na Figura 4.

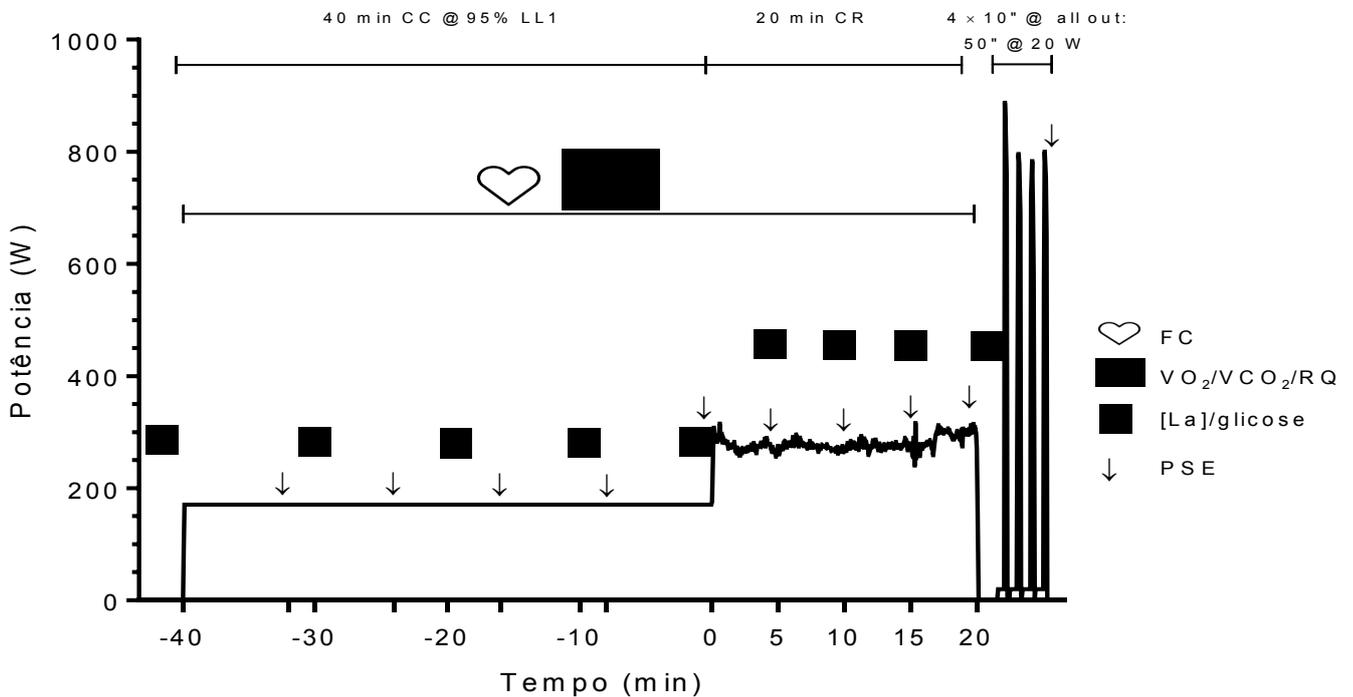


Figura 4. Representação do protocolo de avaliação da performance e respostas metabólicas de um sujeito representativo. *all out* = máximo esforço possível, CC = carga constante, CR = contrarrelógio, FC = frequência cardíaca, LL1 = primeiro limiar de lactato, VO_2 = consumo de oxigênio, VCO_2 = produção de gás carbônico, PSE = percepção subjetiva do esforço, RQ = quociente respiratório, [La] = concentração de lactato sanguíneo.

Foi dada motivação verbal para os participantes durante o teste, de forma a corresponder com a realidade de estímulo que ocorre em provas e treinos de atletas. Durante os testes os sujeitos puderam beber água livremente, quando o sujeito pedia para beber água a máscara de mensuração das trocas gasosas era removida por um pesquisador por um breve período de tempo (~30-40 segundos), assim, esses períodos foram anotados e descartados da análise dos gases posteriormente.

A fim de manter as condições laboratoriais para os protocolos de testes, padronizou-se a condução das sessões de exercício quanto à temperatura (~21° C) e umidade relativa do ar (~55%).

3.5 DETERMINAÇÕES DAS RESPOSTAS METABÓLICAS

A partir do VO_2 e do VCO_2 foi possível calcular o QR, dado como a razão entre VCO_2/VO_2 .

As taxas de oxidação de gordura e carboidrato (FRAYN, 1983), foram apresentadas em g/min, estimadas através do analisador de gases, sendo calculadas de acordo com as seguintes fórmulas:

$$\text{Oxidação de gordura} = (1,695 \times VO_2) - (1,701 \times VCO_2)$$

$$\text{Oxidação de carboidrato} = (4,21 \times VCO_2) - (2,962 \times VO_2)$$

3.6 AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

A avaliação corporal foi utilizada para caracterizar os indivíduos no período basal. A massa corporal foi medida utilizando-se uma balança com resolução de 0,1 quilogramas (kg) (Soehnle, Alemanha). Para a determinação da estatura foi utilizado um estadiômetro com resolução de 1mm (Sanny, EUA). A massa corporal foi registrado em quilogramas e a estatura foi registrada em centímetros. A estatura foi transformada em metros para possibilitar o cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC), definido como massa corporal (kg) dividido pela estatura ao quadrado (m^2). A mensuração da composição corporal foi realizada por meio da densitometria computadorizada por absorciometria radiológica de dupla energia (DEXA), modelo Lunar Prodigy Advance General Electric-GE® (Diegem, Bélgica). Para minimizar a influência desses fatores, foram realizadas algumas recomendações prévias aos participantes: 1) utilizar vestuários apropriados; 2) estar descalço; 3) não fazer uso de brincos e/ou anéis e/ou qualquer tipo de metal. A realização do exame teve duração aproximada de 15 minutos. Foram obtidos os valores de massa magra e massa gorda, expressos em quilograma, além do percentual de gordura do indivíduo, para fins de caracterização da amostra estudada.

3.7 CONTROLE DIETÉTICO E AVALIAÇÃO DO CONSUMO ALIMENTAR

Os indivíduos tiveram o controle dietético padronizado, iniciando este controle sete dias que antecederam o teste de incremental (período basal) e permanecendo durante todo o protocolo de testes de performance. Este controle foi realizado a partir de orientações individuais de consumo de alimentos, bebidas e suplementos que não poderiam ser consumidos ao longo deste período (28 dias), para garantir que não ocorressem interferências alimentares de nutrientes ingeridos com os compostos ativos presentes na EM e, conseqüentemente, não gerasse conflitos com possíveis resultados que pudessem ser obtidos. Tais orientações consistiram em não ingerir os seguintes alimentos e bebidas, chás/infusão, chimarrão/tereré ou qualquer bebida ou alimento com EM, multivitamínicos ou suplementos com propriedades antioxidantes, bebidas alcoólicas e controle da ingestão de cafeína (café, suplemento ou qualquer bebida com cafeína em sua composição) que não poderiam ultrapassar o máximo de 200 mg/dia (BURKE, 2015; BURKE, 2019).

Para garantir que não houvesse diferença e influência do consumo alimentar habitual dos participantes nas intervenções dietéticas utilizadas, o consumo alimentar foi monitorado através de registros alimentares (RA) de três dias (dois dias de semana e um dia de final de semana) (Apêndice 3), os quais foram preenchidos em cada uma das semanas de intervenção, totalizando 9 RA preenchidos por cada participante. Os participantes receberam instruções de uma nutricionista sobre como preencher adequadamente o instrumento. Os dados alimentares foram conferidos no momento da entrega, transformados em massa ou volume (gramas ou mililitros) com auxílio da tabela de medidas caseiras (Pinheiro, 2004) e, posteriormente, nutricionalmente calculados, primeiramente a partir da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), depois da Tabela de Composição de Alimentos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), e por fim de outras tabelas de composição de alimentos e rótulos de alimentos, quando necessário. Os dados foram tabulados com dupla entrada de dados no *software Microsoft Excel 2010* para posterior análise estatística.

3.8 AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA

3.8.1 Coleta sanguínea

A avaliação bioquímica foi realizada a partir da coleta de sangue tanto no período basal, que compreende o teste incremental, sendo realizada no Hospital Universitário da UFSC, quanto na avaliação da performance para os três protocolos (EM + CHO, EM + J e CHO + A), realizada diretamente no LAEF. No período basal ocorreu apenas uma coleta de sangue, enquanto na avaliação da performance ocorreram duas coletas em cada uma das intervenções realizadas. A primeira foi realizada imediatamente antes do início do teste, correspondendo ao tempo zero, e a segunda ao final de todo o protocolo do teste de performance, logo após o último *sprint*.

O sangue foi coletado por profissional habilitado através de punção de veia intermediária a partir de um sistema de vácuo (Vacutainer-BD, São Paulo, SP, Brasil) utilizando tubos de heparina de lítio e tubos sem anticoagulante ou aditivos que foram utilizados para armazenar o sangue coletado. As alíquotas de soro foram obtidas por centrifugação ($1.000 \times g$, 15 minutos; a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$) para a separação de soro e plasma e prontamente armazenadas em microtubos (Eppendorf, Hamburgo, Alemanha), em duplicata, a temperatura de -80°C para realização de dosagens laboratoriais.

3.8.2 Exames laboratoriais

Para caracterizar o estado de saúde dos participantes no período basal, foram determinados alguns parâmetros bioquímicos a partir das dosagens sanguíneas. As concentrações séricas de colesterol total e triglicerídios foram determinadas por métodos enzimáticos, automatizados e colorimétricos (reação de Trinder), usando as enzimas colesterol-oxidase e glicerol fosfato oxidase, respectivamente, e o HDL-c por método homogêneo, em equipamento automatizado Wiener Analyzer, de acordo com as instruções do fabricante (Wiener Laboratórios S.A.I.C - Rosario, Argentina). O LDL-c foi calculado pela equação de Friedewald (FRIEDEWALD; LEVY; FREDRICKSON, 1972): $(\text{LDL} = (\text{CT} -$

(HDL + TG/5) e o Não HDL-c foi obtido pela diferença do CT e do HDL-c, os valores de referência seguem recomendação da Diretriz Brasileira de Dislipidemia e Aterosclerose. Para um maior controle intrapessoal das variáveis bioquímicas, foram determinadas as concentrações sanguíneas de uréia, creatinina, glicose, ácido úrico, hemograma completo e as atividades das enzimas alanina aminotransferase (TGP), aspartato aminotransferase (TGO) e proteína C reativa. Essas análises foram avaliadas pelos métodos usuais na rotina de laboratório, em equipamentos automatizados – Wiener Analyzer (Wiener Laboratórios S.A.I.C. - Rosario, Argentina) e Sysmex XE-2100D (Kobe, Japão), segundo as instruções dos fabricantes e seguem valores de referência do laboratório. Estes exames foram realizados no período basal, em um único momento, no Hospital Universitário Professor Polydoro Ernani de São Thiago da UFSC.

3.8.3 Avaliação de compostos fenólicos totais plasmáticos

Para garantir que o consumo de EM modificou os parâmetros sanguíneos em relação aos seus principais compostos bioativos, foi realizada a avaliação da concentração de compostos fenólicos totais (CFT) no plasma, determinada com técnica padronizada por meio do método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, conforme descrito por Serafini, Maiani e Ferroluzzi (1998). Para dar início aos procedimentos de extração dos compostos fenólicos foi utilizado 250 μ L de plasma, a partir de então foi realizada a primeira extração, no qual adicionou-se HCl 1M nas amostras, para ocorrer a hidrólise dos compostos fenólicos. Após a incubação a 37 °C por 30 minutos, foi adicionado NaOH 2M. O preparo foi novamente incubado, seguindo as mesmas condições de tempo e temperatura. Para a remoção das proteínas, adicionou-se ácido tricloroacético 20%. O preparo foi centrifugado a $1.600 \times g$ por 10 min. O sobrenadante foi retirado e guardado a - 4 °C. A segunda extração foi feita utilizando acetona 50%. O tubo foi centrifugado em $2.800 \times g$ por 10 minutos. O sobrenadante da segunda extração foi unido com o da primeira para então se obter a concentração de polifenóis totais. Para a curva padrão utilizou-se ácido gálico 200 μ g/mL. Aliquotas de 300 μ L do sobrenadante total foram retiradas e colocadas em um tubo contendo água deionizada e etanol 95%. Foi então adicionado 80 μ L do corante Folin-Ciocalteu 50%. Passados os 5 minutos de incubação, foi adicionado 150 μ L carbonato de sódio 5%. Após 1

hora de repouso as amostras foram medidas em triplicata com uma absorbância de 765 nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico/L.

3.8.4 Capacidade Antioxidante Total (TAC)

A TAC no soro foi avaliada de acordo com o método descrito por Erel (2004). O método baseia-se na habilidade dos antioxidantes bloquearem o cátion radical estável ABTS [2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico], um cromóforo azul-esverdeado com absorção máxima em 660 nm, em comparação com a capacidade antioxidante do Trolox, o análogo hidrofílico da vitamina E. A adição de antioxidantes ao cátion radical pré-formado reduz o radical a ABTS com consequente descoloração da solução. A solução de ABTS foi preparada em peróxido de hidrogênio 2:0 mmol em meio ácido. Após a adição de 5 µL da amostra ou de trolox em 20 µL da solução de ABTS e 200 µL de tampão acetato 0,4 M, a absorbância foi medida imediatamente após a sua homogeneização em leitor de microplacas (Epoch-Biotek Instruments®, Winooski, Vermont, EUA), utilizando-se o software GEN 5®. Os resultados foram expressos em mmol de trolox equivalente por litro.

3.8.5 Estado Oxidante Total (TOS)

O TOS foi mensurado a partir do protocolo de Erel (2005). Os oxidantes presentes na amostra de soro agem sobre o complexo formado com o íon ferroso e a o-dianisidina para íon férrico. A reação é facilitada pelas moléculas de glicerol presentes em grande quantidade no meio reacional. O íon férrico forma um complexo colorido com o alaranjado de xilenol em meio ácido. A intensidade da cor é proporcional ao número total de moléculas presentes e pode ser lida em espectrofotômetro. O ensaio foi calibrado com peróxido de hidrogênio e a absorbância foi medida a 560 nm em leitor de microplacas (Epoch-Biotek Instruments®, Winooski, Vermont, EUA), utilizando-se o software GEN 5®. Os resultados foram expressos em µmol de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) equivalente por litro.

3.8.6 Índice de Estresse Oxidativo (IEO)

A proporção de TOS para TAC foi mensurada como o Índice de Estresse Oxidativo (IEO) (CINGI YIRÜN et al., 2016). Para os cálculos, o valor do foi obtido de acordo com a seguinte fórmula: IEO (unidade arbitrária) = TOS ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ equiv./L)/TAC (mmol trolox equiv./L).

3.9 PREPARO E DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DA INFUSÃO DE ERVA-MATE

As folhas secas e refinadas de EM (*Ilex paraguariensis*) foram fornecidas pela empresa Indústria Mate Laranjeiras, localizada na cidade de Laranjeiras do Sul/PR. Um exemplar da planta foi identificado como autêntico pelo Departamento de Botânica da UFSC. A infusão de EM foi preparada com 5 g de folhas para 250 mL de água filtrada, de acordo com o protocolo de preparo sugerido por Murakami et al. (2011). Esta dosagem de 5 g de folhas de EM já foi utilizada em outros estudos similares com seres humanos e não apresentou complicações ou desconfortos aos indivíduos avaliados (BOAVENTURA et al., 2015; ALKATIB; ATCHESON, 2017; ARETA et al., 2018). As infusões foram preparadas de forma a se adequarem ao momento exato do protocolo de pesquisa em que deveria ser feita sua ingestão, considerando o tempo de infusão (10 minutos) e ingestão pelos participantes, sendo estipulado e padronizado um tempo máximo de até 5 minutos para o consumo pelos participantes, a fim de minimizar a oxidação dos compostos bioativos. Alíquotas da infusão de EM foram armazenadas para posterior análise química de seus compostos bioativos. Ainda, para os voluntários que estiveram nos grupos EM + CHO e EM + J, foi padronizado que todos ingerissem a infusão de EM pela manhã.

O teor de CFT da infusão de EM foi determinado espectrofotometricamente de acordo com o método de Folin-Ciocalteu descrito por Serafini, Maiani e Ferro-Luzzi (1998). Em resumo, foi realizada a pesagem de 5 g de amostra de EM e preparada a infusão em 250 mL de água deionizada a 90° C, na qual permaneceu durante 10 min para melhor extração dos compostos fenólicos. Após a infusão estar pronta, as amostras foram filtradas e foi feita uma diluição de 20 vezes (1 mg/mL), estando prontas para serem analisadas. O método de

determinação de CFT no extrato é o mesmo utilizado para a análise de CFT no plasma. Os resultados foram expressos em μg de equivalentes de ácido gálico/mL.

Para análise e detecção de compostos bioativos isolados da infusão de EM, foi utilizada a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), de acordo com a metodologia descrita por Farah e colaboradores (2005), com adaptações de Alves (2016). O preparo da infusão consistiu em pesar 0,05 g de EM e em 50 mL de água deionizada (1 mg/mL) a 90°C por 10 minutos. Após a filtração foi retirada uma alíquota de 1 mL e centrifugada por 10 minutos a 1000 g, no intuito de retirar possíveis partículas que não foram removidas durante a primeira filtração. As amostras foram novamente filtradas, utilizando uma membrana de 0,45 μm . Alíquotas de 20 μL foram injetadas no cromatógrafo, equipado com coluna de fase reversa (Sulpeco C18, 4,6 mm x 250 mm, 5 μm) e pré-coluna (Phenomenex C18, 4 mm x 2 mm, 5 μm) conectada ao degaseificador DGU 20A5 com integrador CBM 20A e detector UV-Visível DAD SPD-M20A (Shimadzu, Kyoto, Japão). O equipamento operou em 325 nm para a detecção de ácidos clorogênicos e hidroxicinâmicos e em 280 nm para cafeína, ácido cafeico, gálico e p-cumárico. O fluxo utilizado foi de 1,0 mL/min em um gradiente linear. A fase móvel foi composta de 80% de solução de ácido cítrico 10 mM (pH = 2,5), acidificada com ácido clorídrico 6N e 20% de metanol (fases A e B).

A identificação dos compostos foi feita por meio de comparação com os tempos de retenção de seus respectivos padrões. Para a análise quantitativa foram utilizadas as curvas de calibração de cada padrão. A concentração final foi determinada pela média de três injeções consecutivas e os valores foram expressos em $\mu\text{g/mL}$.

3.10 VARIÁVEIS DO ESTUDO

Para este estudo serão consideradas as variáveis descritas no quadro a seguir (Quadro 2).

Quadro 2. Variáveis do estudo.

| Variável | Tipo de variável | Unidade de medida |
|---------------------------------------|-------------------------|--|
| Idade (anos) | Quantitativa contínua | Anos |
| Massa corporal | Quantitativa contínua | kg |
| Altura | Quantitativa contínua | Cm |
| IMC | Quantitativa contínua | kg/m ² |
| Massa corporal magra | Quantitativa contínua | kg |
| Massa corporal gorda | Quantitativa contínua | kg |
| Percentual de gordura corporal | Quantitativa contínua | % |
| Atividade física | Quantitativa contínua | h/semana |
| Lactato | Quantitativa contínua | mmol/L |
| Glicose (lóbulo orelha) | Quantitativa contínua | g/L |
| Frequência cardíaca | Quantitativa contínua | bpm |
| VO ₂ | Quantitativa contínua | mL/min |
| VCO ₂ | Quantitativa contínua | mL/min |
| Quociente respiratório | Quantitativa contínua | unidade adimensional |
| Oxidação de lipídio | Quantitativa contínua | g/min |
| Oxidação de carboidrato | Quantitativa contínua | g/min |
| Potência mecânica | Quantitativa contínua | W |
| Percepção subjetiva de esforço | Quantitativa contínua | unidade arbitrária |
| Compostos fenólicos totais plasmático | Quantitativa contínua | mg de equivalentes de ácido gálico/L |
| Capacidade antioxidante total | Quantitativa contínua | mmol trolox equivalente por litro |
| Estado oxidante total | Quantitativa contínua | µmol H ₂ O ₂ equivalente por litro |
| Índice de estresse oxidativo | Quantitativa contínua | unidade arbitrária |
| Compostos fenólicos totais na infusão | Quantitativa contínua | µg de equivalentes de ácido gálico/mL |
| Cafeína | Quantitativa contínua | (µg/mL) |
| Ácido cafeico | Quantitativa contínua | (µg/mL) |
| Ácido clorogênico | Quantitativa contínua | (µg/mL) |
| Ácido p-cumárico | Quantitativa contínua | (µg/mL) |
| TGO | Quantitativa contínua | U/L |
| TGP | Quantitativa contínua | U/L |
| Colesterol total | Quantitativa contínua | mg/dL |
| HDL colesterol | Quantitativa contínua | mg/dL |
| LDL colesterol | Quantitativa contínua | mg/dL |
| Não-HDL colesterol | Quantitativa contínua | mg/dL |
| Triglicerídios | Quantitativa contínua | mg/dL |
| Creatinina | Quantitativa contínua | mg/dL |
| Glicose | Quantitativa contínua | mg/dL |
| Proteína C reativa | Quantitativa contínua | mg/L |
| Ácido úrico | Quantitativa contínua | mg/dL |
| Ureia | Quantitativa contínua | mg/dL |

3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados quantitativos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Para as variáveis bioquímicas, metabólicas e de performance com distribuição simétrica, a análise de variância com dois fatores para medidas repetidas (*two-way* RM-ANOVA) e o teste *post hoc* de *Tukey* foram aplicados para detectar os efeitos do tempo e do tratamento e as interações tempo *vs.* tratamento. Quanto às variáveis assimétricas, o teste de *Friedman* e o teste de *Tukey* foram usados para identificar diferenças temporais dentro de cada tratamento; o teste de *Wilcoxon* foi empregado na comparação entre os tratamentos. Para as variáveis do estresse oxidativo, o teste *t* de *Student* pareado foi utilizado para a comparação entre os tratamentos nos períodos basal e antes e após o exercício. Comparações dos consumos de energia e de nutrientes nos períodos dos tratamentos foram feitas por meio da análise de variância de medidas repetidas (*one-way* RM-ANOVA). Todos os resultados foram apresentados em média \pm desvio padrão (DP) ou mediana e intervalo interquartil (P25 – P75).

As associações bivariadas entre a variável potência e as variáveis do estresse oxidativo foram examinadas, usando-se o coeficiente de correlação de *Pearson* ou o coeficiente de correlação de *Spearman*, conforme o teste de normalidade.

Os dados foram analisados por meio dos programas estatísticos *Sigmaplot* (Systat Software Inc., 14.0) e R (v3.6.3; R Core Team [2020], Viena, Áustria) e sua interface gráfica RStudio (v1.2.5). O nível de significância adotado foi igual ou menor a 5% ($P \leq 0,05$).

Para se obter uma medida padronizada da magnitude da diferença entre os tratamentos para cada variável dependente, foi examinado o tamanho do efeito (TE). A estimativa do TE mede a extensão do efeito do tratamento e é independente do tamanho da amostra, o que pode ser vantajoso na obtenção de informações sobre a importância clínica dos achados, particularmente em amostras pequenas (KALINOWSKI; FIDLER, 2010; BERBEN et al., 2012). Para as variáveis simétricas, foi calculado o TE *d* de Cohen (*d*), conforme os critérios de Hopkins (2003) (sportsci.org/resource/stats/xcrossover.xls). O *d* de Cohen foi interpretado como: trivial ($< 0,20$), pequeno (0,20 a 0,59), moderado (0,60 a 1,19), grande (1,20 a 2,0) e muito grande ($> 2,0$) (HOPKINS, 2009). Para as variáveis assimétricas, o TE foi o delta (δ) de Cliff (<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/073999v2.supplementary-material>) que foi classificado como: negligível ($<0,147$), pequeno (0,148 – 0,32), médio (0,33 – 0,474) e forte ($>0,474$) (ROMANO et al., 2006; KALINOWSKI; FIDLER, 2010).

3.12 PROCEDIMENTOS ÉTICOS

O delineamento experimental deste trabalho foi elaborado em consonância com as Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, aprovadas pelo Conselho Nacional de Saúde, a partir dos preceitos estabelecidos na Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012 (BRASIL, 2012), e encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da UFSC, sendo aprovado sob o número CAAE 04545218.1.0000.0121. Este trabalho também está registrado no *Clinicaltrial.gov*, sob número de identificação NCT04642144.

Os participantes foram convidados a participar do estudo sem qualquer constrangimento e receberam as explicações necessárias para o entendimento do protocolo utilizado, bem como riscos e benefícios. A participação foi voluntária, mediante assinatura do TCLE, e foi comunicado aos participantes que poderiam desistir a qualquer momento do estudo, sem qualquer consequência.

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS, ANTROPOMÉTRICAS, DE COMPOSIÇÃO CORPORAL E LABORATORIAL

Características clínicas, medidas antropométricas, variáveis de composição corporal e exames laboratoriais, realizados no período basal, são apresentados na Tabela 1. A fim de demonstrar o estado de saúde foram realizados exames laboratoriais de sangue para avaliação da função hepática, renal, perfil lipídico e glicemia. Dentre as médias apenas o colesterol total apresentou-se acima do valor de referência indicado pela análise laboratorial realizada.

Tabela 1. Características clínicas, antropométricas, de composição corporal e laboratoriais no período basal do estudo (n = 8).

| Variável | Média (DP) |
|--------------------------|--------------|
| Idade (anos) | 38,7 ± 4,1 |
| Massa Corporal (kg) | 76,5 ± 7,6 |
| Altura (cm) | 174,0 ± 7,2 |
| IMC (kg/m ²) | 25,4 ± 2,6 |
| Massa magra (kg) | 60,9 ± 79,4 |
| Massa gorda (kg) | 12,4 ± 4,6 |
| Gordura corporal (%) | 16,9 ± 6,2 |
| Atividade física (h/sem) | 12,7 ± 3,1 |
| TGP (U/L) | 29,9 ± 7,1 |
| TGO (U/L) | 25,7 ± 4,8 |
| CT (mg/dL) | 191,7 ± 35,5 |
| HDL-c (mg/dL) | 52,6 ± 11,3 |
| LDL-c (mg/dL) | 106,6 ± 29,7 |
| Não-HDL-c | 126,1 ± 36,7 |
| TG (mg/dL) | 76,1 ± 38,7 |
| Creatinina (mg/dL) | 1,0 ± 0,1 |

| | |
|---------------------------|------------|
| Glicose (mg/dL) | 90,6 ± 8,5 |
| Proteína C reativa (mg/L) | 2,2 ± 2,6 |
| Ácido Úrico (mg/dL) | 5,2 ± 0,8 |
| Ureia (mg/dL) | 35,2 ± 8,4 |

Valores expressos em média ± DP. IMC, índice de massa corporal; h/sem, horas por semana; TGP, alanina aminotransferase; TGO, aspartato aminotransferase; CT, colesterol total; HDL-c, colesterol ligado à lipoproteína de alta densidade; LDL-c, colesterol ligado à lipoproteína de baixa densidade; TG, triglicerídeos.

4.2 TEORES DE COMPOSTOS BIOATIVOS DA INFUSÃO DE ERVA-MATE

A caracterização química da infusão de EM utilizada no estudo está apresentada na Tabela 2, nas quais foram determinadas as concentrações dos compostos bioativos, tais como CFT, ácido cafeico, ácido p-cumárico, ácido clorogênico e cafeína.

Tabela 2. Concentrações de compostos bioativos da erva-mate utilizada no estudo.

| Compostos bioativos | Concentração (mg/mL) | Concentração em 250 mL (mg/mL) |
|------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Fenólicos totais (CFT) | 0,9 ± 0,008 | 225 ± 2,15 |
| Ácido cafeico | 0,05 ± 0,0001 | 12,5 ± 0,04 |
| Ácido p-cumárico | 0,08 ± 0,0004 | 20 ± 0,12 |
| Ácido clorogênico | 0,15 ± 0,0002 | 37,5 ± 0,04 |
| Cafeína | 0,08 ± 0,0001 | 20 ± 0,04 |

Valores expressos em média ± DP. Os ensaios foram realizados em triplicata.

4.3 CONSUMO DIETÉTICO

Para evitar interferências nos tratamentos e garantir que o consumo alimentar dos participantes durante todo o período do estudo se mantivesse igual, foram preenchidos RA de 3 dias, sendo um RA para cada semana de tratamento (EM + J, EM + CHO e CHO + A), totalizando nove dias registrados. A Tabela 3 mostra a comparação entre as medianas de consumo para energia, macronutrientes e micronutrientes (vitaminas e minerais) dos sujeitos nas semanas que antecederam os dias de testes com as intervenções de EM + J, EM + CHO e CHO + A. Não houve diferenças significativas entre as médias de consumo dos indivíduos

com relação à ingestão de energia bem como dos demais macronutrientes e micronutrientes analisados.

Tabela 3. Consumo de energia, macronutrientes e micronutrientes dos participantes, na semana antecedente à cada intervenção, preenchidos a partir de registro alimentar de 3 dias (n = 8).

| | EM + J | EM + CHO | CHO + A | P |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------|
| Energia (kcal) | 2.319,4 (1.907,3 – 2.603,7) | 2.460,9 (1.925,7 – 2.815,3) | 2.051,29 (1.737,3 – 2.777,5) | 0,42 |
| Carboidrato (g/kg/dia) | 3,8 (2,6 – 4,7) | 4,2 (2,5 – 5,0) | 3,8 (2,3 – 4,8) | 0,81 |
| Lipídio (g/kg/dia) | 0,9 (0,9 – 1,3) | 1,0 (0,8 – 1,4) | 1,4 (0,8 – 1,9) | 0,99 |
| Proteína (g/kg/dia) | 1,4 (1,3 – 1,9) | 1,6 (1,2 – 2,1) | 1,7 (1,1 – 2,3) | 0,55 |
| Cálcio (mg) | 753,8 (511,6 – 1.346,6) | 761,6 (730,8 – 1.009,4) | 644,4 (451,4 -1.165,8) | 0,87 |
| Ferro (mg) | 13,2 (11,3 – 15,7) | 15,9 (13,9 – 19,7) | 13,2 (11,3 – 15,7) | 0,72 |
| Fósforo (mg) | 1.616,6 (1.535,6 – 2.094,2) | 1.759,7 (1.316,9 – 2.175,7) | 1.617,6 (1.201,3 – 2.555,9) | 0,77 |
| Magnésio (mg) | 349,0 (257,5 – 463,0) | 363,8 (260,2 – 419,7) | 340,2 (206,6 – 460,2) | 0,96 |
| Selênio (µg) | 38,3 (22,2 – 54,2) | 36,5 (28,9 – 51,6) | 40,9 (15,5 – 75,7) | 0,73 |
| Zinco (mg) | 12,9 (8,9 – 16,8) | 14,6 (12,9 – 19,9) | 18,2 (12,9 – 21,8) | 0,39 |
| Vitamina A (µg) | 279,5 (122,4 – 328,2) | 183,5 (143,3 – 311,2) | 132,8 (90,3 – 306,1) | 0,96 |
| Vitamina B1 (mg) | 1,1 (1,0 - 1,7) | 1,4 (1,0 – 1,4) | 1,2 (1,0 – 1,6) | 0,61 |
| Vitamina B2 (mg) | 1,8 (0,8 – 2,1) | 1,6 (1,2 – 2,0) | 1,3 (1,0 – 2,2) | 0,86 |
| Vitamina B3 (mg) | 37,1 (19,3 – 38,8) | 23,5 (14,4 – 47,5) | 31,9 (26,6 – 61,8) | 0,37 |
| Vitamina B6 (mg) | 1,4 (0,8 – 2,0) | 0,8 (0,6 – 1,2) | 1,2 (0,4 – 2,1) | 0,53 |
| Vitamina B9 (µg) | 88,6 (69,6 – 140,5) | 189,5 (76,6 – 268,3) | 145,0 (83,7 – 202,1) | 0,31 |
| Vitamina B12 (µg) | 0,9 (0,3 – 1,3) | 0,6 (0,2 – 0,8) | 0,6 (0,3 - 1,8) | 0,36 |
| Vitamina C (mg) | 115,5 (55,4 – 151,5) | 133,8 (81,1 – 487,8) | 107,3 (49,3 – 165,8) | 0,28 |
| Vitamina D (µg) | 0,1 (0,0 – 0,6) | 0,0 (0,0 - 0,5) | 0,0 (0,0 – 0,1) | 0,58 |
| Vitamina E (mg) | 0,5 (0,4 – 0,8) | 0,5 (0,3 – 0,9) | 1,0 (0,7 – 1,2) | 0,84 |

Valores expressos em mediana e intervalo interquartil (P25 – P75). Não houve diferença significativa $P > 0,05$.

4.4 CONCENTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS E AVALIAÇÃO DO ESTRESSE OXIDATIVO

Os dados referentes aos compostos fenólicos e aos biomarcadores de EO estão apresentados na Tabela 4. As amostras sanguíneas para determinação desses dados foram coletadas no momento basal, imediatamente antes da execução dos testes de exercício e imediatamente depois da finalização do protocolo de exercício, logo após o teste de *sprint*.

Nas intervenções EM + J_{pré-ex} e EM + CHO_{pré-ex}, as quais tiveram consumo de erva-mate nos 7 dias anteriores à aplicação do protocolo de exercício, observou-se que os participantes apresentaram aumento significativo nos valores de CFT em relação ao período basal ($P = 0,004$ e $P = 0,002$, respectivamente), com TEs grande ($d = 1,40$) e médio ($d = 1,10$), respectivamente.

Esse mesmo comportamento não foi observado na intervenção CHO + A_{pré-ex}, na qual os valores se mantiveram semelhantes ao basal, pois não tiveram intervenção com a erva-mate, que é rica em compostos fenólicos. Adicionalmente, os valores de compostos fenólicos de CHO + A_{pré-ex} foram significativamente menores em relação ao EM + J_{pré-ex} e EM + CHO_{pré-ex}, ($P = 0,004$ e $P = 0,004$, respectivamente), com TEs grande ($d = 1,43$) e moderado ($d = 0,95$), respectivamente.

Ao considerar os valores de compostos fenólicos após a realização do protocolo de exercício, os grupos EM + J e EM + CHO_{pós-ex} apresentaram valores significativamente maiores em relação ao grupo CHO + A_{pós-ex}, com TEs moderados ($P = 0,050$; $d = 0,81$ e $P = 0,004$; $d = 0,70$; $P = 0,004$, respectivamente).

Em relação aos valores de TAC, os quais determinaram a atividade antioxidante dos participantes no período basal e antes e depois da execução do protocolo de exercício, foram observados valores significativamente maiores no grupo EM + J_{pós-ex} em comparação aos grupos EM + CHO_{pós-ex} e CHO + A_{pós-ex}, com TE grande ($P = 0,030$; $d = 1,53$ e $P = 0,023$; $d = 1,27$, respectivamente).

Apesar de não ter sido observada diferença significativa entre as intervenções nos valores de TAC antes do exercício, identificou-se um TE moderado, ao comparar EM + J_{pré-ex} com EM + CHO_{pré-ex} ($P = 0,475$; $d = 0,77$) e com CHO + A_{pré-ex} ($P = 0,215$; $d = 0,65$).

Quanto aos valores de TOS, observou-se valores significativamente menores no grupo EM + CHO_{pré-ex} em relação ao grupo CHO + A_{pré-ex}, com TE grande ($P = 0,039$; $d = -1,70$). Apesar de não ter sido identificada diferença significativa nos valores de TOS em relação à EM + J_{pré-ex} e CHO + A_{pré-ex}, foi observado um TE grande ($P = 0,114$; $d = -1,69$).

Ao analisar o IEO, que determina a relação entre TOS e TAC, não foi observada diferença significativa entre os diferentes tempos e intervenções. No entanto, vale destacar os resultados do TE em relação ao período basal, no qual EM + J_{pré-ex} apresentou valores menores e com TE grande ($d = 1,77$); EM + CHO_{pré-ex} apresentou valores menores e com TE moderado ($d = 0,82$); e CHO + A_{pré-ex} apresentou valores maiores e com TE moderado ($d = -0,82$), apesar de não ter sido observada significância. Adicionalmente, ao comparar as diferentes intervenções no momento antes do exercício, observou-se valores menores no grupo EM + J_{pré-ex} em comparação ao grupo CHO + A_{pré-ex}, com TE grande ($d = -1,68$); e no grupo EM + CHO_{pré-ex} em comparação ao grupo CHO + A_{pré-ex}, com TE moderado ($d = -0,74$), apesar de ambos não terem apresentado resultados significativos. Além disso, após a realização do protocolo de exercício, foi observado TE moderado, entre EM + J_{pós-ex} e CHO + A_{pós-ex} ($d = -0,75$), com menores valores no grupo que consumiu apenas erva-mate.

Tabela 4. Concentrações de compostos fenólicos totais e dos biomarcadores de estresse oxidativo nos tratamentos com erva-mate (EM + J), erva-mate e carboidrato (EM + CHO) e carboidrato e água (CHO + A) no período condição basal e antes (pré-ex) e após (pós-ex) o protocolo de exercícios (n = 8).

| Parâmetro | Basal | EM + J | | EM + CHO | | CHO + A | |
|---|---------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|---------|---------|
| | | Pré-ex | Pós-ex | Pré-ex | Pós-ex | Pré-ex | Pós-ex |
| Fenólicos totais | 45,00 ± | 114,66 ± | 131,28 | 82,08 ± | 99,25 ± | 39,74 ± | 59,68 ± |
| (µg/mL) | 25,35 | 63,64 ^{a,b} | ± 87,05 ^c | 39,01 ^{a,b} | 66,01 ^c | 28,11 | 63,98 |
| TAC (mmol | 1,78 ± | 2,11 ± | 2,61 ± | 1,82 ± | 1,75 ± | 1,75 ± | 1,71 ± |
| Trolox Equiv./L) | 0,46 | 0,59 | 0,81 ^{c,d} | 0,48 | 0,65 | 0,59 | 0,77 |
| TOS (µmol H ₂ O ₂ | 16,53 ± | 13,62 ± | 13,58 ± | 13,80 ± | 13,44 ± | 17,09 ± | 18,51 ± |
| Equiv./L) | 4,95 | 4,55 | 4,50 | 3,00 ^b | 3,14 | 2,50 | 9,85 |
| IEO (TOS/TAC) | 0,10 ± | 0,07 ± | 0,06 ± | 0,08 ± | 0,10 ± | 0,12 ± | 0,17 ± |
| | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,07 | 0,05 | 0,17 |

Valores expressos em média ± DP. TAC, capacidade antioxidante total; TOS, estado oxidante total. IEO, índice de estresse oxidativo. ^aSignificativamente diferente do basal ($P \leq 0,05$). ^bSignificativamente diferente do CHO+A_{pré-ex} ($P \leq 0,05$). ^cSignificativamente diferente do CHO+A_{pós-ex} ($P < 0,05$). ^dSignificativamente diferente do EM+CHO_{pós-ex} ($P \leq 0,05$).

4.5 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS METABÓLICOS

A Tabela 5 mostra a comparação das concentrações de glicose e lactato no sangue entre os tratamentos, antes e durante o exercício com CC e teste CR. Os dados de glicose e lactato também estão apresentados nas Figuras 5 e 6.

No período pré-exercício, observou-se que os valores de glicose foram significativamente maiores nas intervenções com a refeição de carboidrato, EM + CHO E CHO + A, em comparação com EM + J, apresentando TE forte ($P = 0,016$; $\delta = -1,00$ e $P = 0,016$; $\delta = -0,96$, respectivamente). A partir de 10 min do exercício em carga constante (CC10), os valores de glicose não apresentaram diferença significativa entre as intervenções, sendo que foi observada diminuição significativa em comparação ao período pré-exercício em EM + CHO (CC 10 min e CC 20 min) e CHO + A (CC 10 min, CC 20 min e CC 30 min). Na comparação entre os grupos, os valores de glicose no EM + J e no EM + CHO foram maiores, embora não significativamente, do que no CHO + A, com os TEs fortes ($\delta = 0,64$; $\delta = 0,57$,

respectivamente). Ao avaliar a glicose no tempo CC 20 min, os grupos que ingeriram EM apresentaram valores significativamente aumentados em comparação com CHO + A. De fato, foi observado um TE forte ao comparar EM + J com EM + CHO ($P = 0,047$; $\delta = 0,68$) e com CHO + A ($P = 0,016$; $\delta = 0,75$).

Adicionalmente, em CC40, apenas a intervenção com EM e jejum, apresentou aumento significativo nos valores de glicose em relação aos valores do pré-exercício, mantendo ainda, ao final dos 40 min, concentrações de glicose semelhante com as outras intervenções que tiveram a ingestão de carboidrato. Ao analisar os dados de glicose do CR, foi observado aumento significativo apenas em EM + J, entre CR 20 min e CR 5 min. Vale ressaltar que no CR o valor não foi significativo e foi observado TE médio, ao comparar as concentrações de glicose entre EM + J e EM + CHO nos tempos CR10 ($\delta = 0,34$) e CR 15 min ($\delta = 0,34$), nos quais os valores se mostraram aumentados na intervenção EM e jejum. Esse mesmo comportamento foi observado entre EM + J vs. CHO + A, no CR 20 min, com TE médio ($\delta = 0,36$), porém não significativo. Ressalta-se que as médias dos valores de glicemia durante CC (M_{CC}) e o CR (M_{CR}) foram similares entre os tratamentos.

Ao avaliar os dados de lactato no momento pré-exercício, foram observados valores significativamente menores no grupo EM + J quando comparados a EM + CHO e CHO + A, com TE forte ($P = 0,039$; $\delta = -0,71$ e $P = 0,047$; $\delta = -0,75$, respectivamente). Por outro lado, levando em conta a média da concentração de lactato ao longo do CR (M_{CR}), observaram-se valores significativamente maiores nos grupos com erva mate, em comparação ao grupo CHO + A, porém os TEs foram pequenos ($P = 0,011$; $d = 0,47$ e $P = 0,004$; $d = 0,41$ para EM + J e EM + CHO vs. CHO + A, respectivamente).

Tabela 5. Concentrações de glicose e lactato no sangue nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J), erva-mate e carboidrato (EM + CHO) e carboidrato e água (CHO + A) antes (Pré) e durante o exercício com carga constante (CC) e o teste contrarrelógio (CR) (n = 8).

| Tempo | Glicose (g/dL) | | | Lactato (mmol/L) | | |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------|
| | EM + J | EM + CHO | CHO + A | EM + J | EM + CHO | CHO + A |
| Pré | 0,65 ± 0,11 ^{§*} | 0,97 ± 0,12 | 1,00 ± 0,22 | 1,04 ± 0,30 ^{§*} | 1,62 ± 0,59 | 1,42 ± 0,23 |
| CC 10 min | 0,70 ± 0,07 | 0,59 ± 0,09 ^a | 0,62 ± 0,13 ^a | 1,38 ± 0,58 | 1,41 ± 0,72 | 1,48 ± 0,76 |
| CC 20 min | 0,73 ± 0,09 ^{§*} | 0,60 ± 0,10 ^{a*} | 0,57 ± 0,10 ^a | 1,32 ± 0,45 | 1,32 ± 0,53 | 1,19 ± 0,47 |
| CC 30 min | 0,72 ± 0,12 | 0,66 ± 0,12 | 0,67 ± 0,12 ^a | 1,25 ± 0,33 | 1,28 ± 0,43 | 1,16 ± 0,30 |
| CC 40 min | 0,76 ± 0,09 ^a | 0,74 ± 0,12 | 0,81 ± 0,14 | 1,46 ± 0,63 | 1,25 ± 0,36 | 1,35 ± 0,39 |
| <i>M_{CC}</i> | 0,71 ± 0,10 | 0,71 ± 0,11 | 0,74 ± 0,14 | 1,29 ± 0,46 | 1,37 ± 0,53 | 1,32 ± 0,43 |
| CR 5 min | 0,75 ± 0,10 | 0,74 ± 0,13 | 1,64 ± 2,40 | 7,44 ± 3,32 | 7,57 ± 3,22 | 6,46 ± 3,26 |
| CR 10 min | 0,85 ± 0,11 | 0,82 ± 0,23 | 0,85 ± 0,19 | 8,77 ± 3,37 | 9,00 ± 4,25 | 7,71 ± 3,85 |
| CR 15 min | 0,90 ± 0,20 | 0,84 ± 0,28 | 0,87 ± 0,23 | 8,61 ± 3,40 | 8,42 ± 3,65 | 7,23 ± 3,35 |
| CR 20 min | 1,02 ± 0,24 ^b | 0,96 ± 0,38 | 0,85 ± 0,26 | 9,27 ± 3,33 [*] | 8,94 ± 3,21 | 7,02 ± 3,38 |
| <i>M_{CR}</i> | 0,88 ± 0,16 | 0,84 ± 0,26 | 1,06 ± 0,77 | 8,52 ± 3,36 [*] | 8,48 ± 3,58 [*] | 7,10 ± 3,46 |

Valores expressos em média ± DP. *M_{CC}*, média dos valores durante os 40 min do exercício com carga constante. *M_{CR}*, média dos valores durante os 20 min do contrarrelógio.

^aSignificativamente diferente do Pré ($P \leq 0,05$). ^bSignificativamente diferente do CR 5 min ($P \leq 0,05$). [§]Significativamente diferente do EM + CHO ($P \leq 0,05$).

*Significativamente diferente do CHO + A ($P \leq 0,05$).

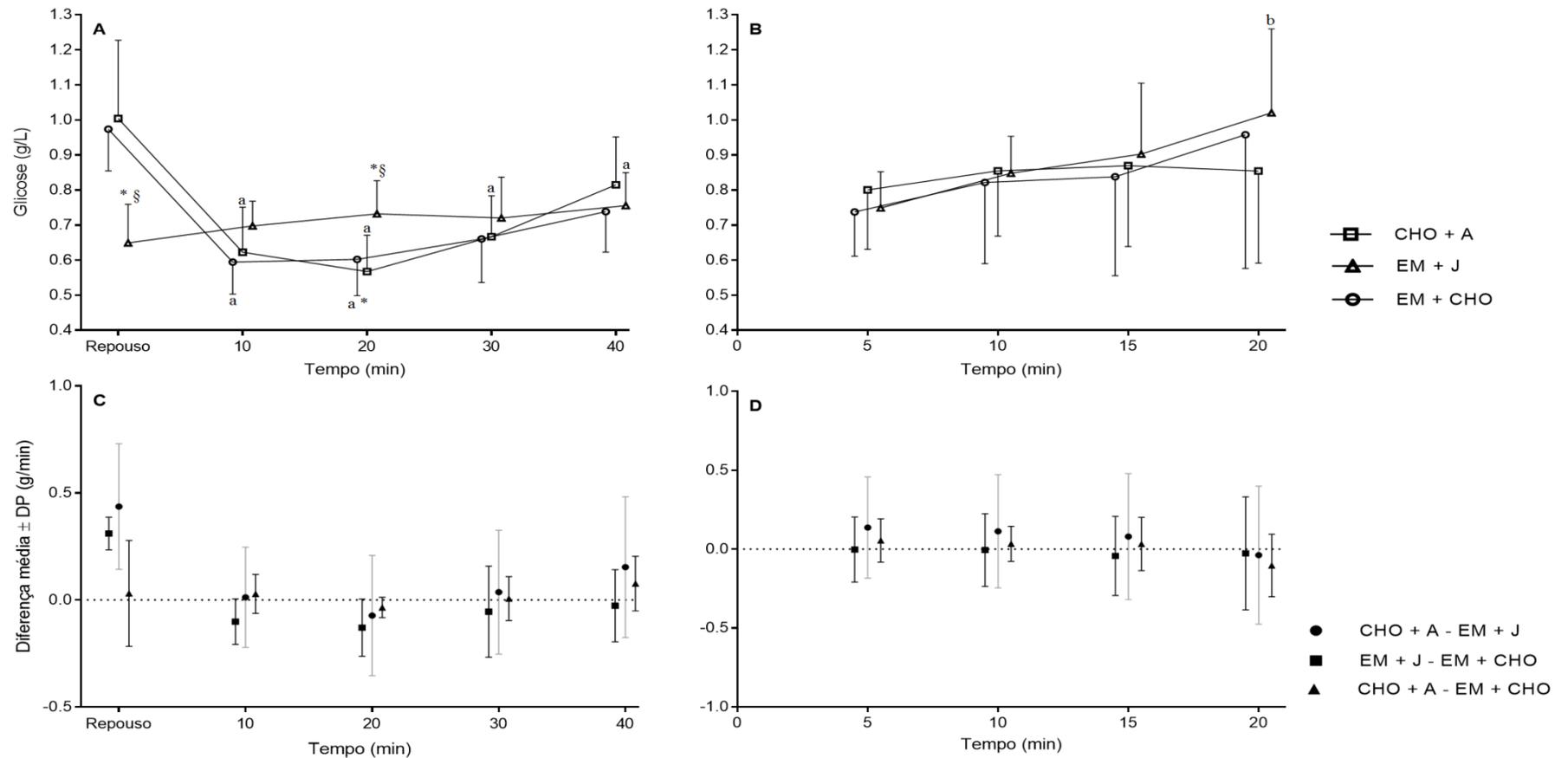


Figura 5. Concentrações de glicose no sangue expressas em valores antes (repouso), durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A -■-). Comparação média ± DP de glicose entre grupos (EM + J ▲), (EM + CHO ●) e (CHO + A ■), antes (repouso), durante exercício com carga constante (C) e teste contrarrelógio (D). *Two-way* RM-ANOVA e teste *post hoc* de Tukey. ^aSignificativamente diferente do Pré ($P \leq 0,05$). [§]Significativamente diferente do EM + CHO ($P \leq 0,05$). *Significativamente diferente do CHO + A ($P \leq 0,05$). n = 8.

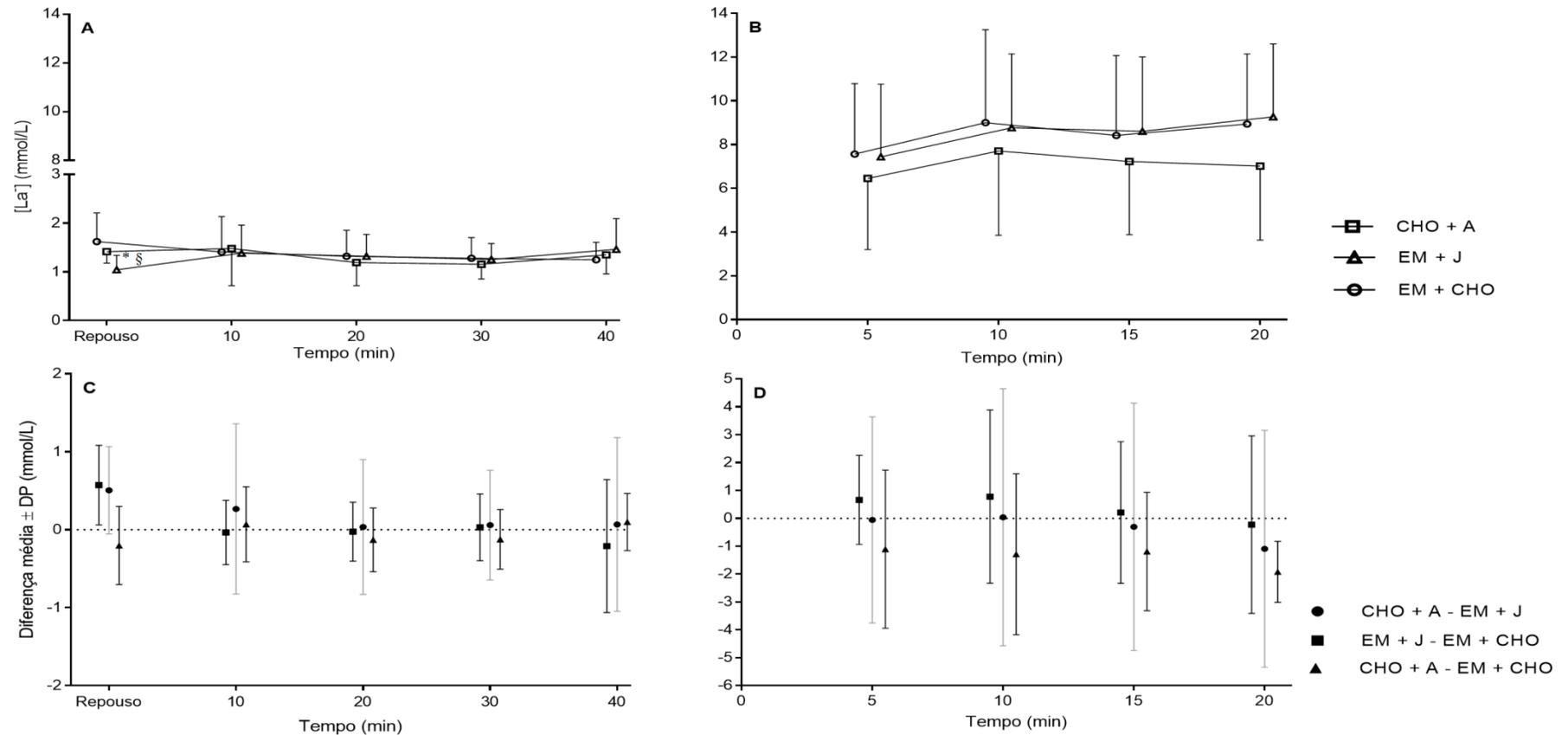


Figura 6. Concentrações de lactato no sangue expressos em valores antes (repouso), durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A -■-). Comparação média ± DP de concentração de lactato entre grupos (EM + J ▲), (EM + CHO ●) e (CHO + A ■), antes (repouso), durante exercício com carga constante (C) e teste contrarrelógio (D). *Two-way* RM-ANOVA e teste *post hoc* de Tukey. §Significativamente diferente do EM + CHO ($P \leq 0,05$). *Significativamente diferente do CHO + A ($P \leq 0,05$). $n = 8$.

A Tabela 6 e as Figuras 7, 8 e 9 mostram a comparação dos valores de FC, VCO_2 e VO_2 entre os tratamentos durante o exercício CC e teste CR.

Com relação à FC, no exercício de CC, observou-se nos grupos que consumiram a EM que os valores aumentaram significativamente somente a partir de 28 min no grupo EM + CHO e a partir de 32 min no grupo EM + J, em relação à CC 4 min. No entanto, para o grupo que consumiu somente carboidrato, observou-se aumento na FC logo após 16 min do exercício em CC, em comparação à CC 4 min. Além disso, no tempo CC 16 min, valores de FC foram significativamente menores no grupo EM + J em relação ao EM + CHO, com um TE forte ($P = 0,031$ e $\delta = 0,50$). Valores menores de FC (não significativamente) e TEs médios e fortes também foram observados na comparação entre o grupo EM + J com o EM + CHO (tempos CC 4 min, $\delta = 0,54$; CC 8 min, $\delta = -0,46$; CC 12 min, $\delta = -0,33$; e CC 20 min, $\delta = -0,33$) e com grupo CHO + A (CC 4 min, $\delta = -0,46$; e CC 8 min, $\delta = -0,35$).

Ao analisar os dados de FC no teste CR, observou-se que os grupos EM + J, EM + CHO e CHO + A, aumentaram significativamente em relação ao tempo CR 2 min após 4, 6 e 8 min, respectivamente. Além disso, observou-se que ao longo do teste CR (M_{CR}), ambos os grupos que ingeriram erva-mate tiveram valores significativamente maiores de FC em comparação com CHO + A. No entanto, ambas as comparações apresentaram TE pequeno e trivial, apesar de significativo ($P = 0,005$ e $d = 0,25$, para EM + J vs. CHO + A; $P = 0,002$ e $d = 0,18$, para EM + CHO vs. CHO + A).

Ao analisar os resultados de VCO_2 , observou-se aumento significativo, em relação ao tempo CC 4 min, somente no tempo CC 20 min do grupo EM + J; nos tempos CC 12 min, CC 16 min e CC 20 min no grupo EM + CHO; e nos tempos CC 16 min, CC 20 min e CC 24 min no grupo CHO + A. Além disso, no tempo CC4, o grupo EM + J apresentou valores de VCO_2 menores (não significativamente) e TEs forte e médio em comparação ao grupo EM + CHO ($\delta = -0,58$) e ao CHO + A ($\delta = -0,38$), respectivamente.

Quanto aos valores de VCO_2 ao longo do CR (M_{CR}), verificou-se que os grupos que ingeriram EM apresentaram valores significativamente maiores em relação a CHO + A, sendo esse comportamento também observado no tempo CR 4 min entre EM + CHO e CHO + A. Ao analisar os valores de VCO_2 em relação ao TE, observou-se uma tendência de valores aumentados no grupo EM + CHO em relação à CHO + A nos tempos: CR 2 min, $d = 0,72$ e $P = 0,407$; CR 4 min, $P = 0,025$; CR 6 min, $P = 0,053$ e $d = 1,13$; CR 8 min, $P = 0,092$ e $d = 0,83$; CR 10 min, $P = 0,215$ e $d = 0,71$; CR 14 min, $P = 0,141$ e $d = 0,60$; e M_{CR} , $P < 0,001$ e $d = 0,79$). Adicionalmente, foram encontrados TEs médios nos valores diminuídos de VCO_2

no grupo EM + J em relação ao grupo CHO + A, nos tempos CR 4 min ($d = 0,84$) e CR 6 min ($d = 0,76$), porém sem diferença significativa.

Quanto ao consumo de oxigênio (VO_2) no exercício em CC, foi observado aumento significativo a partir do tempo CC 8 min, em todos os grupos de intervenção, em relação ao tempo CC 4 min. Além disso, ao avaliar a M_{CC} , o grupo EM + CHO apresentou diferença significativa em relação aos grupos EM + J e CHO + A. Nos tempos CC 28 min e CC 30 min, foi observada diferença apenas entre as intervenções EM + CHO e CHO + A, nos quais os valores de EM + CHO se mostraram aumentados. Esse mesmo comportamento apareceu ao longo do teste CR, em que foi observada diferença significativa nos valores de VO_2 ao comparar as intervenções EM + CHO e CHO + A. Essa tendência de valores aumentados de VO_2 no grupo EM + CHO em comparação ao grupo CHO + A, foi significativa e apresentou TE moderado no exercício em CC (M_{CC} , $P < 0,001$; $d = 0,76$,) e em CR (M_{CR} , $P < 0,001$; $d = 1,18$). Resultados similares também foram observados ao comparar EM + CHO e EM + J, tanto na CC (CC 40 min, $P = 0,192$ e $d = 0,87$; M_{CC} , $P < 0,001$ e $d = 0,49$), quanto no CR (M_{CR} , $P < 0,001$; $d = 0,74$). De forma semelhante, os valores de VO_2 foram significativamente maiores no grupo EM + J comparado ao grupo CHO + A, porém o TE foi pequeno ($P = 0,001$; $d = 0,48$).

Tabela 6. Parâmetros metabólicos de frequência cardíaca (FC), volume de dióxido de carbono expirado (VCO₂) e consumo de oxigênio (VO₂) nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J), erva-mate e carboidrato (EM + CHO) e carboidrato e água (CHO + A, controle) durante o exercício com carga constante (CC) e o teste contrarrelógio (CR) (n = 8).

| Tempo | FC (bpm) | | | VCO ₂ (mL/kg/min) | | | VO ₂ (mL/kg/min) | | |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | EM + J | EM + CHO | CHO + A | EM + J | EM + CHO | CHO + A | EM + J | EM + CHO | CHO + A |
| CC 4 min | 99,1 ± 4,6 | 108,7 ± 15,5 | 110,2 ± 12,6 | 1.376,1 ± 181,6 | 1.617,5 ± 313,1 | 1.515,0 ± 291,8 | 1.888,1 ± 314,4 | 2.060,7 ± 389,2 | 1.925,7 ± 340,2 |
| CC 8 min | 113,1 ± 12,1 | 121,6 ± 10,2 | 121,2 ± 14,8 | 1.903,8 ± 92,7 | 1.944,7 ± 257,3 | 1.853,3 ± 240,0 | 2.294,9 ± 167,4 ^a | 2.343,3 ± 329,2 ^a | 2.227,0 ± 308,1 ^a |
| CC 12 min | 116,9 ± 13,9 | 123,7 ± 10,2 | 122,7 ± 14,1 | 1.943,1 ± 103,9 | 1.986,9 ± 246,9 ^a | 1.888,9 ± 197,5 | 2.317,0 ± 167,4 ^a | 2.408,6 ± 308,9 ^a | 2.268,3 ± 260,5 ^a |
| CC 16 min | 117,2 ± 12,4 [§] | 124,1 ± 10,4 | 123,8 ± 14,9 ^a | 1.956,7 ± 109,6 | 1.985,4 ± 211,0 ^a | 1.906,5 ± 197,0 ^a | 2.348,2 ± 165,2 ^a | 2.433,2 ± 279,3 ^a | 2.292,0 ± 267,2 ^a |
| CC 20 min | 119,0 ± 13,7 | 124,4 ± 10,2 | 123,3 ± 15,3 | 1.980,0 ± 81,9 ^a | 2.007,3 ± 262,3 ^a | 1.883,6 ± 180,6 ^a | 2.388,6 ± 148,5 ^a | 2.471,5 ± 327,0 ^a | 2.273,7 ± 243,2 ^a |
| CC 24 min | 121,1 ± 13,2 | 124,4 ± 10,2 | 122,6 ± 14,4 | 1.920,4 ± 132,7 | 1.965,0 ± 231,2 | 1.860,4 ± 173,0 ^a | 2.358,2 ± 156,2 ^a | 2.437,6 ± 314,2 ^a | 2.251,5 ± 230,3 ^a |
| CC 28 min | 120,9 ± 13,2 | 124,7 ± 9,5 ^a | 124,0 ± 15,6 ^a | 1.931,0 ± 165,6 | 1.972,1 ± 244,1 | 1.865,6 ± 171,4 | 2.369,6 ± 208,8 ^a | 2.453,0 ± 353,3 ^{a*} | 2.240,5 ± 221,7 ^a |
| CC 32 min | 121,5 ± 13,2 ^a | 125,4 ± 10,3 ^a | 123,3 ± 15,1 | 1.901,1 ± 172,4 | 1.941,9 ± 247,5 | 1.827,1 ± 225,1 | 2.340,6 ± 221,8 ^a | 2.421,8 ± 338,1 ^a | 2.206,1 ± 288,4 |
| CC 36 min | 123,6 ± 12,0 ^a | 126,5 ± 10,2 ^a | 125,5 ± 15,7 ^a | 1.925,6 ± 238,1 | 1.951,9 ± 265,1 | 1.867,7 ± 158,6 | 2.320,9 ± 256,3 ^a | 2.431,6 ± 383,4 ^{a*} | 2.237,8 ± 208,0 ^a |
| CC 40 min | 123,9 ± 13,1 ^a | 127,7 ± 10,7 ^a | 126,7 ± 16,1 ^a | 1.886,0 ± 208,3 | 1.972,9 ± 244,8 | 1.882,0 ± 171,0 | 2.306,9 ± 235,5 ^a | 2.461,5 ± 378,6 ^a | 2.259,3 ± 232,3 ^a |
| <i>M_{CC}</i> | 118,7 ± 12,0 | 123,1 ± 9,7 | 122,3 ± 14,7 | 1.869,4 ± 122,4 | 1.934,6 ± 241,8 | 1.835,0 ± 189,0 | 2.294,8 ± 168,5 [§] | 2.392,2 ± 322,3 [*] | 2.218,2 ± 249,5 |
| CR 2 min | 148,2 ± 18,5 | 149,5 ± 17,2 | 148,3 ± 20,4 | 2.914,6 ± 328,5 | 3.009,9 ± 418,5 | 2.824,2 ± 454,5 | 3.091,3 ± 305,8 | 3.247,1 ± 459,4 | 2.973,2 ± 394,1 |
| CR 4 min | 159,1 ± 17,2 ^b | 158,1 ± 14,6 | 156,5 ± 18,9 | 3.453,2 ± 401,0 | 3.553,6 ± 472,0 [*] | 3.172,6 ± 298,1 | 3.465,1 ± 381,6 | 3.703,9 ± 666,4 [*] | 3.251,1 ± 329,7 |
| CR 6 min | 160,4 ± 15,5 ^b | 161,5 ± 14,4 ^b | 157,5 ± 19,3 | 3.346,6 ± 441,5 | 3.356,1 ± 481,5 | 3.017,3 ± 347,2 | 3.467,1 ± 444,2 | 3.683,3 ± 702,2 [*] | 3.204,7 ± 355,9 |
| CR 8 min | 161,4 ± 15,0 ^b | 162,0 ± 15,0 ^b | 158,5 ± 18,2 ^b | 3.224,8 ± 486,2 | 3.256,4 ± 459,0 | 2.952,5 ± 356,4 | 3.431,5 ± 493,3 | 3.671,8 ± 695,7 [*] | 3.177,9 ± 386,4 |
| CR 10 min | 161,3 ± 14,9 ^b | 161,8 ± 14,0 ^b | 158,5 ± 16,8 ^b | 3.130,9 ± 467,9 | 3.129,6 ± 485,3 | 2.886,0 ± 347,4 | 3.383,4 ± 519,9 | 3.622,2 ± 721,8 [*] | 3.146,6 ± 364,6 |
| CR 12 min | 161,0 ± 14,8 ^b | 161,4 ± 15,2 ^b | 158,9 ± 16,2 ^b | 3.049,5 ± 476,0 | 3.007,3 ± 546,5 | 2.809,4 ± 378,0 | 3.338,5 ± 514,8 | 3.515,3 ± 754,3 [*] | 3.108,3 ± 404,1 |
| CR 14 min | 162,5 ± 15,0 ^b | 163,0 ± 14,3 ^b | 159,0 ± 15,8 ^b | 3.023,4 ± 454,7 | 3.037,4 ± 545,0 | 2.762,3 ± 389,4 | 3.316,3 ± 524,5 | 3.565,5 ± 802,6 [*] | 3.056,0 ± 406,8 |
| CR 16 min | 161,2 ± 14,3 ^b | 163,1 ± 14,1 ^b | 158,6 ± 16,3 ^b | 2.952,6 ± 456,6 | 2.990,8 ± 528,7 | 2.705,5 ± 441,7 | 3.248,9 ± 531,3 | 3.494,8 ± 789,1 [*] | 3.011,1 ± 469,2 |
| CR 18 min | 163,7 ± 14,0 ^b | 163,8 ± 14,5 ^b | 160,8 ± 16,7 ^b | 3.026,6 ± 510,1 | 3.030,7 ± 589,7 | 2.793,1 ± 453,2 | 3.300,5 ± 579,1 | 3.530,8 ± 819,2 [*] | 3.040,1 ± 460,4 |
| CR 20 min | 165,9 ± 14,4 ^b | 165,8 ± 14,0 ^b | 161,5 ± 16,1 ^b | 3.142,8 ± 542,1 | 3.111,3 ± 585,3 | 2.818,1 ± 442,8 | 3.318,3 ± 620,8 | 3.553,6 ± 862,1 [*] | 3.054,2 ± 479,9 |
| <i>M_{CR}</i> | 160,4 ± 15,1 [*] | 161,0 ± 14,0 [*] | 157,8 ± 17,3 | 3.126,5 ± 405,9 [*] | 3.148,3 ± 451,0 [*] | 2.874,1 ± 346,4 | 3.336,1 ± 473,8 ^{§*} | 3.558,8 ± 708,9 [*] | 3.102,3 ± 387,5 |

Valores expressos em média ± DP. *M_{CC}*, média dos valores durante os 40 min do exercício com carga constante. *M_{CR}*, média dos valores durante os 20 min do contrarrelógio.

^aSignificativamente diferente de CC 4 min ($P \leq 0,05$). ^bSignificativamente diferente do CR 2 min ($P \leq 0,05$). [§]Significativamente diferente do EM + CHO ($P \leq 0,05$).

*Significativamente diferente do CHO + A ($P \leq 0,05$).

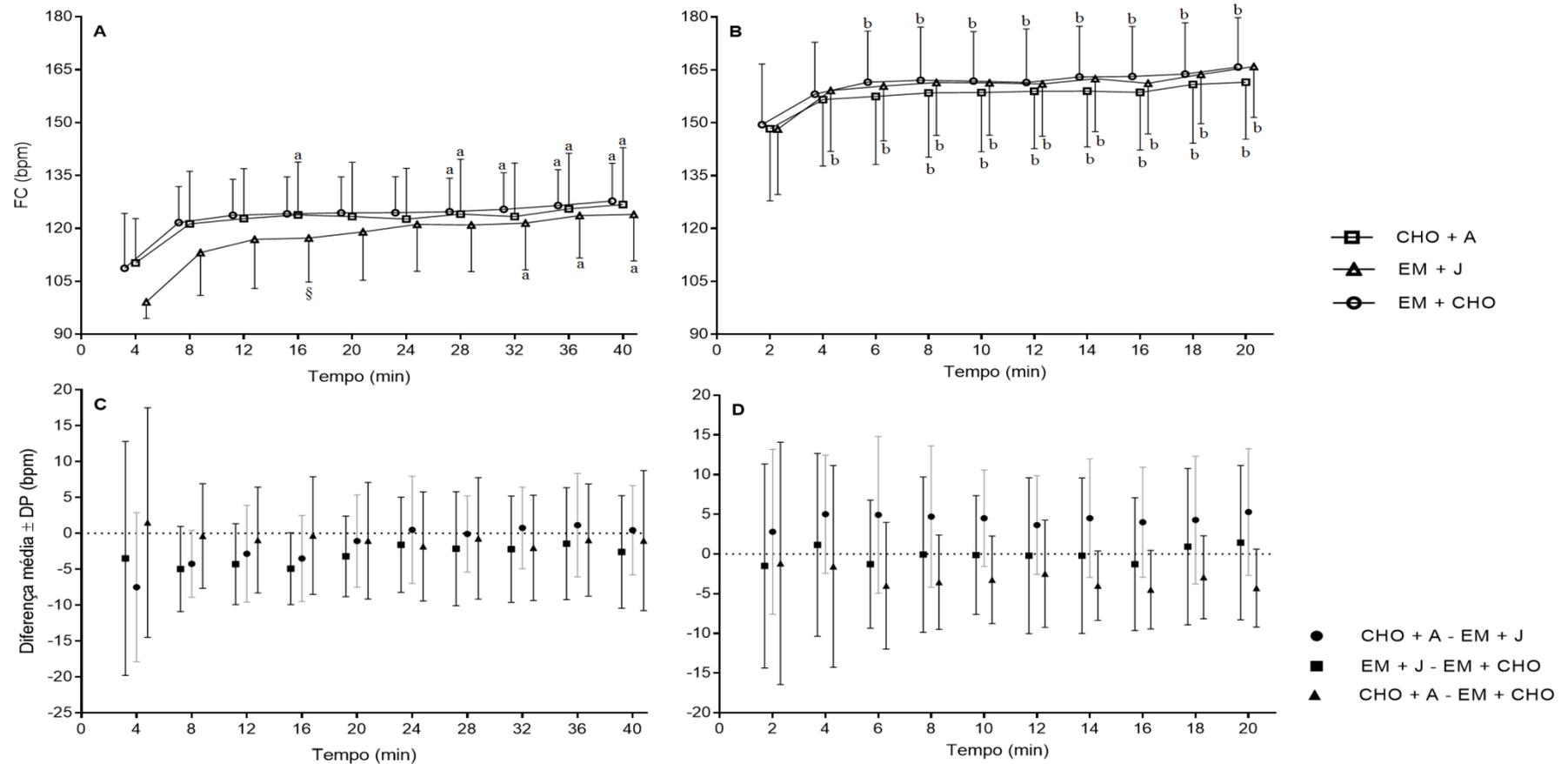


Figura 7. Frequência cardíaca expressa em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A -■-). Comparação média ± DP da frequência cardíaca entre grupos (EM + J ▲), (EM + CHO ●) e (CHO + A ■), durante exercício com carga constante (C) e teste contrarrelógio (D). *Two-way* RM-ANOVA e teste *post hoc* de Tukey. ^aSignificativamente diferente de CC 4 min ($P \leq 0,05$). ^bSignificativamente diferente do CR 2 min ($P \leq 0,05$). [§]Significativamente diferente do EM + CHO ($P \leq 0,05$). n = 8.

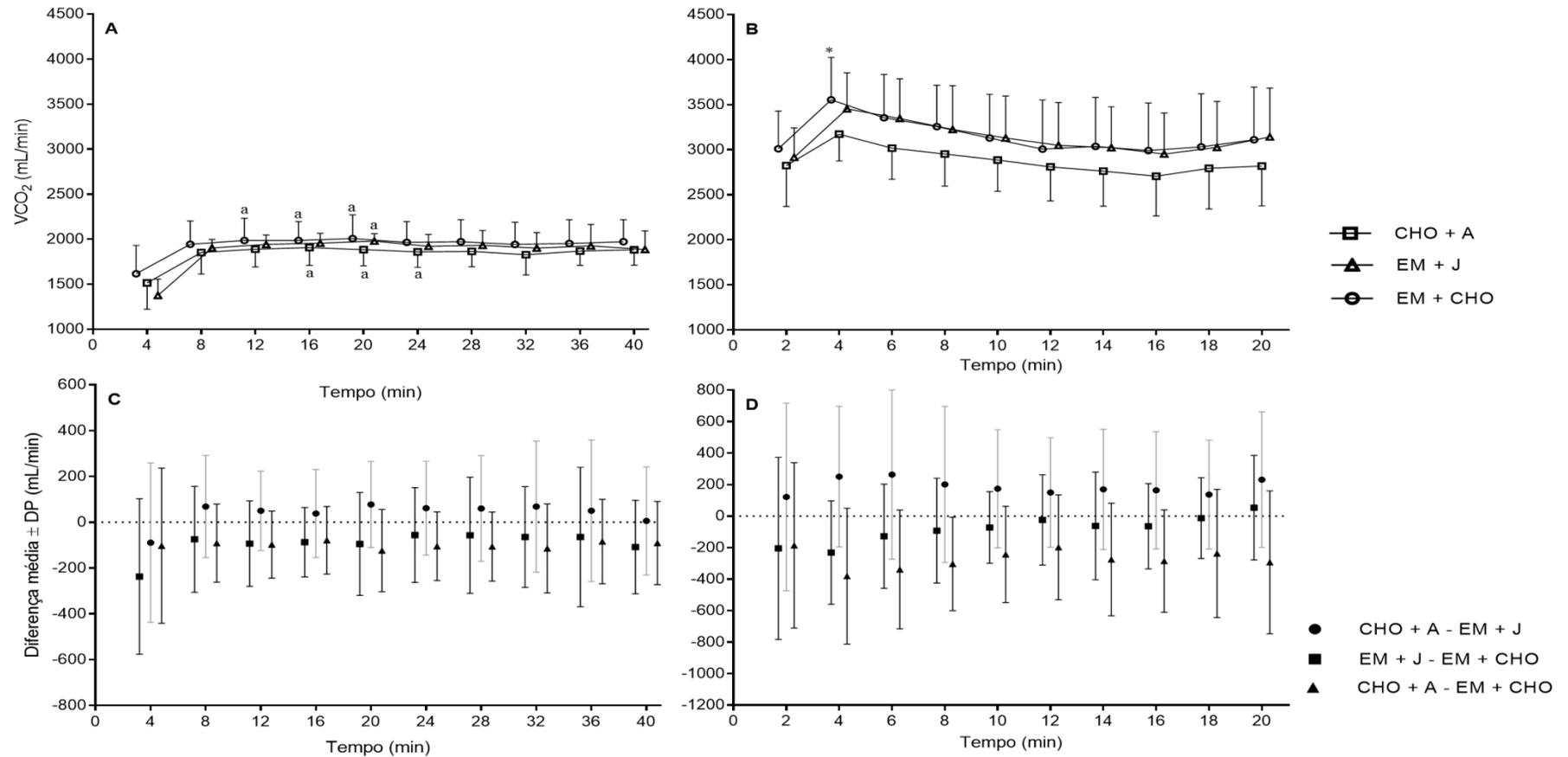


Figura 8. Produção de gás carbônico (VCO₂) expresso em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A -■-). Comparação média ± DP da VCO₂ entre grupos (EM + J ▲), (EM + CHO ●) e (CHO + A ■), durante exercício com carga constante (C) e teste contrarrelógio (D). *Two-way* RM-ANOVA e teste *post hoc* de Tukey. ^aSignificativamente diferente de CC 4 min ($P \leq 0,05$). *Significativamente diferente do CHO + A ($P \leq 0,05$). n = 8.

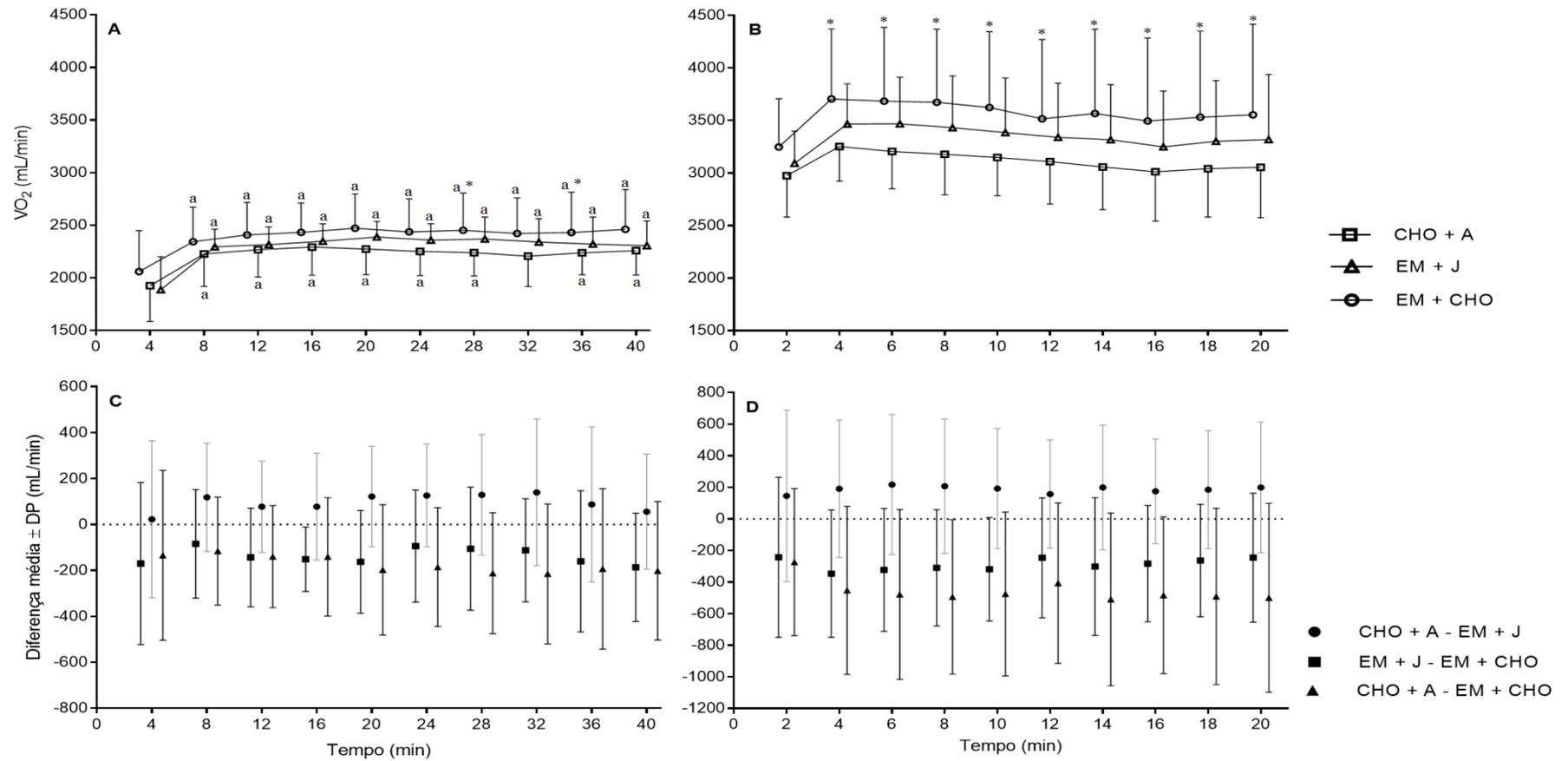


Figura 9. Consumo de oxigênio (VO₂) expresso em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A -■-). Comparação média ± DP do VO₂ entre grupos (EM + J ▲), (EM + CHO ●) e (CHO + A ■), durante exercício com carga constante (C) e teste contrarrelógio (D). *Two-way* RM-ANOVA e teste *post hoc* de Tukey. ^aSignificativamente diferente de CC 4 min ($P \leq 0,05$). *Significativamente diferente do CHO + A ($P \leq 0,05$). n = 8.

Os resultados de quociente respiratório (QR), taxa de oxidação de lipídios (LIP_{oxi}) e taxa de oxidação de carboidratos (CHO_{oxi}) estão apresentados na Tabela 7 e nas Figuras 10, 11 e 12.

Ao analisar os dados de QR, observou-se que no tempo CC 4 min, os valores no grupo EM + J foram significativamente menores do que as demais intervenções, com TEs grandes ($P = 0,001$ e $d = -1,45$ para EM + J vs. EM + CHO; $P = 0,001$ e $d = -1,54$ para EM + J vs. CHO + A). No entanto, no tempo CC 8 min, todas as intervenções demonstraram aumento significativo de QR em relação ao tempo CC 4 min. Apenas nos grupos EM + J e CHO + A, em todos os demais tempos a partir de CC 8 min, os valores de QR foram maiores significativamente em relação ao tempo CC 4 min. Ao analisar a M_{CC} , destaca-se que houve valores significativamente menores nos grupos que ingeriram EM em relação ao CHO + A, com TE moderado ($P = 0,011$ e $d = 0,72$ para CHO + A vs. EM + J CHO; $P = 0,000$ e $d = 0,77$ para CHO + A vs. EM + CHO). No teste CR, os valores de M_{CR} apresentaram valores significativamente menores apenas no grupo EM + CHO em relação às demais intervenções, com tendência de TE moderado ($P < 0,001$ e $d = 0,69$ para EM + CHO vs. EM + J; $P < 0,001$; $d = 0,58$ para EM + CHO vs. CHO + A).

Quanto à utilização de substratos energéticos a partir da oxidação de lipídios, observou-se que na M_{CC} os valores do grupo EM + CHO foram maiores significativamente quando comparados aos valores dos demais grupos de intervenção, com tendência de TE pequeno em relação à EM + J (M_{CC} , $P = 0,041$; $d = 0,50$) e TE moderado em relação à CHO + A (M_{CC} , $P = <0,001$; $d = 0,95$). Além disso, na M_{CC} houve maior oxidação de lipídios no grupo EM + J, sendo significativa quando comparada ao grupo CHO + A, com TE moderado ($P = 0,023$; $d = 0,65$). Ao avaliar a M_{CR} , observou-se que a oxidação de lipídios no grupo EM + CHO foi significativamente maior em relação a ambos os grupos EM + J e CHO + A, com TEs grande e moderado ($P = 0,000$; $d = 1,24$; $P < 0,001$; $d = 1,13$, respectivamente).

Ao avaliar a oxidação de carboidratos em relação ao tempo CC4 min, verificou-se aumentos significativos, em CC 12, 16 e 20 min, no grupo EM + J e em CC 8, 12, 16 e 20 min, no grupo EM + CHO. Além disso, na M_{CR} , observou-se oxidação de carboidratos significativamente maior no grupo EM + J em relação aos demais grupos que tiveram a ingestão de refeição com CHO (EM + CHO e CHO + A), com TE moderado ($P = 0,001$; $d=0,68$).

Tabela 7. Parâmetros metabólicos de quociente respiratório (QR), taxa de oxidação de lipídios (LIP_{oxi}) e taxa de oxidação de carboidratos (CHO_{oxi}) nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J), erva-mate e carboidrato (EM + CHO) e carboidrato e água (CHO + A) durante o exercício com carga constante (CC) e o teste contrarrelógio (CR) (n = 8).

| Tempo | Quociente respiratório (QR) | | | Taxa de oxidação de lipídios (LIP _{oxi}) | | | Taxa de oxidação de carboidratos (CHO _{oxi}) | | |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--|---------------------------|-------------|--|--------------------------|-------------|
| | EM + J | EM + CHO | CHO + A | EM + J | EM + CHO | CHO + A | EM + J | EM + CHO | CHO + A |
| CC 4 min | 0,73 ± 0,06 ^{§*} | 0,78 ± 0,03 | 0,78 ± 0,04 | 0,85 ± 0,30 | 0,74 ± 0,30 | 0,68 ± 0,16 | 0,25 ± 0,34 | 0,71 ± 0,27 | 0,67 ± 0,37 |
| CC 8 min | 0,83 ± 0,04 ^a | 0,83 ± 0,01 ^a | 0,83 ± 0,03 ^a | 0,65 ± 0,17 | 0,66 ± 0,17 | 0,62 ± 0,15 | 1,04 ± 0,53 | 1,25 ± 0,15 ^a | 1,21 ± 0,24 |
| CC 12 min | 0,84 ± 0,03 ^a | 0,83 ± 0,01 | 0,84 ± 0,04 ^a | 0,62 ± 0,13 | 0,70 ± 0,13 | 0,63 ± 0,16 | 1,13 ± 0,53 ^a | 1,23 ± 0,18 ^a | 1,23 ± 0,28 |
| CC 16 min | 0,84 ± 0,04 ^a | 0,82 ± 0,02 | 0,83 ± 0,04 ^a | 0,65 ± 0,17 | 0,74 ± 0,17 | 0,64 ± 0,17 | 1,10 ± 0,56 ^a | 1,15 ± 0,18 ^a | 1,24 ± 0,29 |
| CC 20 min | 0,83 ± 0,04 ^a | 0,81 ± 0,02 | 0,83 ± 0,03 ^a | 0,68 ± 0,18 | 0,77 ± 0,18 | 0,64 ± 0,15 | 1,08 ± 0,56 ^a | 1,13 ± 0,27 ^a | 1,20 ± 0,25 |
| CC 24 min | 0,81 ± 0,04 ^a | 0,81 ± 0,03 | 0,83 ± 0,03 | 0,73 ± 0,18 | 0,78 ± 0,18 | 0,65 ± 0,15 | 1,10 ± 0,39 | 1,05 ± 0,24 | 1,16 ± 0,24 |
| CC 28 min | 0,82 ± 0,04 ^a | 0,81 ± 0,03 | 0,83 ± 0,03 ^a | 0,73 ± 0,18 | 0,80 ± 0,18* | 0,62 ± 0,12 | 1,11 ± 0,37 | 1,04 ± 0,32 | 1,22 ± 0,19 |
| CC 32 min | 0,81 ± 0,04 ^a | 0,80 ± 0,04 | 0,83 ± 0,03 ^a | 0,73 ± 0,20 | 0,80 ± 0,20 | 0,63 ± 0,14 | 1,07 ± 0,39 | 1,00 ± 0,38 | 1,16 ± 0,22 |
| CC 36 min | 0,83 ± 0,05 ^a | 0,81 ± 0,04 | 0,84 ± 0,03 ^a | 0,65 ± 0,21 | 0,80 ± 0,21* | 0,61 ± 0,14 | 1,23 ± 0,50 ^a | 1,02 ± 0,43 | 1,24 ± 0,25 |
| CC 40 min | 0,82 ± 0,04 ^a | 0,81 ± 0,05 | 0,84 ± 0,03 ^a | 0,70 ± 0,17 | 0,81 ± 0,17 | 0,62 ± 0,15 | 1,11 ± 0,39 | 1,02 ± 0,43 | 1,23 ± 0,23 |
| <i>M_{CC}</i> | 0,81 ± 0,04* | 0,81 ± 0,03* | 0,83 ± 0,02 | 0,70 ± 0,04 ^{§*} | 0,76 ± 0,04* | 0,63 ± 0,01 | 1,07 ± 0,32 | 1,06 ± 0,24 | 1,16 ± 0,19 |
| CR 2 min | 0,94 ± 0,09 | 0,93 ± 0,12 | 0,95 ± 0,07 | 0,35 ± 0,35 | 0,50 ± 0,49 | 0,33 ± 0,20 | 3,11 ± 1,08 | 3,05 ± 1,42 | 3,08 ± 1,18 |
| CR 4 min | 1,00 ± 0,10 | 0,97 ± 0,11 | 0,98 ± 0,08 | 0,21 ± 0,30 ^a | 0,39 ± 0,42 ^{a*} | 0,23 ± 0,26 | 4,27 ± 1,32 ^b | 3,99 ± 1,18 | 3,73 ± 0,94 |
| CR 6 min | 0,97 ± 0,07 | 0,92 ± 0,08 | 0,96 ± 0,09 | 0,25 ± 0,33 | 0,60 ± 0,30 | 0,35 ± 0,32 | 3,82 ± 1,00 | 3,22 ± 0,91 | 3,21 ± 0,92 |
| CR 8 min | 0,94 ± 0,06 | 0,90 ± 0,08 | 0,93 ± 0,06 | 0,34 ± 0,33 | 0,70 ± 0,30 | 0,37 ± 0,32 | 3,41 ± 0,95 | 2,83 ± 0,78 | 3,02 ± 0,79 |
| CR 10 min | 0,93 ± 0,06 | 0,87 ± 0,07 | 0,92 ± 0,06 | 0,40 ± 0,32 | 0,81 ± 0,54 | 0,42 ± 0,31 | 3,16 ± 0,79 | 2,45 ± 0,78 | 2,83 ± 0,76 |
| CR 12 min | 0,92 ± 0,05 | 0,86 ± 0,07 | 0,91 ± 0,05 | 0,47 ± 0,28 | 0,84 ± 0,49 | 0,48 ± 0,28 | 2,95 ± 0,75 | 2,25 ± 0,73 | 2,62 ± 0,73 |
| CR 14 min | 0,91 ± 0,05 | 0,86 ± 0,08 | 0,91 ± 0,08 | 0,47 ± 0,29 | 0,87 ± 0,56 | 0,48 ± 0,33 | 2,91 ± 0,66 | 2,23 ± 0,76 | 2,58 ± 0,82 |
| CR 16 min | 0,91 ± 0,04 | 0,87 ± 0,08 | 0,90 ± 0,05 | 0,48 ± 0,27 | 0,83 ± 0,54 | 0,50 ± 0,25 | 2,81 ± 0,62 | 2,24 ± 0,69 | 2,47 ± 0,71 |
| CR 18 min | 0,92 ± 0,05 | 0,87 ± 0,07 | 0,92 ± 0,06 | 0,44 ± 0,30 | 0,82 ± 0,51 | 0,40 ± 0,29 | 2,97 ± 0,72 | 2,30 ± 0,72 | 2,75 ± 0,82 |
| CR 20 min | 0,95 ± 0,09 | 0,89 ± 0,09 | 0,93 ± 0,08 | 0,35 ± 0,31 | 0,75 ± 0,58 | 0,42 ± 0,29 | 3,40 ± 1,03 | 2,57 ± 0,85 | 2,82 ± 0,95 |
| <i>M_{CR}</i> | 0,94 ± 0,06 [§] | 0,89 ± 0,08* | 0,93 ± 0,06 | 0,38 ± 0,02 [§] | 0,71 ± 0,04* | 0,40 ± 0,05 | 3,28 ± 0,76 ^{§*} | 2,71 ± 0,75 | 2,91 ± 0,74 |

Valores expressos em média ± DP. *M_{CC}*, média dos valores durante os 40 min do exercício com carga constante. *M_{CR}*, média dos valores durante os 20 min do contrarrelógio.

^aSignificativamente diferente de CC 4 min ($P \leq 0,05$). ^bSignificativamente diferente do CR 2 min ($P \leq 0,05$). [§]Significativamente diferente do EM + CHO ($P \leq 0,05$).

*Significativamente diferente do CHO + A ($P \leq 0,05$).

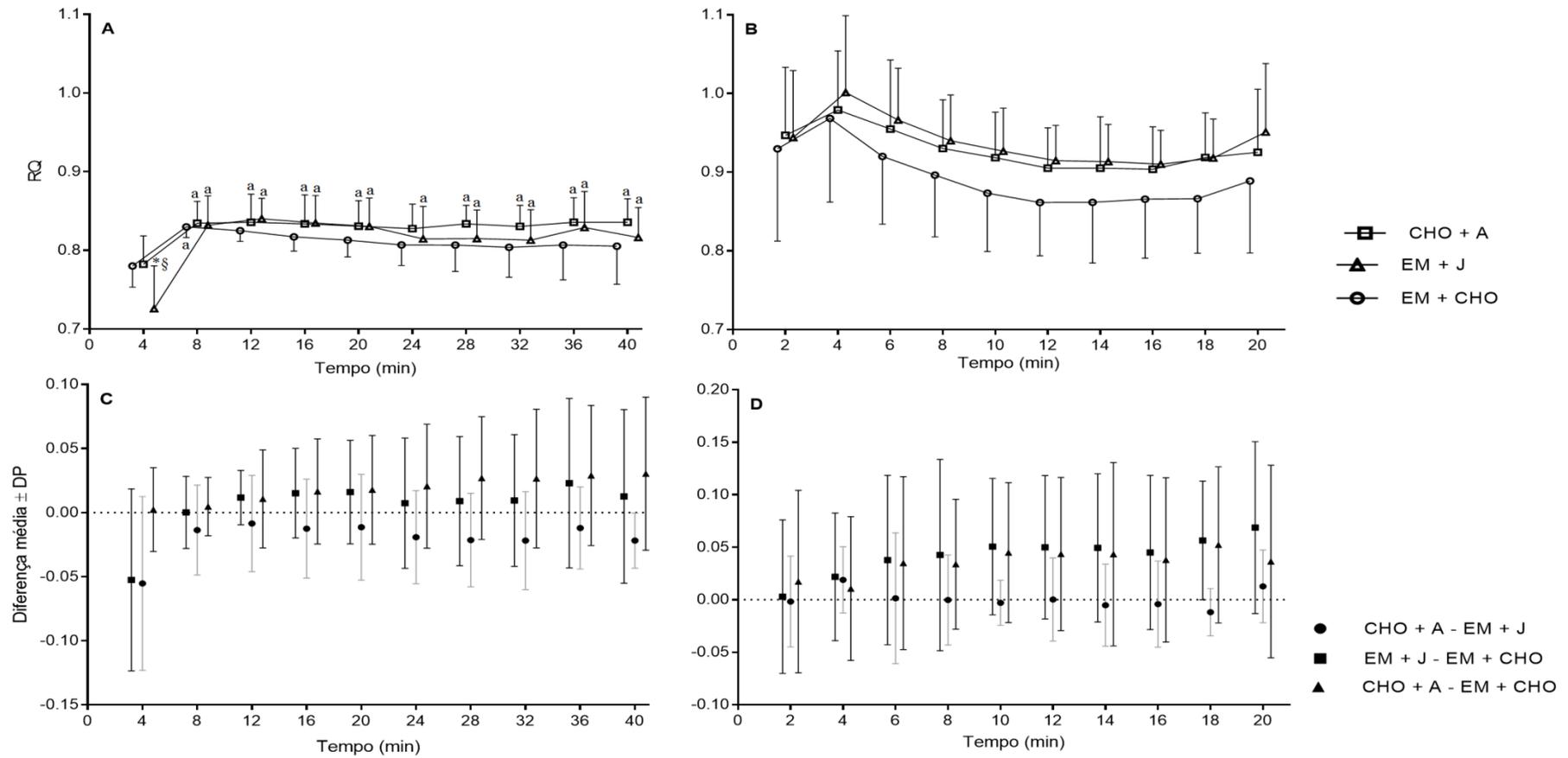


Figura 10. Quociente respiratório (RQ) expresso em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A -■-). Comparação média \pm DP do RQ entre grupos (EM + J ▲), (EM + CHO ●) e (CHO + A ■), durante exercício com carga constante (C) e teste contrarrelógio (D). *Two-way* RM-ANOVA e teste *post hoc* de Tukey. ^aSignificativamente diferente de CC 4 min ($P \leq 0,05$). [§]Significativamente diferente do EM + CHO ($P \leq 0,05$). *Significativamente diferente do CHO + A ($P \leq 0,05$). n = 8.

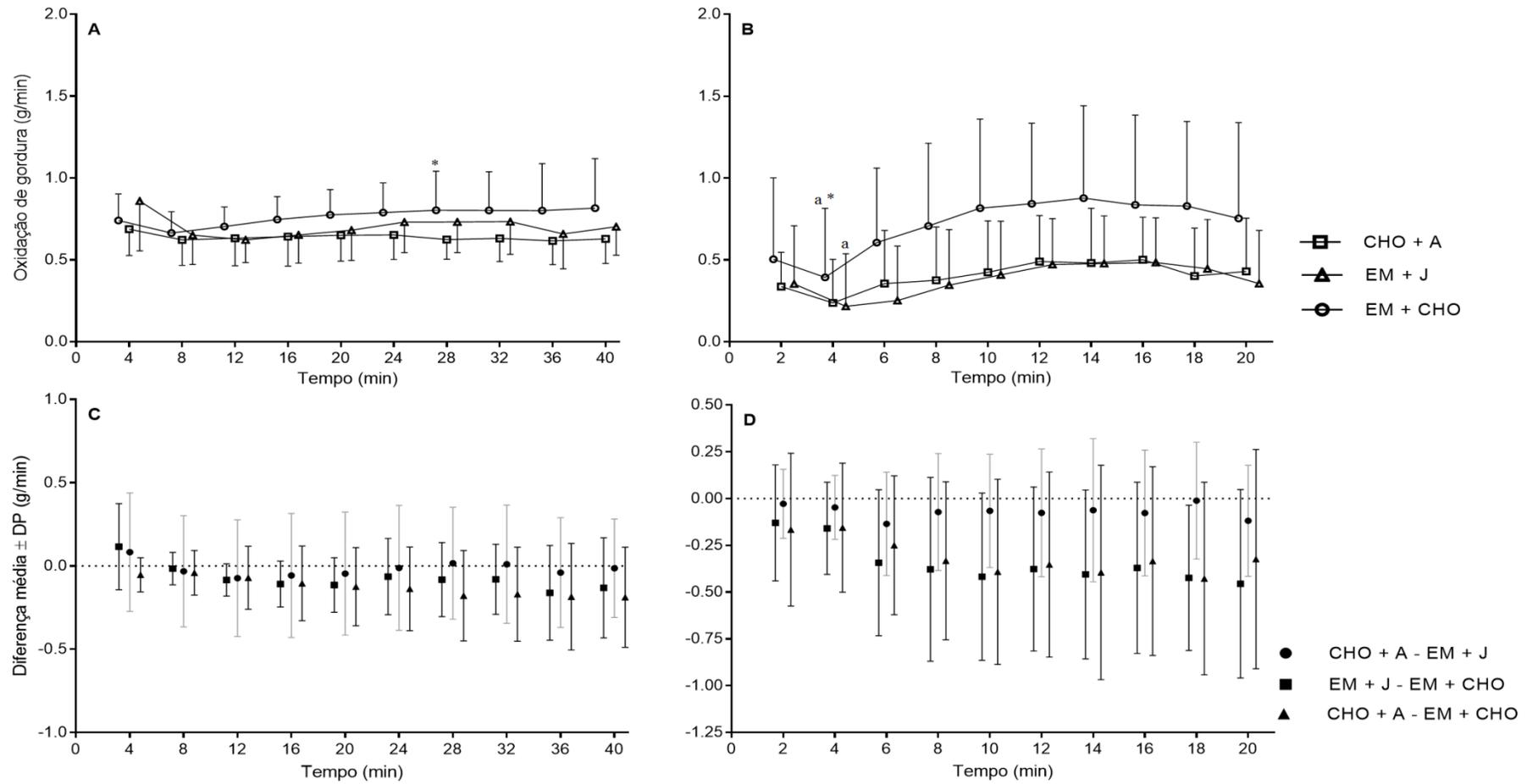


Figura 11. Taxa de oxidação de gordura expressa em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A -■-). Comparação média \pm DP da oxidação de gordura entre grupos (EM + J ▲), (EM + CHO ●) e (CHO + A ■), durante exercício com carga constante (C) e teste contrarrelógio (D). *Two-way* RM-ANOVA e teste *post hoc* de Tukey. ^aSignificativamente diferente de CC 4 min ($P \leq 0,05$). *Significativamente diferente do CHO + A ($P \leq 0,05$). n = 8.

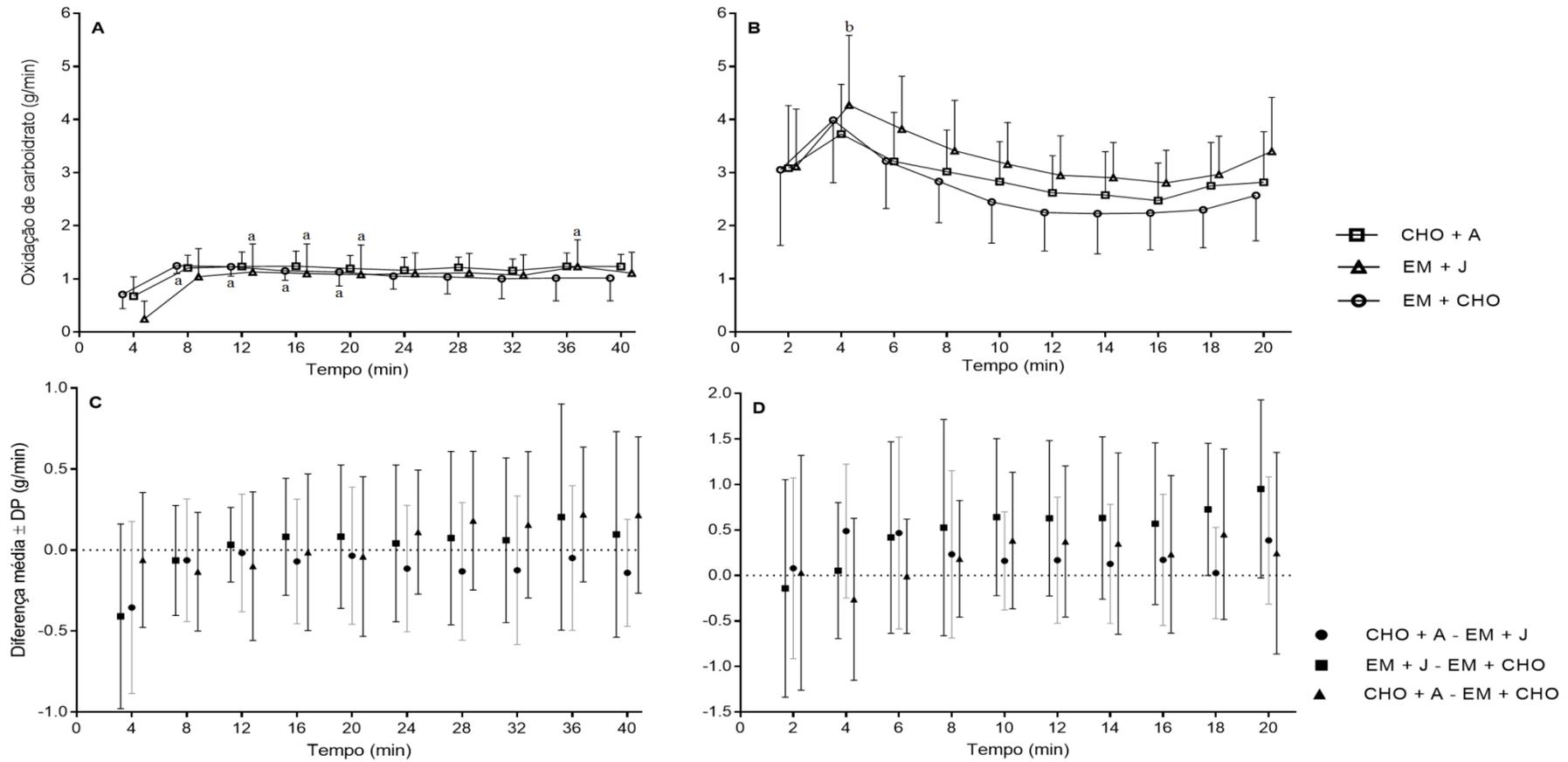


Figura 12. Taxa de oxidação de carboidrato expressa em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A -■-). Comparação média ± DP da oxidação de carboidrato entre grupos (EM + J ▲), (EM + CHO ●) e (CHO + A ■), durante exercício com carga constante (C) e teste contrarrelógio (D). *Two-way* RM-ANOVA e teste *post hoc* de Tukey. ^aSignificativamente diferente de CC 4 min ($P \leq 0,05$). ^bSignificativamente diferente do CR 2 min ($P \leq 0,05$). n = 8.

4.6 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE PERFORMANCE

Os parâmetros de performance relacionados à produção de potência e percepção subjetiva de esforço (PSE) estão apresentados na Tabela 9 e nas Figuras 13, 14 e 15.

Ao analisar os resultados de potência, observou-se que todos os grupos de intervenção tiveram diminuições significativas a partir do tempo CR 10 min até o fim do teste CR, em relação ao tempo CR 2 min. Contudo destaca-se que, na M_{CR} , ao comparar EM + J vs. CHO + A não houve significância e o TE foi trivial ($P = 0,927$; $d = 0,03$). Enquanto que na comparação EM + J vs. EM + CHO, houve uma tendência a ser maior com EM + CHO, mas o TE foi pequeno ($P = 0,078$; $d = 0,14$). Foi observada diferença significativa somente na comparação EM + CHO vs. CHO + A ($P = 0,022$; $d = 0,15$). Em relação aos *sprints* não houveram diferenças relacionadas à potência entre os grupos.

Em relação aos valores de PSE no CC 8 min, no grupo EM + CHO houve aumento significativo somente a partir do CC 40 min; no grupo EM + J o aumento foi significativamente percebido somente a partir do CC 32 min; e no grupo CHO + A a PSE aumentou significativamente logo após 24 min de exercício em CC. Ao avaliar a M_{CC} , de modo geral, verificou-se que ambos os grupos com intervenção de EM tiveram valores de PSE menores quando comparados ao grupo CHO + A. De fato, a PSE no grupo CHO + A foi significativamente maior que no EM + J, com TEs moderado ou com tendência a moderado ($P = 0,049$; $d = 0,94$, em CC 24 min e $P = 0,002$; $d = 0,58$ para M_{CC}). Além disso, apesar de não significativo, a PSE no grupo CHO + A em 16 min CC foi menores que no EM + J, com um TE moderado ($P = 0,104$; $d = -0,64$). Similarmente, na comparação com o grupo EM + CHO, os valores da PSE no grupo CHO + A foram maiores (não significativamente) e com TEs moderados em CC 24 min ($P = 0,219$; $d = -0,67$) e em CC 32 min ($P = 0,155$; $d = -0,68$). No teste CR, todas as intervenções tiveram um comportamento similar de aumento da PSE.

Tabela 8. Parâmetros de performance relacionados à produção de potência e percepção subjetiva de esforço (PSE) nos tratamentos com erva mate e jejum (EM + J), erva mate e carboidrato (EM + CHO) e carboidrato e água (CHO + A) durante os testes contrarrelógio (CR) e *sprints* repetidos (n = 8).

| Tempo | Potência (W/min) | | | Tempo | Percepção subjetiva de esforço (PSE) | | |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | EM + J | EM + CHO | CHO + A | | EM + J | EM + CHO | CHO + A |
| CR 2 min | 286,6 ± 54,3 [§] | 300,7 ± 51,4 | 283,6 ± 38,5 | CC 8 min | 8,6 ± 1,7 | 9,2 ± 1,7 | 9,0 ± 1,8 |
| CR 4 min | 280,6 ± 23,0 | 270,2 ± 47,7 | 262,9 ± 42,5 | CC 16 min | 9,0 ± 1,9 | 10,2 ± 1,6 | 10,4 ± 2,0 |
| CR 6 min | 266,7 ± 29,2 | 262,4 ± 45,3 | 255,4 ± 43,9 | CC 24 min | 10,1 ± 2,3 | 10,6 ± 1,7* | 11,7 ± 2,0 ^b |
| CR 8 min | 262,0 ± 39,2 | 257,6 ± 48,7 | 252,4 ± 44,5 | CC 32 min | 11,1 ± 2,1 ^b | 11,0 ± 1,8 | 12,3 ± 1,8 ^b |
| CR 10 min | 251,7 ± 30,8 ^a | 247,5 ± 45,1 ^a | 245,0 ± 41,7 ^a | CC 40 min | 11,7 ± 2,5 ^b | 11,7 ± 1,3 ^b | 12,4 ± 1,6 ^b |
| CR 12 min | 251,0 ± 33,2 ^a | 249,4 ± 49,7 ^a | 242,9 ± 41,7 ^a | <i>M_{CC}</i> | 10,1 ± 2,1* | 10,6 ± 1,4 | 11,1 ± 1,8 |
| CR 14 min | 249,9 ± 44,3 ^a | 251,0 ± 43,3 ^a | 241,0 ± 33,3 ^a | CR 5 min | 15,1 ± 2,1 | 15,0 ± 1,6 | 15,1 ± 1,6 |
| CR 16 min | 245,7 ± 35,2 ^a | 241,5 ± 43,3 ^a | 242,1 ± 46,6 ^a | CR 10 min | 16,3 ± 1,6 | 16,1 ± 1,9 | 16,6 ± 1,6 ^c |
| CR 18 min | 252,9 ± 40,9 ^a | 252,2 ± 44,5 ^a | 245,5 ± 42,4 ^a | CR 15 min | 17,3 ± 1,8 ^c | 17,5 ± 1,6 ^c | 17,4 ± 1,8 ^c |
| CR 20 min | 261,3 ± 35,4 | 260,7 ± 45,5 ^a | 255,6 ± 52,9 ^a | CR 20 min | 19,1 ± 0,9 ^c | 18,6 ± 1,5 ^c | 18,7 ± 1,0 ^c |
| <i>M_{CR}</i> | 260,8 ± 35,4 | 259,3 ± 46,5* | 252,6 ± 43,9 | <i>M_{CR}</i> | 16,9 ± 1,5 | 16,8 ± 1,5 | 16,7 ± 1,4 |
| <i>Sprint</i> 1 | 890,2 ± 112,9 | 839,1 ± 95,7 | 849,2 ± 63,0 | <i>M_{sprints}</i> | 20,0 ± 0,0 | 20,0 ± 0,0 | 20,0 ± 0,0 |
| <i>Sprint</i> 2 | 866,4 ± 71,1 | 860,8 ± 75,5 | 868,4 ± 62,4 | | | | |
| <i>Sprint</i> 3 | 803,1 ± 106,3 | 831,8 ± 61,7 | 854,3 ± 63,3 | | | | |
| <i>Sprint</i> 4 | 828,5 ± 46,5 | 824,6 ± 63,5 | 841,9 ± 71,2 | | | | |
| <i>M_{sprints}</i> | 847,1 ± 77,1 | 842,6 ± 61,3 | 854,5 ± 39,3 | | | | |

Valores expressos em média ± DP. *M_{CC}*, média dos valores durante os 40 min do exercício com carga constante. *M_{CR}*, média dos valores durante os 20 min do contrarrelógio. *M_{sprints}*, média dos valores entre os *sprints* 1-4. ^aSignificativamente diferente do CR 2 min ($P \leq 0,05$). ^bSignificativamente diferente do CC 8 min ($P \leq 0,05$). ^cSignificativamente diferente do CR 5 min ($P \leq 0,05$). *Significativamente diferente do CHO + A ($P \leq 0,05$). n = 8.

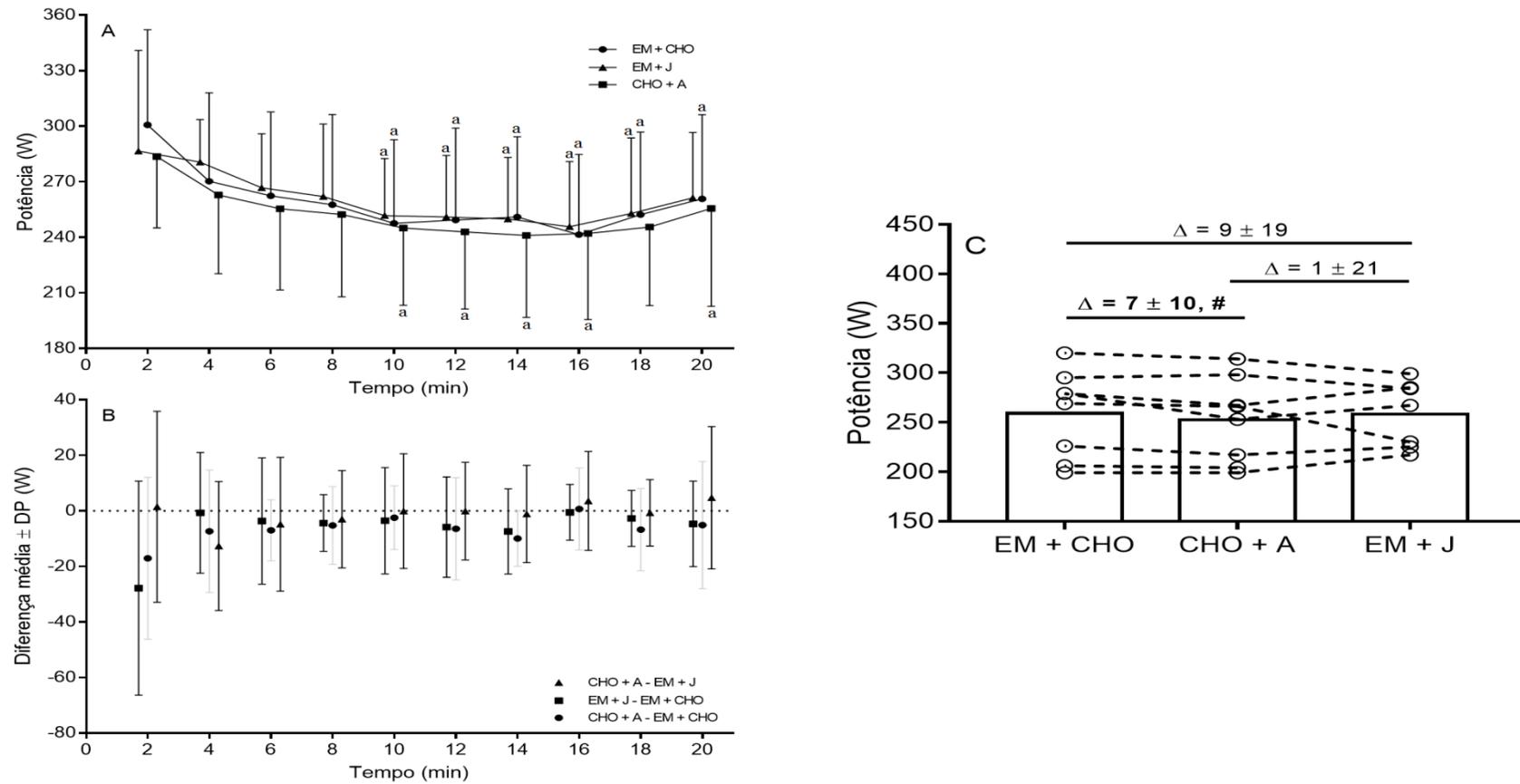


Figura 13. Produção de potência expressa em valores durante o teste contrarrelógio (CR) (A), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J ▲), erva-mate e carboidrato (EM + CHO ●) e carboidrato e água (CHO + A ■). Comparação média ± DP da produção de potência entre grupos (EM + J ▲), (EM + CHO ●) e (CHO + A ■), durante teste contrarrelógio (B). A e B, n = 8. Potência média intraindivíduo durante CR 20 min (C) nas três condições de intervenção, onde delta (Δ) indica diferença média ± DP. *Two-way* RM-ANOVA e teste *post hoc* de Tukey. #Significativamente diferente ($P \leq 0,05$). ^aSignificativamente diferente do CR 2 min ($P \leq 0,05$). n = 8.

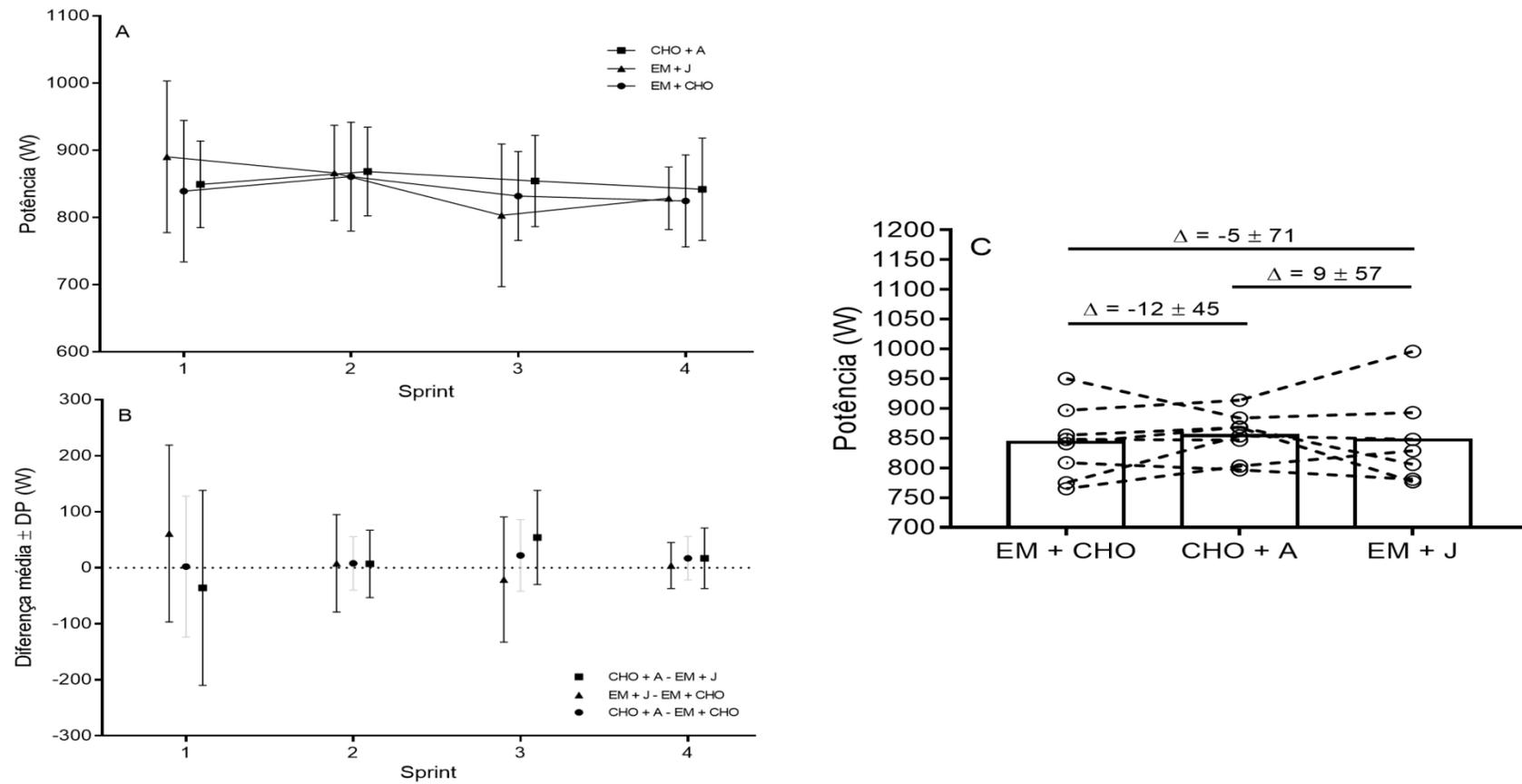


Figura 14. Produção de potência expressa em valores durante os *sprints* (A), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J ▲), erva-mate e carboidrato (EM + CHO ●) e carboidrato e água (CHO + A ■). Comparação média \pm DP da produção de potência entre grupos (EM + J ▲), (EM + CHO ●) e (CHO + A ■), durante teste de *sprints* (B). A e B, $n = 8$. Potência média intraindivíduo durante *sprints* (C) nas três condições de intervenção (EM + J, $n = 7$; EM + CHO, $n = 8$; CHO + A, $n = 8$), no qual delta (Δ) indica diferença média \pm DP. *Two-way* RM-ANOVA e teste *post hoc* de Tukey. $n = 8$.

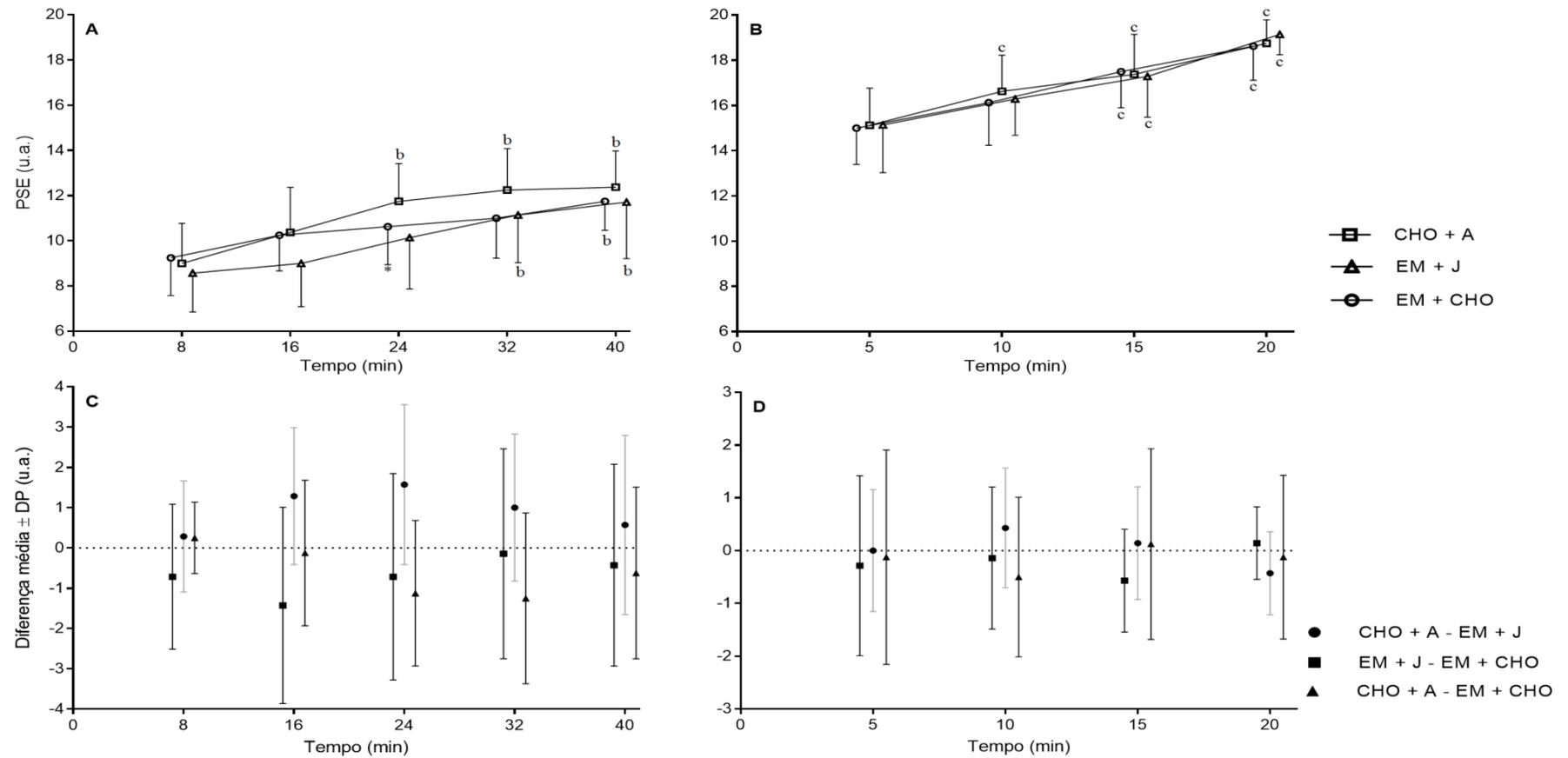


Figura 15. Percepção subjetiva de esforço (PSE) expressa em valores durante exercício com carga constante (A) e durante teste contrarrelógio (B), nos tratamentos com erva-mate e jejum (EM + J -▲-), erva-mate e carboidrato (EM + CHO -●-) e carboidrato e água (CHO + A -■-). Comparação média ± DP da PSE entre grupos (EM + J ▲), (EM + CHO ●) e (CHO + A ■), durante exercício com carga constante (C) e teste contrarrelógio (D). *Two-way* RM-ANOVA e teste *post hoc* de Tukey. ^bSignificativamente diferente do CC 8 min ($P \leq 0,05$). ^cSignificativamente diferente do CR 5 min ($P \leq 0,05$). *Significativamente diferente do CHO + A ($P \leq 0,05$). $n = 8$.

5 DISCUSSÃO

O presente estudo investigou o efeito do consumo de infusão de EM associado ou não ao consumo de carboidrato em parâmetros de estresse oxidativo, metabólicos e de performance em homens ciclistas treinados. Foi possível caracterizar as concentrações séricas de CFT, TAC e TOS, além de observar o comportamento de variáveis metabólicas e de performance de ciclistas submetidos a diferentes intervenções de EM e CHO, porém em mesmas condições e protocolo de exercício em cicloergômetro. Os principais achados desse estudo foram, que os grupos que consumiram a infusão de EM apresentaram maiores concentrações endógenas de compostos fenólicos e melhora nos parâmetros de performance, tais como, potência (M_{CR}) para o grupo EM + CHO e PSE (M_{CC}) para o grupo EM + J. A condição EM + J mostrou melhores resultados de TAC, TOS e IEO e maior oxidação de CHO (M_{CR}), já o grupo EM + CHO demonstrou maior oxidação de lipídios, menor QR

A análise sanguínea de fenólicos totais teve como intuito certificar-se de que os participantes com intervenção de EM de fato apresentassem elevação das concentrações desses compostos, pois são um dos principais bioativos presentes na infusão de EM. Foi possível observar que, em relação ao basal, os grupos com EM tiveram maiores concentrações de compostos fenólicos, sugerindo que o consumo da infusão ao longo de sete dias promoveu aumento sérico destas concentrações. Além disso, esse aumento dos compostos fenólicos nos grupos EM + J e EM + CHO se manteve inclusive após a realização do exercício, nos quais foram significativamente maiores do que as concentrações de fenólicos mensurados no grupo CHO + A.

Um estudo randomizado, cruzado e controlado analisou as concentrações de compostos fenólicos totais após 11 dias de tratamento com chá mate em homens fisicamente ativos, esses indivíduos foram submetidos a protocolo de exercício excêntrico, no qual foi observado que as concentrações plasmáticas de fenólicos totais foram maiores no grupo de chá mate em comparação ao controle em todos os tempos analisados, pré e pós o exercício (24, 48 e 72 h) (PANZA et al., 2016). Adicionalmente, esses autores identificaram que os fenólicos se mantiveram elevados em até 48 h após o exercício e a partir de então diminuíram significativamente, o que pode se sugerir que os compostos fenólicos podem ter sido úteis no período de recuperação.

Ao avaliar o biomarcador de atividade antioxidante TAC antes da realização do exercício, houve tendência de aumento apenas nos grupos que consumiram EM. Esse comportamento parece estar relacionado com o consumo de EM nos sete dias anteriores à

realização do protocolo de exercício, demonstrando que o consumo de 250 mL de infusão de EM nesse período proporcionou aumento do perfil antioxidante dos participantes. De fato, outros estudos que avaliaram o consumo de infusão de EM, de forma aguda ou prolongada, identificaram importante aumento de biomarcadores de atividade antioxidante (BOAVENTURA et al., 2012; BOAVENTURA et al., 2015).

Em relação à TAC após o exercício, o grupo que consumiu infusão de EM na forma isolada apresentou maiores valores de TAC em comparação aos grupos que fizeram a ingestão de refeição com CHO. Ressalta-se que o exercício proporciona fisiologicamente aumento da mobilização e captação de compostos antioxidantes (POWERS et al., 2014). De fato, a TAC parece ser influenciada pela realização do exercício, o qual desencadeia fluxo de produção de ER e mobilização de antioxidantes da circulação e de reservas teciduais a fim de alcançar o músculo. Desta maneira, ao iniciar o exercício, as concentrações de antioxidantes na circulação tendem a aumentar, mesmo sem a ingestão de alimento com potencial antioxidante (WATSON et al., 2005). No entanto, não houve alteração significativa nas concentrações de TAC antes e depois do exercício em nenhuma das intervenções, sugerindo certa adaptação dos participantes em relação aos efeitos redox proporcionados pelo exercício. Considerando que todas as intervenções tiveram a mesma interferência em relação à execução do protocolo de exercício, supõe-se que o exercício proporcionou uma mobilização de compostos antioxidantes de forma similar nos diferentes grupos. Sendo assim, parece que apenas o grupo EM + J conseguiu manter concentrações de antioxidantes aumentados, além do requerido pelo exercício, sugerindo um efeito poupador de antioxidantes proporcionado pela infusão de EM consumida de forma isolada. Por outro lado, as intervenções com CHO parecem ter contribuído para uma maior exigência de compostos antioxidantes, inclusive quando associado à EM, porém não influenciou significativamente.

Levando em consideração o estado oxidante antes do exercício, observou-se uma tendência dos valores de TOS estarem menores nos grupos que consumiram EM, principalmente de forma isolada. Isso indica que, independentemente da realização do exercício, a EM consumida por 7 dias proporcionou nos participantes um menor estado oxidante em relação ao grupo que não consumiu infusão de EM. Adicionalmente, o IEO também demonstrou uma tendência similar, nos quais menores valores indicativos de EO estiveram associados ao consumo de EM. O efeito protetor da infusão de EM parece ter permanecido após o exercício, especialmente no grupo com EM isolada. A presença do CHO pode ter atenuado esse efeito do IEO, que em parte pode ser resultado da influência do CHO em ativar vias metabólicas que produzem ER. No exercício submáximo, uma das principais

vias que poderia estar associada à produção de ER é a via oxidativa, através da cadeia respiratória; enquanto no CR uma das principais vias poderia ser a via de oxidação do lactato. Apesar dessas vias não terem sido analisadas, esse efeito observado pode ter sido influenciado pela presença de CHO na produção de ER (POWERS et al., 2014; WESTERBLAD; ALLEN, 2011).

A glicose durante o exercício de CC apresentou um comportamento semelhante no grupo EM + CHO e CHO + A, na qual a glicose foi diminuindo com relação ao pré-exercício, embora no CC 40 min de EM + CHO e CHO + A, não foi percebido a mesma tendência no decréscimo de glicose. Enquanto isso, a glicemia não diminuiu no grupo EM + J ao longo do CC. No teste CR, a glicemia passou a aumentar nos grupos que ingeriram EM, sendo significativo no grupo EM + J no CR 20 min, o aumento da glicose pode ser justificado principalmente pela elevação e ação da adrenalina, que neste momento ativa a glicogenólise hepática. Com o aumento da intensidade do exercício, o músculo eleva a taxa de glicogenólise e começa a captar com maior velocidade a glicose sanguínea, diminuindo sua concentração no sangue, havendo então uma sinalização hormonal para que o fígado ative a glicogenólise hepática e gliconeogênese, assim a glicose é liberada para o sangue a fim de compensar a redução de glicose disponível, que neste momento está sendo captada rapidamente pelo músculo (AHLBORG, 1975; HARGREAVES, SPRIET, 2020).

No teste CR, é possível observar que ambos os grupos que consumiram CHO antes, as concentrações de glicose estão sendo recuperados, sendo que esse comportamento reflete a produção de glicose hepática. No CR 20 min, ou seja, ao final do teste, o EM + J apresentou diferença em relação ao início do CR (5 min), indicando que foi o momento em que o músculo começou a captar a glicose sanguínea e o fígado iniciou sua liberação. Esse cenário sugere o efeito poupador de glicogênio hepático, pois o fígado não precisou fornecer glicose em praticamente todo o teste CR. Isso ocorreu apenas ao final do teste, demonstrando uma significância clínica importante do grupo EM + J, pois foi possível notar que, nestas condições, foi capaz de manter a glicemia, mesmo estando em jejum. A glicemia na condição EM + J foi maior que nas condições EM + CHO e CHO + A no CC 20 min, sugerindo que a EM isolada possa ter interferido na captação de glicose. Estudo semelhante observou que a glicose foi significativamente maior no grupo que ingeriu EM no pré-teste e no segundo e terceiro terço do teste CR em comparação ao *baseline*, enquanto o grupo que consumiu apenas água foi maior apenas no terceiro terço de CR, também em relação ao *baseline* (ARETA et al., 2018).

As concentrações de lactato no pré-exercício foram maiores nos grupos EM + CHO e CHO + A quando comparados a EM + J. No CR, destaca-se que em todos os momentos avaliados, a concentração de lactato no sangue foi > 4 mmol/L, acima do LL2, em todos os grupos, indicando um aumento na participação da via anaeróbia glicolítica para a produção de energia, independentemente do tratamento. O LL2 mostra a transição do metabolismo oxidativo para predominantemente glicolítico, sendo que essa via está ativada para atender o *turnover* do ATP que está elevado (AHLBORG et al., 1975; GOSH, 2004). Ao final do CR houve diferença significativa, na qual a produção de lactato foi maior nos grupos com EM. Areta e colaboradores (2018) também observaram que os sujeitos que consumiram EM tiveram níveis maiores de lactato em comparação ao grupo controle (água). Parece que a infusão de EM influenciou no metabolismo muscular de CHO de forma diferenciada de quando estava sendo consumindo apenas CHO, não mostrando a mesma resposta metabólica.

Ao avaliar a FC, embora as respostas ao longo do exercício submáximo (i.e., MCC) não tenham, de modo geral, diferido entre os grupos, a resposta de incremento nos valores, em relação ao início do teste, pareceu ter sido ligeiramente retardada com a ingestão de EM somente, em comparação aos tratamentos com CHO. No entanto, na média do teste CR os valores de FC nos grupos com infusão de EM ficaram significativamente maiores em relação ao grupo CHO + A. Em relação às demais variáveis metabólicas, observou-se valores aumentados de VO_2 no grupo EM + CHO em relação ao grupo CHO + A. Já em relação à VCO_2 , na média do teste CR, os valores ficaram significativamente maiores nos grupos que consumiram infusão de EM. Durante o exercício ocorre o aumento sistêmico de VCO_2 , em decorrência da elevada produção de CO_2 , em resposta ao tamponamento do H^+ pelo bicarbonato (HCO_3^-) (MEYER et al., 2005).

No exercício em CC, a oxidação de lipídios foi maior entre as condições que ingeriram infusão de EM, quando comparado ao grupo CHO + A. Corroborando com nossos achados, o estudo de Areta e colaboradores (2018) demonstraram um aumento de 23% na oxidação no grupo EM em comparação ao controle, em diferentes intensidades de exercício (30%, 40% e 50 % $VO_{2máx}$). Alkhatib e Atcheson (2017) também encontraram comportamento similar ao avaliar 12 mulheres saudáveis submetidas ao exercício em cicloergômetro com duração de 30 min, consumindo cápsulas de EM (2g) ou placebo. Esses autores identificaram que a oxidação foi significativamente maior no grupo que ingeriu as cápsulas de EM em comparação ao placebo ao longo do exercício de baixa a moderada intensidade. Estes resultados são semelhantes a outro achado deste mesmo grupo, que observou um aumento de 24% na oxidação de lipídio ao consumir EM em cápsulas durante exercício em cicloergômetro com

intensidades baixas a moderadas (ALKHATIB, 2014). Ressalta-se que todos esses estudos (ALKHATIB, 2014; ALKHATIB; ATCHENSON, 2017; ARETA et al., 2018) demonstraram os promissores resultados em relação à oxidação de lipídio no exercício ao avaliar o consumo da infusão de EM em jejum, especialmente em baixas e moderadas intensidades. No entanto, ao avaliar o teste CR, com intensidades maiores, o presente estudo mostrou uma otimização da associação da EM com CHO, mostrando valores de oxidação de lipídio significativamente maiores em relação à infusão de EM isolada (jejum) e ao CHO isolado. Sugere-se que o consumo da EM associado a uma refeição com CHO (1g/kg de massa corporal) parece interferir positivamente no metabolismo durante o exercício, aumentando a oxidação lipídica nas condições de exercício testadas. De fato, ao avaliar os valores de QR no teste CR, o grupo EM + CHO apresentou valores significativamente menores em relação aos demais grupos de intervenção, estabelecendo-se no M_{CR} um valor médio de $0,89 \pm 0,08$, enquanto os grupos EM + J e CHO + A apresentaram valores médios de $0,94 \pm 0,06$ e $0,93 \pm 0,06$, respectivamente. Para medir o QR, considera-se a razão VC_{O_2}/V_{O_2} , que varia de 0,7 a 1,0, nos quais valores de QR entre 0,8 e 0,9 sugerem oxidação de lipídios, carboidratos e proteínas, enquanto valores de QR entre 0,9 e 1,0 sugerem oxidação prioritariamente de CHO (KROGH; LINDHARD, 1920).

Em relação à oxidação de CHO, observou-se na média do teste CR que os valores no grupo EM + J foram significativamente maiores do que nos grupos com ingestão de CHO. Enquanto que no estudo de Areta e colaboradores (2018), foi observado que a oxidação de CHO foi maior no grupo controle (água) em comparação ao grupo EM no exercício submáximo. No entanto, sugere-se que a infusão de EM isolada proporcionou adaptações metabólicas que possibilitaram a oxidação de CHO como substrato energético. Esses achados mostram um potencial interessante de utilização da infusão de EM isolada em estratégias dietéticas relacionadas à periodização de CHO, que no treinamento são responsáveis por gerar adaptações no organismo do indivíduo. Estudos têm demonstrado que o déficit de glicogênio pode servir como sinalizador para a expressão de genes oxidativos, melhorando as respostas adaptativas, no qual surgiu o conceito de nutrição periodizada, com relação ao CHO, que incluem estratégias para atletas que treinam em jejum e têm como objetivo gerar adaptações e manutenção de performance (JEUKENDRUP, 2017; EDINBURGH et al. 2019). Ao realizar treinamento com déficit de CHO é possível gerar sinalizações que, em longo prazo, melhoram a capacidade oxidativa, visto que o déficit de glicogênio ativa vias de sinalizações que aumentarão a expressão de enzimas da cadeia respiratória e do ciclo de Krebs, ou seja, irá promover a melhora do aparato oxidativo (BURKE et al. 2017; JEUKENDRUP, 2017). Desta

maneira, a infusão de EM pode ser utilizada para ampliar as estratégias dietéticas direcionadas ao treinamento na periodização de CHO, para protocolos com treinos de pelo menos de 1h, em jejum, e em treinos mais prolongados com a associação de CHO. A ausência de CHO pode ser uma estratégia no sentido de gerar adaptações oxidativas, nesse contexto quando a estratégia de treinos for definida e quando houver treino em jejum, a infusão poderia ser interessante, por talvez melhorar PSE, IEO e a disponibilidade de antioxidantes dietéticos na circulação (fenólicos).

Apesar de estar descrito na literatura que o CHO é o principal substrato energético que interfere na performance de *endurance* (BURKE et al., 2019), o presente estudo mostrou resultados promissores a partir do uso da EM no exercício. Ao analisar a potência média do teste CR, observou-se valor significativamente maior no grupo que consumiu infusão de EM juntamente com a refeição de CHO (EM + CHO) em relação ao grupo CHO + A. No entanto, nos *sprints* repetidos não foi encontrada diferença significativa entre as intervenções. Contudo, ressalta-se que mesmo a infusão de EM sendo ingerida de forma isolada em jejum, ela manteve valores de potência similares de quando foi associada ou não ao consumo de refeição com carboidrato, sendo este reconhecidamente postulado por interferir positivamente na performance e recomendado nos guias dietéticos relacionados à performance esportiva (ACSM, 2016; BURKE et al., 2019). Outra hipótese para melhora da potência pode estar relacionada ao efeito sinérgico dos compostos bioativos presentes na EM, tais como fenólicos e cafeína (BARCELOS et al., 2020; TUNG et al., 2019).

Adicionalmente, foi observado que no exercício em CC a PSE aumentou de forma mais tardia em ambos os grupos que ingeriram infusão de EM, porém somente o grupo EM + J apresentou valor significativamente menor de PSE no M_{CC} em relação à intervenção com refeição de CHO isoladamente. O grupo CHO + A aumentou significativamente a PSE após 24 min do início do exercício, enquanto os grupos EM + J e EM + CHO aumentaram após 32 e 40 min, respectivamente. Esses dados também sugerem uma possível relação positiva do consumo de EM na performance esportiva a partir do protocolo testado. Areta e colaboradores (2018), ao avaliar o consumo de EM em relação ao controle (água), não observaram esse comportamento de melhora da PSE em protocolo de exercício similar. Já Alkhatib e colaboradores (2015) encontraram PSE menor em exercício submáximo no grupo que realizou suplementação de cápsulas com diferentes ingredientes, dentre eles a EM. Ressalta-se que apesar de ser uma medida psicofisiológica, para indivíduos treinados qualquer diferença na PSE possui um significado prático muito importante para os resultados, pois esses indivíduos conseguem diferenciar melhor essa percepção. Desta maneira, considerando os

resultados de performance, sugere-se que a ingestão isolada de infusão de EM seja mais interessante em exercícios submáximos, enquanto a EM + CHO possa ser mais vantajosa em treinos de maior intensidade.

Cabe destacar que o presente estudo possui algumas limitações intrínsecas de estudos com seres humanos em relação a intervenções dietéticas, avaliação do EO e da performance, as quais podem interferir nos resultados, tais como a diferença do consumo alimentar intra e inter indivíduo, a influência do consumo de alimentos específicos no comportamento do alimento testado e a prática excessiva de exercícios. Diante disso, o delineamento do estudo foi desenvolvido para evitar e/ou minimizar tais interferências, sendo solicitado que todos os voluntários mantivessem o seu hábito alimentar durante todo o período do estudo, o qual foi comprovado pela avaliação quantitativa do consumo alimentar. Além disso, foi realizado um controle dietético de alimentos similares à infusão de EM em relação aos principais compostos bioativos, tais como fenólicos e cafeína; e foi realizado controle sobre a prática excessiva e intensa de exercício antes da realização do protocolo testado. Outra estratégia para minimizar possíveis interferências foi manter os horários e as mesmas condições de teste em todas as três intervenções. Por fim, outra limitação que deve ser considerada é o número reduzido da amostra. Para minimizar esse efeito, utilizou-se o teste estatístico relacionado ao TE, o qual possibilita observar a aplicabilidade clínica/prática mesmo em amostras pequenas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos do consumo de infusão EM, associada ou não ao consumo de CHO, nos parâmetros de estresse oxidativo, metabólicos relacionados ao exercício e de performance de ciclistas treinados. Portanto, observou-se que os grupos que consumiram a infusão de EM apresentaram maiores concentrações endógenas de compostos fenólicos. Em relação aos biomarcadores de estresse oxidativo, após o exercício, a ingestão da infusão de EM isolada proporcionou melhores resultados de TAC, TOS e IEO. No teste CR, o grupo que associou infusão de EM e refeição com CHO apresentou maior oxidação de lipídios e menor QR, o que poderia ser resultado de uma possível otimização de glicogênio hepático em relação ao glicogênio muscular, o que poderia influenciar na recuperação e retomada do exercício após o descanso, podendo diminuir a fadiga, enquanto a oxidação de CHO foi maior no grupo que ingeriu infusão de EM isoladamente (M_{CR}). Ambos os grupos que ingeriram infusão de EM tiveram melhora nos parâmetros de performance avaliados, sendo que o grupo EM + CHO apresentou melhora na potência (M_{CR}) e o grupo EM + J na PSE (M_{CC}), o que pode sugerir que o metabolismo de CHO possa ter interferido de alguma forma neste protocolo testado, sendo observada uma associação entre o consumo de EM e melhora da PSE. Desta forma, sugere-se que a infusão de EM seja uma aliada e interessante abordagem para incrementar a performance de ciclistas em treinos semelhantes ao avaliado nesta pesquisa.

Destaca-se que esse foi o primeiro estudo a avaliar o papel da infusão de EM relacionando parâmetros de estresse oxidativo, metabólicos e de performance no exercício em indivíduos treinados. Além disso, este trabalho buscou utilizar condições dietéticas mais próximas da realidade dos atletas, a partir de refeições com CHO, as quais são recomendadas pelos guias dietéticos de nutrição esportiva, ao invés de avaliar apenas o efeito da infusão de EM em estado de jejum, sendo possível trazer uma discussão e reflexão quanto às estratégias nutricionais disponíveis, tanto em relação ao preconizado para a modalidade esportiva através das diretrizes quanto à outras abordagens, como por exemplo, a periodização nutricional, que poderia gerar adaptações ao metabolismo, sendo uma boa ferramenta disponível conforme a necessidade do indivíduo. Outra questão a ser ressaltada é a forma de utilização da EM, que foi a partir da infusão de folhas de granulometria ultrarefinada, diferente dos demais estudos que normalmente utilizam cápsulas de folhas secas e moídas. Ainda, a partir dos resultados encontrados destaca-se que em relação às implicações práticas da EM relacionadas às estratégias nutricionais poderíamos citar os recursos ergogênicos, presentes na EM, que

poderia beneficiar o atleta e melhorar sua performance. Sendo assim, o consumo da infusão de EM poderia ser uma abordagem útil para este público alvo.

A partir dos achados deste estudo sugere-se novas investigações a respeito do efeito do consumo de infusão de EM na elucidação de mecanismos associados ao EO; na investigação isolada ou sinérgica dos compostos bioativos presentes na EM relacionados à prática de exercícios; em outros protocolos de exercício que envolvam diferentes tempos e intensidades; e na elucidação dos mecanismos relacionados à utilização dos substratos energéticos.

REFERÊNCIAS

ACKLAND, T. et al. Current status of body composition assessment in sport. **Sports Medicine**, v. 42, n. 3, p. 227–249, 2012.

ACSM - American College of Sports Medicine, *Medicine & Science in Sports & Exercise: SPECIAL COMMUNICATIONS: Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance*, v. 48, ed. 3, p. 543-568, 2016.

AIRD T. P. et al. Effects of fasted vs fed-state exercise on performance and post-exercise metabolism: A systematic review and meta-analysis. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 28, p. 1476–1493, 2018.

ALKHATIB, A. Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) ingestion augments fat oxidation and energy expenditure during exercise at various submaximal intensities. **Nutrition and Metabolism**, v. 11, n. 42, p. 1-7, 2014.

ALKHATIB, A et al. Acute effectiveness of a “fat-loss” product on substrate utilization, perception of hunger, mood state and rate of perceived exertion at rest and during exercise. **tion**, v. 12, p. 44, 2015.

ALKHATIB, A.; ATCHESON, R. Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) metabolic, satiety, and mood state effects at rest and during prolonged exercise. **Nutrients**, v. 9, n. 882, p. 1-15, 2017.

AMIGO-BENAVENT, M. et al. Antiproliferative and cytotoxic effects of green coffee and yerba mate extracts, their main hydroxycinnamic acids, methylxanthine and metabolites in different human cell lines. **Food and Chemical Toxicology**, v. 106, p. 125–138, 2017.

ANTONIONI, AMBRA, CRISTINA FANTINI, IVAN DIMAURO AND DANIELA CAPOROSSI. Redox homeostasis in sport: do athletes really need antioxidant support? **Research in Sports Medicine**, v. 27, n. 2, p. 147–165, 2019.

ARAGON, A. A. et al. International society of sports nutrition position stand: Diets and body composition. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 14, n. 1, p. 1-19, 2017.

ARÇARI D.P. et al. Anti-inflammatory effects of yerba maté extract (*Ilex paraguariensis*) ameliorate insulin resistance in mice with high fat diet-induced obesity. **Molecular and Cellular Endocrinology**, v. 335, p. 110–115, 2011.

ARÇARI D.P. et al. The *in vitro* and *in vivo* effects of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extract on adipogenesis. **Food Chemistry**, v. 141, p. 809–815, 2013.

ARETA, J. L.; AUSTARHEIM, I.; WANGENSTEEN, H.; CAPELLI, C. Metabolic and performance effects of yerba mate on well-trained cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 50, n. 4, p. 817-826, 2018.

- ACHTEN J, GLEESON M, JEUKENDRUP AE. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. **Med Sci Sports Exerc.** p. 34:92–7, 2002.
- ACHTEN J, JEUKENDRUP AE. Maximal fat oxidation during exercise in trained men. **Int J Sports Med**, v. 24, p.603–8, 2003.
- AHLBORG, GUNVOR; FELIG, PHILIP; HAGENFELDT, LAiRs; HENDLER, ROSA; WAHREN, JOHN. Substrate Turnover during Prolonged Exercise in Man: splanchnic and leg metabolism of glucose, free fatty acids, and amino acids. **The Journal of Clinical Investigation.** v. 53, p. 1080-1090, 1974.
- ALVES, T. de L. Detecção de metabólitos do ácido clorogênico e de metilxantinas em plasma e urina de indivíduos saudáveis, após ingestão aguda de erva-mate (*Ilex paraguariensis*, A. St.-Hil.) 2016. Dissertação (Mestrado em Farmácia) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- BALSAN G. et al. Effect of yerba mate and green tea on paraoxonase and leptin levels in patients affected by overweight or obesity and dyslipidemia: a randomized clinical trial. **Nutrition Journal**, v. 18 : 5 ,2019.
- BARCELOS, R.P., LIMA, F.D., CARVALHO, N.R., BRESCIANI, G. and ROYES, L.F., 2020. Caffeine effects on systemic metabolism, oxidative-inflammatory pathways, and exercise performance. **Nutrition Research**, v 80, pp. 1-17, 2020.
- BASSETT, D. R., & HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise.** v. 32(1), p. 70–84, 2000.
- BENTLEY, D J, NEWELL, J., & BISHOP, D. Incremental exercise test design and analysis: Implications for performance diagnostics in endurance athletes. **Sports Medicine**, v. 37(7), p. 575–586, 2007.
- BENZIE, I. F. Evolution of antioxidant defence mechanisms. **European Journal of Nutrition**, 39(2), 53–61, 2000.
- BOAVENTURA, B. C. B. et al. Association of mate tea (*Ilex paraguariensis*) intake and dietary intervention and effects on oxidative stress biomarkers of dyslipidemic subjects. **Nutrition**, v. 28, n. 6, p. 657-664, 2012.
- BOAVENTURA, B. C. B. et al. Antioxidant potential of mate tea (*Ilex paraguariensis*) in type 2 diabetic mellitus and pre-diabetic individuals. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 3, p. 1057-1064, 2013.
- BOAVENTURA, B. C. B. et al. Effect of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) infusion obtained by freeze concentration technology on antioxidant status of healthy individuals. **LWT – Food Science and Technology**, v. 62, p. 948-954, 2015.
- BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.

BORGES M.C. et al. The effect of mate tea (*Ilex paraguariensis*) on metabolic and inflammatory parameters in high-fat diet-fed wistar rats. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 64, p. 561–569, 2013.

BORSZCZ F. K. et al. Is the Functional Threshold Power Interchangeable With the Maximal Lactate Steady State in Trained Cyclists? **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 0, p. 1 - 21, 2019.

BORSZCZ F.K. et al. Functional Threshold Power in Cyclists: Validity of the Concept and Physiological Responses. **International Journal of Sports Medicine**, v. 39, p. 737–742, 2018.

BRACESCO, N. et al. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: Minireview. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 136, ed. 3, p. 378-384, 2011.

BRASIL, 2019. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0> acesso em 05/12/2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de **Atenção Básica. Alimentos regionais brasileiros** / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – 2. ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 484 p.: il.

BRASIL_ Diretriz Brasileira de Dislipidemia e Aterosclerose. **Arq Bras Cardiol.** ; v. 109 (2Supl.1), p. 1-76, 2017.

BROOKS GA, MERCIER J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the “crossover” concept. **J Appl Physiol**, v. 76, p. 2253–61, 1994.

BURKE, L. M. Dietary assessment methods for the athlete. **Sports Science Exchange**, v. 28, n. 150, p. 1-6, 2015.

BURKE L. M. Re-Examining High-Fat Diets for Sports Performance: Did We Call the ‘Nail in the Coffin’ Too Soon? **Sports Medicine**, v. 45, p. 33–49, 2015.

BURKE L. M. et al. Contemporary Nutrition Strategies to Optimize Performance in Distance Runners and Race Walkers. **Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 29, ed. 2, p. 117-129, 2019.

BURKE L.M. et al. Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. **J Physiol**. v. 1; 595(9), p. 2785–2807, 2017.

CAMERA, DM, SMILES, WJ, & HAWLEY, JA. Exercise-induced skeletal muscle signaling pathways and human athletic performance. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 98, p. 131-143, 2016.

CAPLING, L. et al. Validity of Dietary Assessment in Athletes: A Systematic Review. **Nutrients**, v. 9, n. 12, p. 1313, 2017.

CHAVES G. et al. Heavy drinkers of *Ilex paraguariensis* beverages show lower lipid profiles but higher body weight. *Phytotherapy Research*, v. 32. Ed. 6, p. 1030-1038, 2018.

CINGI YIRÜN, M. et al. Evaluation of Oxidative Stress in Bipolar Disorder in terms of Total Oxidant Status, Total Antioxidant Status, and Oxidative Stress Index. **Archives of Neuropsychiatry**, v. 53, n. 3, p. 194-198, 2016.

CIPRYAN, LUKAS ; TSCHAKERT, GERHARD ; HOFMANN, PETER. Acute and Post-Exercise Physiological Responses to High-Intensity Interval Training in Endurance and Sprint Athletes. **J Sports Sci Med** . v. 16 (2), p. 219–229, 2017.

CODOGNOTTO, M. et al. Influence of localized edema on whole-body and segmental bioelectrical impedance. **Nutrition**, v. 24, n. 6, p. 569-574, 2008.

CÔMODO, A. et al. Utilização da bioimpedância para avaliação da massa corpórea. Projeto Diretrizes. **Associação Médica Brasileira e Conselho Federal de Medicina**, 2009.

CURRELL K.; JEUKENDRUP A. E. Validity, Reliability and Sensitivity of Measures of Sporting Performance. **Sports Medicine**, v. 38, ed. 4, p. 297–231, 2008.

DA SILVA, C. J. et al. Evaluation of the genotoxic and cytotoxic effects of crude extracts of *Cordia ecalyculata* and *Echinodorus grandiflorus*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 127, n. 2, p. 445-450, 2010.

DA SILVEIRA, T.F.F. et al. Content of lutein in aqueous extracts of yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). **Food Research International**, v. 82, p. 165-171, 2016.

DE BRITTO, E. P.; MESQUITA, E. T. Bioimpedância elétrica aplicada à insuficiência cardíaca. **Sociedade de Cardiologia do estado do Rio de Janeiro**, v. 21, n. 3, p. 178-183, 2008.

DE MEJIA, E. G. et al. Yerba mate tea (*Ilex paraguariensis*): Phenolics, antioxidant capacity and in vitro inhibition of colon cancer cell proliferation. **Journal of Functional Foods**, v. 2, n. 1, p. 23-34, 2010.

DE MEJIA E.G.; RAMIREZ-MARES M.V. Impact of caffeine and coffee on our health. **Trends in Endocrinology & Metabolism**, v. 25, ed. 10, p. 489-492, 2014.

DE MORAIS, E.C. et al. Consumption of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) Improves Serum Lipid Parameters in Healthy Dyslipidemic Subjects and Provides an Additional LDL-Cholesterol Reduction in Individuals on Statin Therapy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 57, i. 18, p. 8316-8324, 2009.

DICKHUTH, H.H. et al. Individual Anaerobic Threshold for Evaluation of Competitive Athletes and Patients with Left Ventricular Dysfunction. **Advances in Ergometry**, p. 173-179, 1991.

DUTRA, R. C.; CAMPOS, M. M.; SANTOS, A. R. S.; CALIXTO, J. B. Medicinal plants in Brazil: Pharmacological studies, drug discovery, challenges and perspectives. **Pharmacological Research**, v. 112, p. 4-29, 2016.

EDINBURGH, R. M, et al. Skipping Breakfast Before Exercise Creates a More Negative 24-hour Energy Balance: A Randomized Controlled Trial in Healthy Physically Active Young Men. **The Journal of Nutrition**. v.149, Issue 8, p.1326–1334, 2019.

EREL, O. A new automated colorimetric method for measuring total oxidant status. **Clinical Biochemistry**, v. 38, n. 12, p. 1103-1111, 2005.

EREL, O. A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. **Clinical Biochemistry**, v. 37, n. 4, p. 277-285, 2004.

FARAH, A.; PAULIS, T. de; TRUGO, L. C.; MARTIN, P. R. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, p. 1505–1513, 2005.

FISBERG, R. M.; MARCHIONI, D. M. L.; COLUCCI, A. C. A. Avaliação do consumo alimentar e da ingestão de nutrientes na prática clínica. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabolismo**, v. 53, n. 5, p. 617-624, 2009.

FRANCESCHINI, S. C. C. et al. Nutrição na fase adulta. In: Silva SMCS, Mura JDP. **Tratado de Alimentação, Nutrição e Dietoterapia**. São Paulo: Roca, p. 381-390, 2007.

FRAYN KN. Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. **J Appl Physiol**. v. 55, p. 628 – 634, 1983.

GAMBERO A.; RIBEIRO M.L. The Positive Effects of Yerba Maté (*Ilex paraguariensis*) in Obesity. **Nutrients**, v. 7(2), p. 730-750, 2015.

GAN R.Y. et al. Health Benefits of Bioactive Compounds from the Genus *Ilex*, a Source of Traditional Caffeinated Beverages. **Nutrients**, v. 10, ed.11, p. 1682, 2018.

GHOSH, ASOK KUMAR. Anaerobic Threshold: Its Concept And Role In Endurance Sport. **Malaysian Journal of Medical Sciences**, v. 11, n. 1, p. 24-36, 2004.

GRAY, D. S. Changes in bioelectrical impedance during fasting. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 48, n. 5, p. 1184-1887, 1988.

GUEDES, D. P.; GUEDES, J. E. R. P. **Manual Prático para Avaliação em Educação Física**. São Paulo: Manole, 2006.

GUTTERIDGE, J. M. C., HALLIWELL, BARRY. Mini-Review: Oxidative stress, redox stress or redox success? **Biochemical and Biophysical Research Communications**. v. 502, p. 183e186, 2018.

HALSON, S. L. Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. **Sports & Medicine**, v. 44, p. 139–147, 2014.

HÅKAN WESTERBLAD, DAVID G ALLEN. Emerging roles of ROS/RNS in muscle function and fatigue. **Antioxidant Redox Signaling**, v. 1;15(9), p. 2487-99, 2011.

HALLIWELL, BARRY - Antioxidants: The Basics-what they are and how to Evaluate them. **Advances in Pharmacology**, v. 38, p. 3-20, 1996.

HALLIWELL B, GUTTERIDGE JMC. Free radical in biology and medicine. **Oxford University Press**, 1999.

HARGREAVES, MARK; SPRIET, LAWRENCE L. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. **Nature Metabolism** , 2020.

HECK C.I.; DE MEJIA E.G. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): A Comprehensive Review on Chemistry, Health Implications, and Technological Considerations. **Journal of Food Science**, v. 72, ed.9, p. R138-R151, 2007.

HEYWARD, V. H.; STOLARCZYK, L. M. **Applied Body Composition Assessment**. Champaign: Human Kinetics, 1996.

HEYWARD, V.; WAGNER, D. **Applied body composition assessment**. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 2004.

HOPKINS W. G. Spreadsheets for Analysis of Controlled Trials, with Adjustment for a Subject Characteristic. **Sportscience**, v. 10, p. 46-50, 2006.

HOPKINS W. G. et al. Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. **Medicine & Science in Sports & Exercise** , v. 41, ed. 1, p. 3-13, 2009.

JÄGER, R. et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: Protein and exercise. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 14, n. 1, p. 1- 25, 2017.

JEUKENDRUP A.E. Periodized Nutrition for Athletes. **Sports Medicine**, v. 47, p. 51–63, 2017.

JEUKENDRUP, ASKER E . Periodized Nutrition for Athletes. **Sports Medicine**, v. 47(Suppl 1): p. 51–63, 2017.

KALINOWSKI, P., FIDLER, F. Interpreting significance: the differences between statistical significance, effect size, and practical importance. **Newborn & Infant Nursing Reviews**. v. 10 (1), p. 50–54, 2010.

KANG, J. et al. Effects of Exercise With and Without Energy Replacement on Substrate Utilization in the Fasting State. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 39, n. 1, p. 39-46, 2019.

- KEN J HETLELID, DANIEL J PLEWS, EVA HEROLD, PAUL B LAURSEN, STEPHEN SEILER. Rethinking the role of fat oxidation: substrate utilisation during high-intensity interval training in well-trained and recreationally trained runners. **BMJ Open Sport Exerc Med.** v. 1(1): e000047, 2015.
- KERR, A. et al. Impact of food and fluid intake on technical and biological measurement error in body composition assessment methods in athletes. **British Journal of Nutrition**, v. 117, n. 4, p. 591-601, 2017.
- KIM S.Y. et al. Anti-obesity effects of Yerba Mate (*Ilex Paraguariensis*): a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 15, n. 338, p. 1-8, 2015.
- KLEIN, G. A. et al. Mate tea (*Ilex paraguariensis*) improves glycemic and lipid profiles of type 2 diabetes and pre-diabetes individuals: A pilot study. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 30, n. 5, p. 320-332, 2011.
- KNECHTLE B, MÜLLER G, KNECHT H. Optimal exercise intensities for fat metabolism in handbike cycling and cycling. **Spinal Cord**, v. 42, p. 564–72, 2004).
- KROGH, A; LINDHARD, J. The Relative Value of Fat and Carbohydrate as Sources of Muscular Energy: With Appendices on the Correlation between Standard Metabolism and the Respiratory Quotient during Rest and Work. **The Biochemical Journal**, v. 14, n.3-4, p. 290-363, 1920.
- KUIPERS, H., VERSTAPPEN, F., KEIZER, H., GEURTEN, P., & VAN KRANENBURG, G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. **International Journal of Sports Medicine**. v. 06(04), p. 197–201, 1985.
- KYLE, U. G. et al. Bioelectrical impedance analysis - Part II: Utilization in clinical practice. **Clinical Nutrition**, v. 23, n. 6, p. 1430-1453, 2004.
- LEE, S. Y.; GALLAGHER, D. Assessment methods in human body composition. **Current Opinion of Clinical Nutrition Metabolism Care**. p. 566-572, 11 set. 2008.
- LEITE, M. J. C. I. C. **Métodos de avaliação da composição corporal**. 2004. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências da Nutrição e Alimentação, Universidade do Porto, Porto, 2004.
- LIGUORI, I. et al. Oxidative stress, aging, and diseases. **Clinical Interventions in Aging**, v. 13, p. 757-772, 2018.
- LIS D.M. et al. Dietary Practices Adopted by Track-and-Field Athletes: Gluten-Free, Low FODMAP, Vegetarian, and Fasting. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v, 29, ed. 2, p. 236-245, 2019.
- LOENNEKE, J. P. et al. The estimation of the fat free mass index in athletes. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 3, n. 3, p. 200-203, 2012.
- LOHMAN, T. G. et al. Anthropometric Standardization Reference Manual. Champaign: **Human Kinetics**, 1988.

LUKASKI, H.C.; BOLONCHUK, W.W.; **Theory and Validation of the Tetrapolar Bioelectrical Impedance Method to Assess Human Body Composition**. Institute of Physical Science and Medicine: London, 1987.

MARTIN, A.D., DRINKWATER, D.T. Variability in the measures of body fat. Assumptions or technique? **Sports Medicine**, v. 11, n. 5, p. 277-288, 1991.

MARTINS, N. C. **Comparação entre métodos de avaliação da composição corporal em atletas: uma revisão sistemática**. 2016. 1 v. TCC (Graduação) - Curso de Nutrição, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

MATEOS R. et al. Improved LC-MSⁿ characterization of hydroxycinnamic acid derivatives and flavonols in different commercial mate (*Ilex paraguariensis*) brands. Quantification of polyphenols, methylxanthines, and antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 241, p. 232-241, 2018.

MATIAS, C. N. et al. Estimation of total body water and extracellular water with bioimpedance in athletes: A need for athlete-specific prediction models. **Clinical Nutrition**, v. 35, n. 2, p. 468-474, 2016.

MÁRQUEZ V. et al. Characterization of aroma-impact compounds in yerba mate (*Ilex paraguariensis*) using GC-olfactometry and GC-MS. **Food Research International**, v. 53, Issue 2, p. 808-815, 2013.

MAUGHAN R J et al. The effects of fasting on metabolism and performance. **British Journal of Sports Medicine**, v. 44, p. 490-494, 2010.

MEINHART, A. D. et al. Methylxanthines and phenolics content extracted during the consumption of mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) beverages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 2188-2193, 2010.

MEYER, T., LUCÍA, A., EARNEST, C. P., & KINDERMANN, W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters – Theory and application. **International Journal of Sports Medicine**, v.26(1), S38-S48, 2005.

MICHELLE C. VENABLES, JUUL ACHTEN AND ASKER E. JEUKENDRUP. Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. **Journal of Applied Physiology**, v. 98, p. 160-167, 2005.

MOON, J. R. Body composition in athletes and sports nutrition: An examination of the bioimpedance analysis technique. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 67, n. 1, p. 54-59, 2013.

MURAKAMI, A. N. N. et al. Concentration of phenolic compounds in aqueous mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil) extract through nanofiltration. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 2211-2216, 2011.

NORGAN, N. G. Laboratory and field measurements of body composition. **Public Health Nutrition**, v. 8, n. 7, p. 1108-1122, 2005.

PANZA, V. P. et al. Consumo alimentar de atletas: reflexões sobre recomendações nutricionais, hábitos alimentares e métodos para avaliação do gasto e consumo energéticos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 20, n. 6, p. 681-692, 2007.

PANZA, V. P. et al. Effects of mate tea consumption on muscle strength and oxidative stress markers after eccentric exercise. **British Journal of Nutrition**, v. 115, n. 8, p.1370-1378, 2016.

POWERS, SCOTT K. JI, LI LI , KAVAZIS, ANDREAS N., JACKSON, MALCOLM J. Reactive oxygen species: impact on skeletal muscle - **Compr Physiol**. v. 1 (2), p. 941–969, 2011.

RIACHI L.G, DE MARIA C.A.B; Yerba mate: An overview of physiological effects in humans. **Journal of Functional Foods**, v. 38 p. 308–320, 2017.

ROMANO, J.; KROMREY, J. D.; CORAGGIO, J.; SKOWRONEK, J. **Appropriate statistics for ordinal level data: Should we really be using t-test and cohen's d for evaluating group differences on the NSSE and other surveys?** in: Annual meeting of the Florida Association of Institutional Research, 2006.

ROSSI, L.; TIRAPEGUI, J. Comparação dos métodos de bioimpedância e equação de Faulkner para avaliação da composição corporal em desportistas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 37, n. 2, 2001.

RYU, J. Y. et al. Development of the “Inje Cocktail” for High-throughput Evaluation of Five Human Cytochrome P450 Isoforms in vivo. **Clinical Pharmacology & Therapeutics**, v. 82, ed. 5, p. 531-540, 2007.

SANTOS, D. A. et al. Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. **Plos One**, v. 9, n. 5, p. 1-11, 2014.

SCHAUN, G. Z. The maximal oxygen uptake verification phase: A light at the end of the tunnel? **Sports Medicine - Open**, v. 3, n. 1, p. 44, 2017.

SCHUSTER J.; MITCHELL E.S. More than just caffeine: psychopharmacology of methylxanthine interactions with plant-derived phytochemicals. **Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry**, v. 89, p. 263-274, 2019.

SERAFINI M, MAIANI G & FERRO-LUZZI A. Alcohol-free red wine enhances plasma antioxidant capacity in humans. **Journal of Nutrition**, v. 128, p. 1003-1007, 1998.

SIES, H. Strategies of antioxidant defense. **European Journal of Biochemistry**, v. 215, n. 2, p. 213-19, 1993.

SILLANPÄÄ, E. et al. Body composition changes by DXA, BIA and skinfolds during exercise training in women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 9, p. 2331-2341, 2013.

SINGLETON, V. L. et al. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-149, 1965.

SIRI, W.E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. J. Brozek & A. Henschel (eds). **Techniques for measuring body composition**. Washington, DC, National Academy of Sciences, p. 223-244, 1961.

SPRIET, L.L. New insights into the interaction of carbohydrate and fat metabolism during exercise. **Sports Medicine**, v. 44, p. 87-96, 2014.

STEVENS, C. J.; DACOMBE, B. J. The Reliability and Validity of Protocols for the Assessment of Endurance Sports Performance: An Updated Review. **Measurement in Physical Education and Exercise Science**, v. 19, p. 177-185, 2015.

STRASSMANN, B. B. et al. Quantitation of methylxanthinic alkaloids and phenolic compounds in mate (*Ilex paraguariensis*) and their effects on blood vessel formation in chick embryos. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 18, p. 8348-8353, 2008.

THIRUPATHI, A., & PINHO, RA. Effects of reactive oxygen species and interplay of antioxidants during physical exercise in skeletal muscles - **Journal of Physiology and Biochemistry** v. 74, p. 359–367, 2018.

TRAMONTIN, ARTUR FERREIRA. Cycling warm up: effects on performance and on functional threshold power determination. **Dissertação (mestrado)-Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano**, 2019.

TUNG, Y.-., WU, M.-., LEE, M.-., WU, J.-., HUANG, C.-. and HUANG, W. Antifatigue activity and exercise performance of phenolic-rich extracts from calendula officinalis, ribes nigrum, and vaccinium myrtillus. **Nutrients**, v. 11(8), 2019.

WATSON, TRENT A., CALLISTER, ROBIN; TAYLOR, ROBERT D.; SIBBRITT, DAVID W.; MACDONALD-WICKS, LESLEY K; GARG, MANOHAR L Antioxidant Restriction and Oxidative Stress in Short-Duration Exhaustive Exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 37. n. 1, p. 63-71, 2005.

WILLET, W. **Nutritional epidemiology**. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 1998.

WRIEDEN, W. et al. A short review of dietary assessment methods used in National and Scottish Research Studies. **Group on Monitoring Scottish Dietary**, set. 2003.

APÊNDICES

Apêndice 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO**

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, segundo o Conselho Nacional de Saúde.

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, de uma pesquisa científica de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Abaixo seguem informações a respeito da pesquisa, vamos ler com atenção e cuidado este documento para que sua participação seja resultante de uma decisão bem informada. Caso aceite fazer parte da pesquisa, por favor, rubrique em todas as páginas e assine ao final deste documento (nas duas vias). Uma das vias é sua e a outra via é do pesquisador responsável.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

- 1. Instituição sede da pesquisa:** Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Centro de Ciências da Saúde, Campus Universitário, Rua Delfino Conti, s/nº, Trindade, Florianópolis – SC – CEP 88040-900.
- 2. Título do projeto:** “Efeito da infusão de erva-mate (*Ilex Paraguariensis*) associada ou não ao consumo de carboidrato nos parâmetros de estresse oxidativo, metabólicos e de performance de ciclistas treinados.”
- 3. Pesquisadora responsável:** Prof.^a Dr.^a Brunna Cristina Bremer Boaventura;
Pesquisadora assistente: Thaiana Cirino Krolikowski (Mestranda).
- 4. Garantia de informação e desistência:** Você terá o tempo que julgar necessário para tomar de forma autônoma a decisão de participar ou não do estudo. Você será esclarecido sobre a pesquisa em qualquer momento que desejar. Você é livre para se recusar a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento, sem ter que apresentar qualquer justificativa. A sua participação é voluntária e, caso você não queira participar, não haverá nenhuma desvantagem, penalidade ou perda de benefícios. Você poderá solicitar a qualquer momento a retirada do armazenamento do seu material biológico, bem como seus dados arquivados em nosso banco de dados.
- 5. Descrição do estudo:** A erva-mate é uma espécie vegetal brasileira que vem sendo estudada devido ao seu potencial efeito benéfico à saúde humana. Conforme encontramos na literatura, o efeito da erva-mate na melhora do desempenho esportivo foi demonstrado apenas quando consumida em cápsulas e em estado de jejum. No

entanto, sabe-se que as diretrizes internacionais de Nutrição Esportiva sugerem uma refeição rica em carboidratos antes da prática esportiva. Além disso, há a necessidade de verificar se o potencial de melhoria de desempenho proporcionado pela erva-mate também é observado quando ela é ministrada na forma tradicional de consumo, ou seja, em sua forma de infusão. Sendo assim, o objetivo deste estudo é analisar os efeitos da infusão de erva-mate, associada ou não à refeição com carboidratos, nos parâmetros metabólicos relacionados ao exercício e na performance de ciclistas treinados.

Para a realização do este estudo, teremos 3 tipos de intervenção: 1) infusão de erva-mate e refeição de carboidrato (EM + CHO); 2) apenas a infusão de erva-mate (EM + J); e água com refeição de carboidrato (CHO + A). Durante a sua participação na pesquisa, você irá participar dessas 3 intervenções (ordem aleatória). As atividades realizadas em cada momento serão:

- a) No primeiro momento do estudo teremos o período basal da pesquisa, que engloba 1 dia de visita. No qual iremos realizar um questionário de identificação, faremos uma coleta sanguínea da veia intermédica do braço, faremos a análise de composição corporal e daremos as instruções sobre os procedimentos de exercício e alimentação durante o protocolo experimental, logo em seguida, você será submetido a um teste de protocolo incremental no cicloergômetro para a determinação da sua Potência Aeróbica Máxima (PAM), do Volume de Oxigênio (VO_2), da Frequência Cardíaca (FC) e dos Limiares de Lactato (LL).
 - b) No segundo momento do estudo teremos o período de realização dos protocolos experimentais, os quais englobam 3 dias diferentes de visita para cada tipo de intervenção que você irá receber. Nas intervenções com a infusão de erva-mate (EC e EJ), será solicitado que você ingira por 7 dias antes do protocolo de exercício, a mesma quantidade de infusão de erva-mate do dia do teste (250 mL). Desta forma, estamos fornecendo as folhas de erva-mate em quantidades porcionadas para cada dia, os materiais necessários e as orientações para o preparo adequado da infusão. Nas intervenções que envolvem a refeição com carboidrato (EM + CHO e CHO + A), será ofertado pão de forma e xarope de milho, em quantidades que perfazem um total de 1g de carboidrato por kg de sua massa corporal, conforme preconizado pelas diretrizes nutricionais esportivas. Nas 3 visitas desse segundo momento, você será submetido a um teste de performance no cicloergômetro e faremos coletas sanguíneas da veia intermédica do braço e do lóbulo da orelha (antes, durante e após o protocolo de exercício).
- 6. Coleta de amostra:** Durante todas as coletas de dados você será sempre acompanhado por profissionais treinados. Você responderá a um questionário sobre dados de identificação e responderá também a registros alimentares de três dias (dois dias de semana e um dia de final de semana), que serão preenchidos em cada uma das semanas de intervenção. Você receberá instruções de nutricionistas sobre como preencher adequadamente o instrumento. Medidas de peso, altura, e da sua composição corporal, serão realizadas, tentando ao máximo não provocar qualquer sensação de desconforto para você. A sua composição corporal será avaliada através da densitometria por emissão de raios X de dupla energia (DEXA). Quanto a esta metodologia, fique tranquilo, ela é amplamente utilizada na rotina clínica de diversos

países, inclusive no Brasil, e não causa nenhum efeito maléfico a sua saúde. O sangue será coletado de veias do seu braço (esquerdo ou direito) e do lóbulo da orelha, com o auxílio de tubos e agulhas próprios para isso, por profissional treinado e habilitado, totalizando 28 mililitros no decorrer de todo o estudo. Estas amostras de sangue serão usadas para dosagem de substâncias que servirão como indicadores para os possíveis efeitos benéficos da infusão de erva-mate. Para isso, o seu sangue será armazenado em freezer -80°C no Laboratório de Metabólica e Dietética do Programa de Pós-Graduação em Nutrição-UFSC, sob a responsabilidade da pesquisadora Brunna Cristina Bremer Boaventura, por período máximo de 6 meses para realização das dosagens. Posteriormente a este período, qualquer amostra ou derivado será descartado de maneira apropriada em lixo biológico.

- 7. Riscos e desconforto:** A participação nesta pesquisa poderá trazer como possíveis riscos a você a ocorrência de desconforto durante a tomada das medidas e exames corporais ou o constrangimento durante as entrevistas ao responder sobre sua alimentação e atividade física, principalmente aos participantes mais tímidos ou com vergonha de responder. Você poderá sentir-se exausto ao realizar o teste de avaliação da sua capacidade ventilatória e de desempenho, assim como no dia em que realizaremos o protocolo de exercício da pesquisa. Poderá também sentir dor e sofrer hematoma na coleta de sangue da veia intermédia e do lóbulo da orelha. Você será exposto a uma pequena radiação no exame de densitometria óssea, a qual é imperceptível. Porém, em todos os exames, as entrevistas e as medições realizados, serão tomados todos os cuidados para garantir a sua total segurança. Para todos os possíveis danos e desconfortos citados serão tomadas as seguintes medidas preventivas: todas as etapas serão realizadas individualmente, em local e horário adequado, sem circulação de outras pessoas; profissionais treinados irão realizar as medidas corporais; será garantido o anonimato e sigilo das informações obtidas; no exame que emite a radiação, apesar dela ser igual a um dia de sol, você será exposto à menor quantidade necessária e pelo menor tempo possível; um farmacêutico-bioquímico treinado irá coletar o seu sangue. Os materiais utilizados nas coletas de sangue serão descartáveis. Para amenizar a dor, serão usadas agulhas finas e cadeiras confortáveis próprias para a coleta de sangue. Se houver vermelhidão na pele após a coleta, compressas geladas serão colocadas no local para amenizar a dor. O preenchimento dos questionários será orientado por entrevistadores treinados. Será garantido que os entrevistadores apenas continuarão as etapas se você aceitar participar e estiver motivado a continuar. O preenchimento dos questionários será finalizado ou interrompido a qualquer momento se você manifestar vontade de desistir. Os pesquisadores serão os únicos a ter acesso aos seus dados e tomarão todas as providências necessárias para manter o sigilo, mas sempre existe a remota possibilidade da quebra do sigilo, mesmo que involuntário e não intencional, cujas consequências serão tratadas nos termos da lei. Para tentar minimizar o risco de quebra de sigilo, serão utilizados arquivos com senhas para os dados digitais e os formulários impressos contendo os seus dados serão armazenados em armários chaveados. Os resultados deste trabalho poderão ser apresentados em encontros e revistas científicas, aonde irão demonstrar os resultados obtidos na pesquisa como um todo, sem revelar seu nome, instituição ou qualquer informação relacionada à sua privacidade. Salientamos que caso você tenha algum prejuízo material ou imaterial em decorrência da pesquisa, poderá solicitar indenização, de acordo com a legislação vigente e amplamente consubstanciada. Sendo assim, em caso de mal-estar ou qualquer problema em decorrência da participação no estudo, a equipe de

pesquisadores dará todo suporte e assistência (integral e imediata) por qualquer eventual acontecimento, de forma gratuita, sem qualquer custo para você.

- 8. Benefícios:** Sabendo que uma parcela da população não tem acesso a todos os equipamentos e recursos oferecidos deste estudo, a sua participação na pesquisa implica em uma avaliação complementar e aprofundada da sua saúde e da sua performance durante o exercício físico. Ao final do estudo você receberá orientações nutricionais de forma individualizada, visando à promoção da sua saúde em relação a informações obtidas previamente. Além de realizar diferentes tipos de exames que mensuram a sua composição corporal e que são considerados grandes aliados para avaliar a efetividade do exercício físico e para orientação nutricional, você também receberá dados sobre a sua composição corporal e a interpretação desses resultados. Quanto aos parâmetros metabólicos avaliados durante o estudo, você receberá os dados obtidos e informações sobre seu desempenho esportivo, os dados referentes aos exames laboratoriais também serão disponibilizados para você e interpretados de forma individual. Ainda assim, esperamos que este estudo contribua com informações e elementos importantes à literatura científica e à prática clínica, no qual o pesquisador se compromete a divulgar os resultados obtidos (mantendo sua identidade sobre sigilo). Os resultados podem trazer benefícios a todos os seres humanos envolvidos em exercícios físicos no futuro, poderão ajudar a criar programas e ações de saúde para promoção de hábitos de vida saudáveis além de melhora do desempenho para o público relacionado à temática do estudo, utilizando de embasamento científico para sua representação.
- 9. Custos:** Você não terá qualquer gasto com a pesquisa, uma vez que os materiais utilizados para coleta de dados serão fornecidos pela própria instituição e pelo pesquisador responsável. Além disso, como você virá para o laboratório em estado de jejum, iremos fornecer uma refeição nutricionalmente equilibrada e adequada às suas necessidades nutricionais. Ressalta-se que caso alguma despesa extraordinária associada à sua participação na pesquisa venha a ocorrer, você poderá solicitar ressarcimento. Também lembramos que não há compensação financeira relacionada à sua participação na pesquisa.
- 10. Esclarecimentos e dúvidas:** Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, desde os objetivos, metodologias aplicadas, resultados ou envolvendo sua própria participação podem ser sanadas pelos seguintes meios: telefone celular (51) 99992-0706, e-mail: thaikrolikowski@gmail.com, com Thaiana Cirino Krolikowski ou telefone celular (48) 998144111 ou ramal (48) 37212202, e-mail: brunna.boaventura@ufsc.br/brunnab@gmail.com, Profa. Dra. Brunna Cristina Bremer Boaventura, ou pessoalmente no Laboratório de Nutrição Experimental, Centro de Ciências da Saúde (CCS), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizado no bloco JK, terceiro andar, sala 304, do Campus Universitário, bairro Trindade, Florianópolis/SC, CEP 88040-900. Em caso de urgência você poderá entrar em contato por telefone (a cobrar), mensagens de texto ou através de e-mail em qualquer dia da semana, 24 horas por dia. Para esclarecer suas dúvidas, você também poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, da Universidade Federal de Santa Catarina através do telefone (48) 3721-6094, por e-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br ou pessoalmente no Prédio Reitoria II, na Universidade Federal de Santa Catarina, localizado na Rua Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401, bairro Trindade, Florianópolis/SC, CEP 88040-400, horário de atendimento de segunda-feira à sexta-

feira das 7 horas às 19 horas. Este órgão é responsável por defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro dos padrões éticos. Os pesquisadores irão tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados da pesquisa serão enviados para você, e permanecerão confidenciais. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.

A Pesquisadora Responsável, Profa. Brunna Cristina Bremer Boaventura, ou a Pesquisadora Assistente, Thaiana Cirino Krolkowski (Mestranda), que também rubricam em todas as páginas e assinam ao final desse documento, comprometem-se a conduzir a pesquisa de acordo com o que preconiza a Resolução 466/12 de 12/06/2012, que trata dos preceitos éticos e da proteção aos participantes da pesquisa.

Desta forma, concordo de maneira livre e esclarecida em participar da pesquisa: **“Efeito da infusão de erva-mate (*Ilex Paraguariensis*) associada ou não ao consumo de carboidrato nos parâmetros de estresse oxidativo, metabólicos e de performance de ciclistas treinados”**. Além de ter lido e entendido todas as informações fornecidas sobre minha participação na pesquisa, tive oportunidade de discuti-las e fazer perguntas. Todas as minhas dúvidas foram esclarecidas satisfatoriamente.

Nome completo e legível

Assinatura do participante da pesquisa

Assinatura do pesquisador

Florianópolis/SC, _____ de _____ de 20____ .

Apêndice 2 - FICHA PARA COLETA DE DADOS

FICHA PARA COLETA DE DADOS

Data inclusão: ___/___/___

n = _____ Nome: _____

Data de nascimento: ___/___/___ Idade: _____ Cidade: _____ Estado: _____

Endereço: _____

Telefone(s): _____ E-mail: _____

Profissão: _____ Fumante: () não () sim () ex-tabagista: há ___ anos

Suplementos em uso: _____

Medicamentos em uso: _____

Diagnóstico doença: _____

Histórico doença/histórico familiar: _____

| COMPOSIÇÃO CORPORAL | | Basal | | | |
|---------------------------------------|--------------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Massa corporal (kg) | | | | | |
| Estatura (cm) | | | | | |
| IMC (kg/m ²) | | | | | |
| DEXA | | | | | |
| Gordura corporal % | | | | | |
| Massa magra (kg) | | | | | |
| Massa gorda (kg) | | | | | |
| Massa magra % | | | | | |
| POSIÇÃO BIKE | | | | | |
| Altura Guidão | | | | | |
| Altura Banco | | | | | |
| Distância Banco-Guidão | | | | | |
| | | | | | |
| AVALIAÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO | | | | | |
| Carga (W) | Basal | Tempos | EC | EJ | AC |

| | | | | | |
|------------|--|------------|--|--|--|
| 100 | | 8" | | | |
| 130 | | 16" | | | |
| 160 | | 24" | | | |
| 190 | | 32" | | | |
| 220 | | 40" | | | |
| 250 | | 5" | | | |
| | | 10" | | | |
| | | 15" | | | |
| | | 20" | | | |
| | | 10' | | | |
| | | 50' | | | |
| | | 10' | | | |
| | | 50' | | | |
| | | 10' | | | |
| | | 50' | | | |
| | | 10' | | | |
| | | 50' | | | |

Apêndice 3 - REGISTRO ALIMENTAR**REGISTRO ALIMENTAR DE 3 DIAS**

Nome: _____

Como fazer:

ANOTAR TUDO O QUE COMER E BEBER DURANTE 2 DIAS DE SEMANA E 1 DIA DE FINAL DE SEMANA

Atividades necessárias:

- 1) Anote o horário que se alimentou;
- 2) Anotar o tipo de refeição (café da manhã, lanche, almoço, jantar);
- 3) Anotar a quantidade que você comeu. Só anote o que engoliu, o que ficou no prato não deve ser marcado. Por exemplo, ao consumir:
 - Carnes, Pães, bolachas, doces duros ou batata, anote quantas fatias, pedaços ou unidades;
 - Arroz, macarrão, purês, carne picada, carne moída, stroganoff, doce mole e outros, anote quantas colheres de sopa, de servir (colher grande) ou escumadeiras;
 - Feijão ou lentilha, anote quantas colheres de sopa ou conchas;
 - Bebidas como leite, iogurte, refrigerante sem cafeína, anote quantos copos ou garrafas;
- 4) Anote o tipo de preparação (frito, cozido, assado ou ensopado);
- 5) Se comer frango, anote o pedaço de frango consumido (peito, coxa, asa, sobrecoxa);
- 6) Anote todo alimento que foi consumido fora do horário das refeições principais, tais como beliscos, balas, guloseimas em geral, etc.

ATENÇÃO

Este registro é muito importante para o sucesso da pesquisa, portanto procure ser o mais sincero e preciso possível.

