UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

EFEITO DO ENXÁGUE BUCAL COM CARBOIDRATO SOBRE O
DESEMPENHO EM EXERCÍCIO REALIZADO EM CONDIÇÃO DE FADIGA
MENTAL: UM ESTUDO DUPLO-CEGO, CRUZADO E CONTROLADO POR
PLACEBO

Renata Gonçalves Silva

SÃO PAULO

2018

RENATA GONÇALVES SILVA

EFEITO DO ENXÁGUE BUCAL COM CARBOIDRATO SOBRE O DESEMPENHO
EM EXERCÍCIO REALIZADO EM CONDIÇÃO DE FADIGA MENTAL: UM
ESTUDO DUPLO-CEGO, CRUZADO E CONTROLADO POR PLACEBO

Tese apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Ciências.

Área de concentração: Estudos
Biodinâmicos da Educação Física e Esporte

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Cássio de
Moraes Bertuzzi

Co-Orientador: Prof. Dr. Adriano Eduardo
Lima Silva

São Paulo

2018

Catálogo da Publicação
Serviço de Biblioteca
Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo

Silva, Renata Gonçalves

Efeito do enxágue bucal com carboidrato sobre o desempenho em exercício realizado em condição de fadiga mental: um estudo duplo-cego e controlado por placebo / Renata Gonçalves Silva. -- São Paulo : [s.n.], 2018.

78p.

Tese (Doutorado) - Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi

Coorientador: Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima Silva

1. Cognição 2. Percepção 3. Desempenho esportivo I. Título.

Dedico essa Tese a minha mãe (em memória) e ao meu pai, sem seus ensinamentos, eu não chegaria aonde cheguei. Aos meus filhos (Mel e Athos) por tornarem minha vida mais feliz. Ao meu esposo, José Carlos que sempre torna minha caminhada mais leve e bonita.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por me guiar e abençoar os meus passos.

Aos meus pais, que foram meus primeiros mestres. Ensinarão-me através dos exemplos e dos conselhos. Vocês são responsáveis por eu ser quem sou hoje. Amo vocês.

Aos meus filhos Athos e Mel, por tornarem possível a realização do meu maior sonho, ser MÃE. Vocês me fazem encontrar forças que eu nem imaginava ter, me fazem sorrir quando, na verdade, quero chorar... me fazem sentir a felicidade com um “simples” olhar. Mel, eu te amo! Athos, eu te amo! Agradeço todos os dias a Deus, por ter colocado vocês dois na minha vida... aprendo todos os dias com vocês. Obrigada, filhos, tenho muito orgulho de vocês e acredito que vocês alcançarão seus sonhos, pois são pessoas dedicadas e determinadas... Obrigada por cuidarem de mim... estarei sempre ao lado de vocês... para apoiá-los em tudo, assim como vocês sempre me apoiam... meus anjinhos.

Ao meu companheiro, meu amigo... meu amor... meu anjo e meu protetor. Obrigada por me ajudar sempre, por me acompanhar e apoiar a realização do meu sonho. Obrigada por ser tão especial... por estar ao meu lado quando eu mais preciso... José Carlos, você é mais do que eu pedi para Deus... te amo amor!

Gostaria de agradecer à tia Iria, a Trianinha e a Dona Benedita. Obrigada pelo carinho que têm comigo e com os meus filhos. Vocês são os anjos que Deus colocou no meu caminho para me ajudar sempre. Serei eternamente grata a vocês.

À minha família, irmãs, sobrinhos (as) e cunhados (as). À Rosa, que ao lado do meu pai, sempre me salvam quando preciso de “socorro”.

Ao pessoal do Gedae, Ladesp e EEFE. Lucas, Kleiner, Rafaell, Rafael (Coisa Linda), Beto, Mayara, Léo, Ramon, João. Foram tantos momentos bons, alguns ruins também (rs). Muitos “cafés filosóficos”, recheado de boas ideias e muitas risadas. Esses momentos com certeza tornaram o processo mais “leve”.

Gostaria de agradecer especialmente ao Marcos, aquele “colega de laboratório” que virou um amigo muito especial. Você é uma pessoa do bem, um menino de ouro, que me socorreu em vários momentos. Obrigada por todas as contribuições intelectuais, pela ajuda nas análises. Saiba que você e sua família sempre estarão nas minhas lembranças e em minhas orações.

A Márcia pela colaboração durante as coletas, você foi muito importante para que eu concluísse essa etapa.

A todos os voluntários que participaram do estudo, dedicando o seu tempo e se esforçando ao máximo em todas as sessões.

Ao Edson Degaki, por toda a sua ajuda. Sempre resolvendo os problemas e “salvando” as minhas coletas. Valeu Edson! Agradeço também por todas as conversas e conselhos.

Ao dr. Felipe Hardt, pela ajuda nas avaliações e por sempre estar disposto a contribuir.

Aos professores da pós graduação e a todos os funcionários da EEFE.

A todos da comissão de pós graduação, Marcio e Claudia, que sempre atenderam as solicitações prontamente.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

Ao meu co-orientador, Adriano Lima-Silva, por todas as colaborações, por discutir as ideias sempre com muita serenidade e sabedoria. Agradeço muito pela sua confiança, em alguns momentos sentia que você acreditava mais em mim do que eu mesma. E confesso que muitas vezes essa sua confiança me deu forças para continuar. Obrigada, Adriano! Continue mudando vidas, o mundo precisa de mais pessoas assim.

E por fim, gostaria de agradecer especialmente ao meu orientador, Rômulo Bertuzzi, pelos ensinamentos durante esse período. Aprendi muito com você e serei eternamente grata. Você não é “apenas” um orientador, para mim, você é exemplo de dedicação e de vitória. Tenho orgulho de dizer que fui orientada por você. Você foi essencial para que eu conseguisse concluir essa Tese. E uma frase me fará lembrar sempre de você: “Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina” Cora Coralina.

“O Senhor guardará os teus passos, agora e para todo o sempre.”

(Salmo 120:8)

RESUMO

SILVA, R.G. **Efeito do enxágue bucal com carboidrato sobre o desempenho em exercício realizado em condição de fadiga mental: um estudo duplo-cego, cruzado e controlado por placebo.** 2018. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

O objetivo da presente tese foi verificar a influência do enxágue bucal com carboidrato (CHO) sobre o desempenho no exercício físico predominantemente aeróbio realizado após uma atividade cognitiva frequentemente utilizada para induzir a fadiga mental. Sete homens fisicamente ativos participaram do estudo (idade: 26 ± 5 anos; estatura: $176,0 \pm 8,3$ cm; massa corporal: $73,6 \pm 7,4$ kg e gordura corporal: $14,3 \pm 3,7$ %, $\dot{V}O_2$ pico: $43,9 \pm 6,5$ ml.kg⁻¹.min⁻¹, Wpico: $268 \pm 23,8$ W) realizaram o Stroop Incongruente para indução da Fadiga Mental (FM) ou assistiam a um documentário pelo mesmo período de tempo (controle, CON). Após a tarefa eles realizaram um exercício de carga constante ($\sim 55\%$ Wpico) até exaustão. Em cada uma das condições FM e CON os voluntários utilizavam o enxágue bucal (10s) com CHO ou placebo (PLA). No pre-exercício, não houve diferença estatisticamente significativa para glicose entre as diferentes condições. A frequência cardíaca apresentou aumento após todas as intervenções, assim como a fadiga percebida ($P = 0,001$, $ES = 0,49$), mas sem efeito de condição. O *effect size* foi moderado para essa variável, sugerindo que o aumento na fadiga percebida foi maior na condição FM (75%) quando comparado a condição CON (60%). A motivação não apresentou diferença entre as condições. Porém, houve uma tendência (0,07) a ser maior na condição CON. Houve uma redução de 7,8% no tempo até exaustão na condição FM comparado ao CON, entretanto, essa diferença não foi estatisticamente significativa. A frequência cardíaca, percepção subjetiva do esforço, fadiga percebida e eletromiografia do músculo vasto lateral aumentaram em função do tempo, sem diferença entre as condições. Com base nesses achados, pode-se concluir que a FM produz apenas um pequeno efeito deletério no exercício físico prologado e que o enxágue com CHO não era capaz de influenciar nessas condições experimentais. Possivelmente, isso se deve ao fato de ambas as intervenções estudadas (FM e enxágue com CHO) produzirem apenas pequenas alterações nas variáveis fisiológicas e perceptivas antes do exercício físico.

Palavras chave: atividade cognitiva, *Stroop Task*, Percepção Subjetiva de Esforço, enxágue bucal de carboidrato, ativação muscular.

ABSTRACT

SILVA, R.G. Effect of carbohydrate mouth rinse on exercise performance realized in mental fatigue condition: a double-blind, cross-over and placebo-controlled study. 2018. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

The aim of this thesis was verify the influence of carbohydrate mouth rinse (CHO) on endurance performance after cognitive activity frequently used to induce mental fatigue. Seven health men (age: 26 ± 5 years; height: 176.0 ± 8.3 cm; weight: 73.6 ± 7.4 kg; and corporal fat: $14.3 \pm 3.7\%$, $\text{VO}_{2\text{peak}}$: 43.9 ± 6.5 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, Wpeak : 268.0 ± 23.8 W) performed an Incongruent Stroop to induce mental fatigue (FM) state or watched a documentary (control, CON) prior to endurance exercise. Following, they performed a workload exercise ($\sim 55\% \text{Wpeak}$) until exhaustion with CHO or placebo (PLA) mouth rinse (10s). In the pre-exercise, there was no significant difference for blood glucose between conditions. There was a main effect of distance for heart rate and perceived fatigue, but without interaction ($P > 0.05$) or condition ($P > 0.05$) effects. However, there was a moderate effect size for perceived fatigue ($ES = 0.49$), suggesting a possible relevant increase in perceived fatigue in the FM condition (75%) when compared to CON condition (60%). Although did not reach a significance level, the motivation tended ($P = 0.07$) to be greater in DOC condition. There was a reduction of 7.8% in time to exhaustion in FM condition compared to CON, however did not reach a significance level ($P > 0.05$). During exercise, the heart rate, rating perceived exertion, perception of fatigue and electromyography of the vastus lateralis increased over time ($P < 0.05$), but without interaction ($P > 0.05$) or condition ($P > 0.05$) effects. These results suggest that FM produce only a small deleterious effect in the prolonged physical exercise and that carbohydrate mouth rinse was not able to influence the endurance performance at all experimental conditions. Possibly, this is due to the fact of the experimental interventions (FM and carbohydrate mouth rinse) produced only discrete changes in the physiological and perceptual variables before endurance exercise.

Keywords: cognitive activity, Stroop task, rating perceived exertion, carbohydrate mouth rinse, muscular activation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Traçado de força muscular, antes dos exames (1) e após os exames (2)

Figura 2 - Resumo do desenho experimental

Figura 3- *Time line* das sessões experimentais

Figura 4. Variáveis fisiológicas e perceptivas mensuradas antes do exercício de carga constante realizado até a exaustão.

Figura 5. Variáveis fisiológicas e perceptivas mensuradas até o momento *isotime* e ao término do exercício de carga constante até a exaustão

LISTA DE ABREVIACÕES

ACC- Córtex cingulado anterior

BRUMS – Escala de humor de Brunel

CHO - Carboidrato

CVI – Contração voluntária isométrica

CVIM – Contração voluntária isométrica máxima

EEG – Eletroencefalograma

EMG – Eletromiografia

FC – Frequência cardíaca

fMRI – Ressonância magnética funcional

GI – Gastrointestinal

M1 – Córtex motor primário

MEP – Potencial motor evocado

PID - Primeiro interósseo dorsal

PLA - Placebo

PSE – Percepção subjetiva de esforço

RER – Razão de trocas respiratórias

RM – Repetição máxima

TI – Teste incremental máximo

TMS – Estimulação magnética transcraniana

VAS – Escala analógica visual

VL – Vasto Lateral

$\dot{V}O_{2pico}$ – Consumo de oxigênio pico

W_{pico} – Potência pico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	19
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
3.1 FADIGA	19
3.2 FADIGA MENTAL	22
3.3 ENXAGUE BUCAL DE CARBOIDRATO.....	31
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
4.1 MATERIAIS E MÉTODOS	42
4.1.2 AMOSTRA.....	42
4.1.3 DESENHO EXPERIMENTAL.....	43
4.1.4 VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS.....	44
4.1.5 TESTE INCREMENTAL ATÉ EXAUSTÃO.....	45
4.1.6 EXERCÍCIO DE CARGA CONSTANTE.....	45
4.1.7 ELETROMIOGRAFIA.....	47
4.1.8 GLICOSE SANGUÍNEA.....	47
4.1.9 ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO.....	48
4.1.10 ESCALA ANALÓGICA VISUAL (VAS).....	48
4.1.11 ENXÁGUE BUCAL.....	49
4.1.12 ATIVIDADE COGNITIVA.....	50

4.1.13 DOCUMENTÁRIO.....	51
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	51
6. RESULTADOS.....	52
6.1 Pré exercício físico.....	52
6.2 Durante o exercício físico.....	53
7. DISCUSSÃO.....	56
7.1 Pré exercício físico.....	57
7.2 Durante o exercício físico.....	59
8. LIMITAÇÕES.....	63
9. CONCLUSÃO.....	64
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

1. INTRODUÇÃO

O termo fadiga tem sido utilizado desde o início do século XIX e pode ser definido como a incapacidade do músculo esquelético em produzir trabalho (CROWDEN, 1930). Ela pode ser classificada, genericamente, como fadiga física e mental (GRANDJEAN, 1979). Em virtude da alta complexidade dos fenômenos fisiológicos envolvidos na contração muscular, a fadiga física pode ter origem tanto periférica (no próprio músculo), quanto no sistema nervoso central (redução no drive neural) (BIGLAND-RITCHIE, 1982; GANDEVIA, 2001). Por sua vez, a fadiga mental tem sido definida como um processo psicofisiológico decorrente de longos períodos de demanda cognitiva, proporcionando sensação de cansaço e falta de energia (LORIST et al., 2005; VAN DER LINDEN & ELING, 2006; BOKSEN & TOPS, 2008; FABER et al., 2013). Ela está relacionada às alterações na ativação de diversas regiões encefálicas, causando dificuldade de concentração, alteração no desempenho cognitivo e comportamental (BOKSEM et al, 2006; LORIST et al., 2005; BOKSEM & TOPS, 2008). Têm sido sugerido que existe uma redução na ativação do córtex cingulado anterior (ACC) e do estriato (LORIST et al. 2005; MARCORA et al., 2009; BROWSBERGER et al., 2013; TANAKA 2014) na condição de fadiga mental. Isso parece comprometer o monitoramento e o ajuste adequado no desempenho cognitivo.

Alguns estudos prévios verificaram o efeito da fadiga mental no desempenho físico em exercícios com diferentes características (MARCORA et al., 2009; BROWSBERGER et al., 2013; MARTIN et al., 2015; SMITH et al., 2016). Por exemplo, Marcora et al. (2009) relataram uma redução de aproximadamente 15% no tempo até exaustão em ciclismo com o exercício de carga constante e com intensidade relativa a 80% da potência pico. É importante destacar que, apesar da redução significativa no tempo até exaustão, variáveis fisiológicas como volume sistólico, débito cardíaco, consumo de oxigênio e ventilação minuto não foram diferentes entre as condições de fadiga mental e controle. Por outro lado, foram observados

valores mais elevados da percepção subjetiva de esforço (PSE) durante o exercício na condição com fadiga mental. Dessa forma, foi sugerido que a redução no desempenho poderia ser explicada pelo aumento na PSE. Propôs-se que a fadiga mental anteciparia os valores elevados da PSE e induziria os indivíduos a pararem precocemente de se exercitarem, pois fatores psicobiológicos relacionadas à PSE poderiam ser considerados fatores mais relevantes para o desempenho do que os mecanismos cardiorrespiratórios, muscular e energético (MARCORA et al. 2009).

Em um estudo mais recente, Brownsberger et al. (2013) solicitaram que os sujeitos realizassem uma tarefa cognitiva por 90 minutos, onde a atividade elétrica do cérebro foi monitorada (lobo pré-frontal - área relacionada à atenção e a tomada de decisão) através do eletroencefalograma (EEG). Após a tarefa cognitiva, os sujeitos pedalarão por 10 minutos com intensidades relativas à PSE correspondentes aos valores 11 e 15 na escalada de percepção do esforço 6-20 de Borg. Essa intervenção com a tarefa cognitiva desencadeou um aumento na sensação de fadiga, e uma maior ativação do lobo pré-frontal. Essa elevação da ativação do lobo pré-frontal foi detectada por uma maior ativação na banda β (eletrodo F3) nas fases intermediária e final (45 e 90 minutos, respectivamente) do protocolo de fadiga mental e permaneceu aumentada durante o período de aquecimento, o qual teve duração de 3 minutos. Essas alterações foram seguidas de uma correspondente redução na geração de potência mecânica. Considerando esses resultados, foi proposto que a tarefa cognitiva prévia ao exercício foi capaz de promover uma menor ativação em regiões do cérebro que parecem estar relacionadas com a tomada de decisão e que essa alteração parece gerar um aumento na sensação de esforço, o qual promoveu redução no desempenho em ambas às intensidades de esforço (PSE 11 e 15).

Por sua vez, Pageaux et al. (2013) conduziram um estudo objetivando analisar a influência de uma tarefa cognitiva sobre um protocolo de contração voluntária isométrica

máxima (CVIM) com sobreposição da estimulação elétrica. Essa técnica tem sido utilizada com a finalidade de ativar o músculo, permitindo assim, caracterizar a natureza da fadiga, isto é, de origem central ou periférica (PAILLARD et al. 2005). Em seguida, os sujeitos fizeram o movimento de extensão do joelho, com intensidade referente a 20% da CVIM até a exaustão. Apesar do protocolo de fadiga mental não proporcionar redução no torque (CVIM) e no nível de ativação voluntária, houve uma redução no tempo até exaustão (~13%). O exercício até exaustão promoveu uma redução do torque máximo e no nível de ativação máxima em ambas as situações (fadiga mental e controle). No entanto, a PSE apresentou valores superiores apenas quando os sujeitos realizaram o exercício após o protocolo de fadiga mental. Esses achados sugerem que o efeito deletério da fadiga mental no desempenho talvez possa ser justificado pelo aumento na PSE e não por alterações na função neuromuscular.

Em contrapartida, tem sido demonstrado que a fadiga mental parece não influenciar outros tipos de exercício físico. Por exemplo, Duncan et al. (2015) não encontraram diferença no desempenho em 4 séries de 30s *all out* (Wingate) quando realizados após 40 minutos de atividade cognitiva, quando comparado ao grupo controle. Dados semelhantes foram relatados por Martin et al. (2015), que realizaram um protocolo de fadiga mental (AX-CPT) e na sequência, os sujeitos realizaram exercícios que foram descritos como anaeróbios, sendo salto vertical com contra movimento, contração voluntária isométrica máxima e um teste de ciclismo de 3 minutos *all-out*. Nenhum desses exercícios apresentou diferença significativa em relação a situação controle. Ambos os estudos sugeriram que talvez para esse tipo de atividade os mecanismos de fadiga sejam primeiramente regulados por mecanismos periféricos. Coletivamente, esses achados sugerem que a influência da fadiga mental sobre o rendimento esportivo poderia ser tarefa dependente. Todavia, essa sugestão deve ser analisada com cautela haja vista que ainda não existe um corpo de conhecimento consistente que permite realizar alguma afirmação nesse sentido. Portanto, futuros estudos deveriam ser

conduzidos com diferentes tipos de exercício e analisando possíveis estratégias capazes de amenizarem o efeito deletério que a fadiga mental promove sobre o desempenho esportivo.

É interessante observar alguns mecanismos que têm sido sugeridos para explicar a redução do desempenho esportivo mediante a fadiga mental. Em síntese, acredita-se que as alterações ocorridas no córtex pré-frontal, principalmente Córtex Cingulado Anterior (ACC) e estriato, que estão relacionadas com tomada de decisão e recompensa (LORIST et al., 2005; TANAKA et al., 2014), estariam envolvidos em uma piora no desempenho físico. Interessante que essas áreas são sugeridas como envolvidas no aumento na PSE. Dessa forma, um provável mecanismo pelo qual a fadiga mental aumentaria a PSE e consequentemente prejudicaria o desempenho físico seria pela menor ativação do ACC e estriato. Essas regiões encefálicas envolvidas na fadiga mental parecem estar mais ativadas quando se utiliza o enxágue bucal com carboidrato. Chambers et al. (2009) utilizaram imagens de ressonância nuclear magnética para demonstrar as áreas cerebrais que são ativadas durante a utilização do enxágue com carboidrato (glicose e maltodextrina). Com ambas as substâncias, glicose e maltodextrina, as regiões encefálicas como ACC, córtex pré-frontal dorsolateral e caudado direito (parte do estriato) e a insula/opérculo frontal e córtex orbito frontal foram mais ativadas quando comparadas à situação controle. Essas áreas estão associadas com tomada de decisão e recompensa. Portanto, uma maior ativação dessas regiões parece promover um aumento no desempenho em atividades realizadas em alta intensidade (~70% da potência aeróbia máxima) e média duração (~1 hora). De fato, diversos estudos têm reportado que o enxágue com carboidrato melhora o desempenho em atividades com essas características (CARTER et al., 2004; CHAMBERS et al., 2009; POTTIER et al., 2010; FARES & KAISER, 2011; GAM et al., 2013; LANE et al., 2013).

Nesse sentido, ao considerar a semelhança anatômica entre as áreas cerebrais que são afetadas tanto pela fadiga mental quanto pelo enxágue com carboidrato, é atraente suspeitar

que a utilização do enxágue com carboidrato durante o exercício poderia amenizar ou anular o efeito deletério da fadiga mental no desempenho físico. No entanto, até o presente momento não foram encontrados estudos que investigaram a utilização do enxágue com carboidrato durante o exercício realizado em condição de fadiga mental. A nossa hipótese era que a utilização do enxágue bucal com carboidrato seria capaz de amenizar ou reverter o efeito deletério da fadiga mental no desempenho esportivo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da presente Tese de doutorado foi verificar a influência do enxágue com CHO sobre o desempenho no exercício físico predominantemente aeróbio realizado após uma atividade cognitiva utilizada para induzir a fadiga mental.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos da presente Tese foram analisar o efeito do enxágue bucal com carboidrato após uma atividade cognitiva utilizada para induzir a fadiga mental sobre:

- a) As respostas de frequência cardíaca (FC) durante o exercício de carga constante
- b) As respostas de concentrações de glicose sanguínea durante o exercício de carga constante.
- c) A atividade eletromiográfica (EMG) do músculo vasto lateral durante o exercício de carga constante

- d) As variáveis psicofisiológicas (percepção subjetiva de esforço, escalas de fadiga e motivação) durante o exercício de carga constante.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 FADIGA

Do ponto de vista anatômico, a fadiga tem sido classificada em fadiga periférica e central. O surgimento da fadiga central tem sido atribuído a uma alteração de processos fisiológicos em sítios espinal e supra-espinal, os quais resultam em uma redução do drive neural durante o exercício (LEPERS et al. 2002). Por sua vez, a fadiga periférica tem a sua origem em processos fisiológicos que ocorrem após a junção neuromuscular, tais como, o acúmulo intracelular de H^+ , fosfato inorgânico, amônia, liberação e reabsorção do Ca^{2+} , bem como o acúmulo extracelular de K^+ (MILLET et al 2011, LEPERS et al. 2002). Ao utilizarem a técnica de estimulação elétrica transcutânea (*twitch interpolation technique*), alguns estudos têm sugerido que, durante o exercício aeróbico de curta duração (~5 min), os mecanismos periféricos são predominantes no processo de instauração da fadiga (THOMAS et al. 2015, AMANN & DEMPSEY 2008). Por exemplo, Amann and Dempsey (2008) analisaram os componentes centrais e periféricos da fadiga nas condições com exercício prévio (ciclismo com carga constante até a exaustão na intensidade 67 e 83% do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$) e controle (sem exercício prévio) e observaram que o nível de fadiga periférica detectado após um teste contrarrelógio de 5 km de ciclismo era idêntico entre as duas condições. Com base nesses achados, esses autores propuseram que a tolerância ao exercício físico é regulada por *feedbacks* inibitórios produzidos pelo músculo esquelético no intuito de reduzir o drive neural e, conseqüentemente, diminuir a capacidade do músculo esquelético em produzir força e não ultrapassar um limiar crítico individual de fadiga periférica.

Entre os diversos modelos teóricos que têm sido propostos para elucidar essa questão, cabe destacar o “modelo cardiovascular-anaeróbio da fadiga” e o “modelo do governador central”. Tradicionalmente, a capacidade máxima de funcionamento do sistema cardiorrespiratório e do metabolismo energético muscular foi considerado o principal fator limitante desses esportes (HILL & LUPTON, 1923; MARGARIA et al. 1933). Assim, a limitação metabólica iniciada no âmbito extracelular por causa da oferta inadequada de O_2 imposta pelo sistema cardiorrespiratório foi inicialmente denominada de “limitação central” (BASSET & HOWLEY, 1997; NOAKES, 1997; SUTTON, 1992). Mais recentemente, essa relação do sistema cardiorrespiratório e o metabolismo energético muscular com o desempenho esportivo tem sido renomeada por Spurway et al. (2012) como “modelo cardiovascular-anaeróbio da fadiga”.

O modelo cardiovascular-anaeróbio da fadiga foi inicialmente proposto por Hill e Lupton (1923) e, posteriormente, ampliado e revisado por inúmeros pesquisadores (BLABER et al., 2004; SALTIN & ASTRAND, 1967; TAYLOR et al., 1955). Basicamente, ele assume que nos estágios finais de um teste incremental máximo a demanda metabólica imposta pelo exercício físico não pode ser plenamente atendida pelo metabolismo aeróbio (HILL & LUPTON, 1923). Dessa forma, a energia química necessária para a realização do trabalho mecânico antes da exaustão seria complementada pelo metabolismo anaeróbio, o que seria evidenciado pelo menor aumento no consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) ao final do teste. Isso resultaria no surgimento do platô do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$) e no aumento da acidose intracelular. Foi proposto que a acidose intracelular seria capaz de inibir a atividade da enzima fosfofrutoquinase que, conseqüentemente, reduziria o fluxo do substrato energético na via glicolítica, resultando em uma menor ressíntese de ATP (BASSET & HOWLEY, 2000; BERGH et al., 2000).

Alguns achados têm sugerido que a forma de determinação da intensidade dos exercícios (intensidade fixa x intensidade auto selecionada) também poderia alterar a etiologia da fadiga (SAUGY et al. 2013). Tem-se proposto que a distribuição da intensidade do exercício ao longo de uma prova, a qual tem sido definida como estratégia de prova (DAMASCENO et al. 2015, BERTUZZI et al. 2014, FAULKNER et al. 2008, HETTINGA et al. 2006), poderia ser regulada pelo sistema nervoso central com o objetivo de evitar a fadiga prematura e maximizar o desempenho físico (SAUGY et al. 2013, St CLAIR GIBSON et al. 2006, ULMER, 1996). Essa proposição é corroborada por achados prévios que indicaram uma resposta linear da percepção subjetiva do esforço (PSE) durante provas predominantemente aeróbias onde os atletas adotaram uma estratégia de prova em formato de “U”. Essa estratégia de prova é caracterizada por uma acentuada aceleração no início da prova, seguida por uma manutenção da intensidade no trecho intermediário e por um *sprint* ao final (FAULKNER et al. 2008). Acredita-se que esse comportamento linear da PSE, mediante a alteração da intensidade do esforço, reflete um sistema centralmente regulado que monitora os sinais fisiológicos internos, tais como, a ventilação minuto, a frequência cardíaca, o consumo de oxigênio e a contribuição do metabolismo anaeróbio (HETTINGA et al. 2006, ULMER, 1996). Tem sido sugerido que durante o exercício com intensidade auto selecionada a fadiga poderia ser desencadeada por feedbacks inibitórios enviados dos sistemas fisiológicos ao sistema nervoso central, o qual reduziria o drive neural aos músculos exercitados (St CLAIR GIBSON et al. 2006). Isso tem levado alguns pesquisadores a proporem que a fadiga também pode ter origem na percepção sensorial do esforço físico (MILLET et al. 2011).

Interessantemente, estudos mais recentes têm sugerido que a fadiga mental também poderia reduzir a tolerância ao esforço físico (MARCORA et al. 2009). A fadiga mental tem sido definida como uma mudança no estado psicobiológico causado por períodos prolongados de atividades com alta demanda de atenção (VAN DER LINDEN & ELING, 2006). Em

síntese, esses trabalhos têm demonstrado que a queda no desempenho provocada pela fadiga mental não era acompanhada por mudanças em diversas variáveis fisiológicas tradicionalmente associadas a aptidão aeróbia. Nesse sentido, a seguir serão apresentados os principais aspectos relacionados a fadiga mental.

3.2 FADIGA MENTAL

Como descrito previamente, a fadiga mental vem sendo considerado um processo psicofisiológico que ocorre durante ou após tarefas cognitivas com grande demanda de atenção (VAN DER LINDEN & ELING, 2006). Ela está relacionada à sensação de cansaço e falta de energia (GRANDJEAN, 1979; BOKSEN & TOPS, 2008). A fadiga mental é responsável pela diminuição no nível de atenção e o aumento no número de erros em tarefas que exigem alto grau de concentração. Nesse sentido, tem-se demonstrado que ela é capaz de reduzir o desempenho de profissionais que possuem uma alta demanda cognitiva em seus afazeres, tais como motoristas e pilotos (GRANDJEAN, 1979; LAL & CRAIG, 2001; CAMPAGNE et al., 2004).

O aumento no tempo de resposta ou no número de erros em tarefas que exijam memorização, cálculos numéricos e leitura são considerados bons indicativos de que a fadiga mental está sendo instalada (JASTROW, 1898). Por outro lado, um período de descanso é capaz de reverter essa condição e melhorar o desempenho na tarefa. Por exemplo, em crianças, o tempo para realizar cálculos e o número de erros aumenta após um período prolongado na tarefa, reduzindo novamente, após um período determinado para recreação (JASTROW, 1898).

Achados prévios indicaram que a fadiga mental proporciona alterações em algumas regiões do córtex cerebral, como o córtex pré-frontal, córtex cingulado anterior, estriato,

amígdala basolateral e do núcleo accumbens (LORIST et al., 2005; BOKSEM & TOPS, 2008). Essas áreas estão relacionadas à tomada de decisão, ao sistema de recompensa e comando motor (PAUS, T. 2001; BOKSEM & TOPS, 2008; BROWNSBERGER et al., 2013; TANAKA et al., 2014). Análise da atividade elétrica cerebral realizada através do eletroencefalograma (EEG) tem sido utilizada para demonstrar a ativação do córtex cerebral durante tarefas cognitivas (BROWNSBERGER et al., 2013; BOKSEM et al., 2006). O sinal do EEG é dividido basicamente em quatro bandas, através de suas frequências: banda delta (abaixo de 4 Hz), teta (4-8 Hz), alfa (8-12 Hz) e beta (12-25 Hz). As ondas delta e teta estão relacionadas ao estado de letargia ou sonolência; alfa quando estamos acordados, porém sem realização de esforço mental, sendo mais incidentes quando nos encontramos com os olhos fechados; a beta é um indicativo de atividade mental e estado de atenção. Outro indicador do nível de vigília é a razão das bandas (alfa/beta). A redução no nível de atenção ocasionado pela fadiga mental proporciona aumento de ativação das bandas de baixa frequência (alfa e teta) que estão relacionadas a uma redução no estado de alerta, ou um aumento pronunciado no estado de sono (CAMPAGNE et al., 2004; NOMBELA et al., 2014).

Um decréscimo na ativação do córtex cingulado anterior parece justificar a redução no nível de atenção e processos cognitivos também ocorre em função da fadiga mental (LORIST et al., 2000; VAN DER LINDEN et al., 2003; LORIST et al., 2005; BOKSEM et al., 2005) por proporcionar uma diminuição no tempo de reação, comprometimento de ajuste de estratégia durante desempenho cognitivo e comprometimento de ajuste de monitoramento de desempenho após o erro (LORIST et al., 2005; BOKSEM et al., 2005).

Na última década tem crescido o número de pesquisas relacionando alterações na ativação do córtex cerebral, induzido pela fadiga mental, e o desempenho físico. A fadiga mental proporciona um efeito deletério em tarefas como o ciclismo (MARCORA et al., 2009; BROWNSBERGER et al., 2013), corrida (PAGEAUX et al., 2014; MacMAHON et al.,

2014), exercício de força com membros inferiores (PAGEAUX et al., 2013) e membros superiores (TANAKA et al., 2014), exercícios intermitentes (SMITH et al., 2015), desempenho físico e técnico de jogadores de futebol (SMITH et al. 2016; BADIN et al., 2016)

Entretanto, essa relação entre a fadiga mental e a fadiga muscular não é recente. No final do século XIX, o pesquisador italiano Angelo Mosso (1892), em seu livro *La Fatica*, denominou *fatica intellettuale* ao que chamamos hoje de fadiga mental, em um de seus experimentos indicou a relação da fadiga mental com a fadiga muscular. Demonstrando através da avaliação dos níveis de força de flexão do dedo médio, realizada após longo período de tarefa cognitiva, que nesse caso eram realizadas por um professor que relatava sensação de cansaço intenso após longos períodos de leitura e aplicação de exames orais. Após esse período, houve uma queda substancial no desempenho no teste aplicado. Para uma mesma carga (2 kg), era realizada a flexão do dedo médio até atingir a fadiga. Quando o experimento foi realizado antes da atividade cognitiva (leitura/aplicação dos exames), foram realizadas 43 contrações, entretanto, após os exames, foram realizadas apenas 11 contrações. O que demonstrou que a condição de fadiga mental advinda de longos períodos de tarefa intelectual foi capaz de ocasionar uma condição de fadiga muscular, a qual foi evidenciada pela redução na força gerada (figura 1). Sugerindo que o cérebro “cansado” é capaz de diminuir a capacidade dos músculos em gerar força.

Figura 1- Traçado de força muscular, antes dos exames (1) e após os exames (2) - (fonte: *La Fatica* – Angelo Mosso, 1892).

Mais recentemente, Marcora et al (2009) demonstraram o efeito da fadiga mental no desempenho em ciclismo em uma intensidade correspondente a 80% da potência pico. Após a realização de 90 minutos de atividade cognitiva (AX-CPT), houve uma diminuição de 17% no tempo até exaustão quando comparado com a condição placebo (documentários – 90 min). A FC média foi maior durante o AX-CPT comparado com controle, a fadiga (Escala de Humor – BRUMS) aumentou significativamente após a tarefa cognitiva e houve um aumento na fadiga mental, determinada através da redução na proporção de respostas corretas no teste AX-CPT. A glicose sanguínea reduziu em ambas as condições. Entretanto, as variáveis fisiológicas como FC, débito cardíaco, volume sistólico, $\dot{V}O_2$, ventilação minuto e concentrações de lactato sanguíneo tiveram comportamento semelhante para ambas às condições. A única variável que apresentou diferença significante entre as duas condições foi a PSE, que estava mais elevada na condição fadiga mental ao longo do teste, atingindo valores similares ao final do exercício. A partir desses achados foi sugerido que a PSE parece ser a principal variável responsável pela piora no desempenho na condição de fadiga mental, visto que não foram apresentadas diferenças para as variáveis fisiológicas.

Com o objetivo de verificar se a fadiga mental é capaz de influenciar o desempenho, Broussberger et al. (2013) utilizaram dois testes de cargas constantes, onde a intensidade era determinada através de um valor fixo de PSE. Em uma das condições, o sujeito deveria pedalar em uma intensidade que representasse a PSE de 11 (Borg 6-20) e na segunda condição PSE de 15. Os testes foram realizados após um protocolo para indução da fadiga mental e houve uma redução na potência gerada tanto para PSE de 11, quanto para PSE de 15.

A FC foi mais elevada na condição experimental para PSE 11 comparada ao controle (documentário). Já para a análise da ativação do córtex, realizada através do EEG, houve uma maior ativação do córtex pré-frontal (banda α - eletrodo F3) no início do exercício, para ambas as condições (documentário e tarefa cognitiva). Na fase média (45 min) da atividade cognitiva e antes de iniciar o exercício, os sujeitos na condição de fadiga mental, apresentavam um aumento da banda β na região do córtex pré-frontal (eletrodo F3), apresentando redução ao longo do exercício, chegando ao final do exercício sem diferença entre as condições (fadiga mental e controle). O aumento na ativação da banda β demonstra que o protocolo utilizado foi capaz de exigir um elevado nível de atenção, processamento de informação e engajamento na atividade cognitiva. Isso sugere que o aumento na atividade da banda β acompanhado de um aumento na sensação de fadiga mental, que foi reportada pelos sujeitos após o protocolo, foi capaz de acarretar um incremento na PSE, o que fez com que houvesse uma redução na potência mecânica gerada para a mesma sensação de esforço. Esses dados reforçam a ideia proposta em estudos anteriores, de que a fadiga mental pode reduzir a ativação de áreas do córtex pré-frontal podendo proporcionar um efeito deletério no desempenho (Boksem et al., 2006; Tanaka et al., 2014) .

Considerando a possível influencia dos mecanismos neurais no desempenho físico, um estudo conduzido por Tanaka et al. (2014) objetivou demonstrar alterações neurais decorrentes da fadiga mental, que poderiam justificar a piora no desempenho físico. Utilizando a técnica de magnetoencefalografia para análise de atividade cerebral, os indivíduos realizaram uma tarefa (hand grip) para induzir a fadiga física, antes e após uma atividade cognitiva (30 minutos). Apenas após a indução da fadiga mental ocorreu um aumento na sincronização relacionada ao evento (ERS), que é uma medida que tem sido amplamente relacionada a alterações na atividade do ACC. Esse aumento demonstrou que a

fadiga mental foi capaz de proporcionar um efeito supressor na atividade do ACC durante o exercício, o que parece estar relacionada à deterioração no desempenho físico.

Diferentes tarefas parecem ser afetadas pela condição de fadiga mental. Em uma simulação de corrida de 5 km, sujeitos fisicamente ativos realizaram a prova após 30 minutos de tarefa cognitiva (Stroop incongruente) e uma condição controle. Durante a tarefa cognitiva, o tempo de reação para as respostas foi superior na condição experimental quando comparada a controle, entretanto, não houve um aumento na sensação de fadiga em ambas as condições. O tempo para percorrer a mesma distância foi 6% superior após a condição experimental. A piora no desempenho foi acompanhada pelo aumento na PSE, sem diferença na FC. Esses achados sugerem que o aumento na PSE seria o principal responsável pela piora no desempenho (PAGEAUX et al., 2014).

Avaliando a mesma tarefa (corrida), através de estímulos intermitentes, Smith et al. (2014) realizam um protocolo de corrida intermitente, composto por estímulos de baixa (acima de 50% da velocidade pico) e alta intensidade (70 – 90% da velocidade pico). Os sujeitos realizavam 15 blocos de 3 minutos cada, totalizando 45 minutos de exercício com velocidade auto selecionada. Os tiros eram realizados após 90 minutos de tarefa cognitiva (AX-CPT) ou uma condição controle (documentário). A percepção de fadiga aumentou e vigor diminuiu após a tarefa cognitiva. Os sujeitos apresentaram redução na velocidade e na distância total percorrida durante os tiros de baixa intensidade em relação ao controle. Já para alta intensidade, não houve diferença entre as condições. O $\dot{V}O_2$ foi inferior para a condição fadiga mental, enquanto as concentrações de glicose foram semelhantes. Não houve diferença para a PSE no exercício quando realizado no exercício intermitente, em nenhuma dos momentos, baixa ou na alta intensidades. Entretanto, quando o exercício foi realizado na baixa intensidade na condição de fadiga mental houve uma redução na velocidade para um mesmo valor de PSE. Sugerindo que, se a intensidade fosse a mesma, provavelmente a PSE

seria maior. O que poderia indicar que a redução na intensidade estaria relacionada a uma maior percepção de esforço ocasionada pela fadiga mental.

Corroborando os resultados citados anteriormente, o estudo de Duncan et al. (2015) também demonstrou não haver diferença no desempenho em testes predominantemente anaeróbios. Após 40 minutos de atividade cognitiva ou assistindo documentário, os sujeitos realizavam 4 séries de 30s *all out* (Wingate). Não houve diferença significativa no desempenho em ambas as condições. Entretanto, houve uma piora na destreza manual e tempo de antecipação. Esses resultados sugerem que a fadiga mental não é capaz de piorar o desempenho em atividades de alta intensidade, visto que o desempenho nesse tipo de atividade talvez sofra menor influência dos mecanismos centrais. Entretanto, em atividades que envolvem a concentração e tempo de reação, como destreza manual e tempo de antecipação, há uma maior influência das alterações ocorridas no córtex, decorrentes da fadiga mental.

Dados semelhantes foram relatados por Martin et al. (2015), após 90 minutos de tarefa cognitiva (AX-CPT) os sujeitos realizavam salto vertical com contra movimento, contração voluntária isométrica máxima e um teste de ciclismo de 3 minutos *all-out*. Não houve diferença no desempenho para nenhuma dessas variáveis para a condição fadiga mental comparada ao controle. Sugerindo que talvez para esse tipo de atividade os mecanismos de fadiga sejam primeiramente regulados por mecanismos periféricos, anulando assim os efeitos centrais decorrentes da fadiga mental.

Estudos recentes verificaram o efeito da fadiga mental no desempenho físico em praticantes de esportes acíclicos, como por exemplo, em jogadores de futebol (SMITH et al., 2016; BADIN et al., 2016). Em ambos os estudos, foi utilizado o teste Stroop para indução da fadiga mental e o protocolo promoveu aumento na sensação de fadiga enquanto a motivação

foi semelhante em ambas as condições e associado a estas alterações, apresentaram aumento da PSE na condição de fadiga mental e ambos demonstraram decréscimo para variáveis relacionadas a técnica (número de acertos e velocidade em um teste específico para futebol). Smith et al (2016) demonstraram ainda redução na distância percorrida em um teste de corrida intermitente (yo-yo test) e na velocidade do chute. Sugerindo, como nos estudos previamente citados, que o aumento na PSE seria o principal responsável pelos efeitos deletérios da fadiga mental no desempenho esportivo.

Com objetivo de verificar quais mecanismos poderiam explicar o aumento na PSE e a piora no desempenho presentes quando o indivíduo se exercita em condição de fadiga mental, Pageaux et al. (2015) encontraram aumento na PSE durante 6 minutos de ciclismo (80% da potência pico) quando os sujeitos realizavam a tarefa na condição de fadiga mental. Entretanto, quando o objetivo foi avaliar os efeitos da fadiga mental na característica da fadiga (central ou periférica), os pesquisadores realizaram CVIM do músculo quadríceps antes e após o protocolo de fadiga mental, e após o protocolo de carga constante. No entanto, não encontram nenhuma diferença significativa para as variáveis avaliadas nas condições fadiga mental e controle (CVIM, nível de ativação voluntária máxima). Sugerindo que fadiga mental não reduz a capacidade do sistema nervoso central no recrutamento muscular. Apesar do aumento na PSE, não ocorreu maior desenvolvimento de fadiga central ou periférica. Todavia, precisamos analisar esses dados com cautela, visto que o exercício utilizado teve uma duração fixa, o que pode não ter sido intenso o suficiente para levar os sujeitos à fadiga.

Pageaux et al (2013) utilizaram o AX-CPT para induzir fadiga mental. A tarefa cognitiva gerou um aumento na FC e na percepção de fadiga, o que demonstra a eficiência do protocolo utilizado. Com o objetivo de verificar o efeito da fadiga mental no desempenho, foi realizado um exercício de carga constante (contração voluntária isométrica submáxima de extensão dos joelhos até fadiga - 20% C_{VIM}). O tempo até exaustão foi 13% menor na

condição de fadiga mental, com uma maior PSE para a condição experimental quando comparada ao controle. E para verificar o efeito da fadiga mental na ativação máxima do músculo, o que daria uma ideia da fadiga central, foi utilizado a técnica de estimulação elétrica no nervo femoral. Entretanto, não foi encontrada diferença para a ativação máxima do músculo quando realizada antes e após a tarefa cognitiva. Após a realização do teste de carga constante, houve uma redução no torque gerado, sem diferença entre as condições. Nível de ativação voluntária, identificado através da estimulação elétrica, apresentou comportamento semelhante para ambos os grupos. Através dos resultados encontrados no presente estudo (redução no nível de ativação voluntária, redução da atividade EMG no músculo vasto lateral) foi sugerido que para essa atividade, tanto fadiga central, quanto periférica apresentaram comportamento semelhante.

Em conjunto, os dados apresentados demonstram o efeito deletério da fadiga mental no desempenho esportivo em diferentes tarefas. Demonstraram também que a redução no desempenho não é causada por mecanismos cardiorrespiratórios ou cardiovasculares, considerando que os estudos apresentaram aumento na sensação subjetiva de esforço e alterações na ativação do córtex pré-frontal. Isso sugere que as alterações oriundas da fadiga mental talvez estejam relacionadas aos efeitos centrais causados pela fadiga mental, principalmente nas áreas corticais pré-frontal, como ACC e estriato que parecem ter relação com processos cognitivos, tomada de decisão, sistema de recompensa e comando motor.

3.3 ENXÁGUE BUCAL COM CARBOIDRATO

A suplementação com carboidrato tem sido amplamente utilizada com objetivo de melhorar o desempenho esportivo (COYLE et al. 1983; JEUKENDRUP et al. 1997; JEUKENDRUP, 2004). Estima-se que o carboidrato simples pode ser oxidado a uma taxa

aproximada de 60 g.h^{-1} , sendo assim, sugere-se sua utilização apenas em exercício prolongados (com duração de 2-3 horas) e com a ingestão de 30 a 60 g.h^{-1} , podendo chegar a 90 g.h^{-1} para atletas de ultra *endurance* (JEUKENDRUP, 2014). Apesar da sugestão da suplementação apenas em exercícios com duração acima de 2 horas, sua ingestão antes e durante atividades de média duração (aproximadamente 1h) e intensidade moderada ($>75\% \dot{V}O_{2\text{máx}}$) tem sido relacionada ao aumento no desempenho (NIKOLOPOULUS et al. 2004; JEUKENDRUP et al. 1997; ANANTARAMAN et al. 1995). Essa melhora no desempenho foi atribuída a altas taxas de oxidação de carboidrato devido a uma maior disponibilidade de glicose no sangue (JEUKENDRUP, 2004). No entanto, a quantidade de carboidrato exógeno oxidada durante uma hora de exercício é considerada muito pequena para justificar essa melhora com a utilização do carboidrato exógeno (JEUKENDRUP et al., 1997).

Com o objetivo de verificar se a melhora no desempenho esportivo estaria relacionada a um aumento na oferta de glicose exógena, Carter et al (2004) utilizaram infusão intravenosa de glicose durante o exercício, o que proporcionou um incremento na concentração de glicose plasmática, sem que houvesse redução significativa no tempo de uma prova contrarrelógio com duração aproximada de 1 hora quando comparado ao grupo controle. Sugeriu-se assim, que a melhoria proporcionada pela ingestão de carboidrato em provas de média duração e intensidade moderada talvez não fosse influenciada por fatores metabólicos, visto que havia uma maior disponibilidade e evidências de uma maior captação de glicose para a contração muscular. Foi sugerido que esse efeito positivo no desempenho físico talvez estivesse relacionado com a presença de receptores de carboidrato localizados na cavidade oral, que seriam capazes de promover uma ação central, proporcionando aumento no drive motor ou motivação (CARTER et al. 2004b).

Posteriormente, Carter et al. (2004b) realizaram um estudo para testar essa hipótese. Para tanto, eles utilizaram o enxágue bucal com carboidrato durante o exercício em bicicleta

tendo como critério de desempenho a realização de uma quantidade fixa de trabalho (~914 kJ) no menor período de tempo. Na situação com enxágue, a substância era mantida na boca por 5 segundos sem a sua ingestão, excluindo assim, qualquer efeito de aumento na disponibilidade energética do carboidrato para a contração muscular. O enxágue foi realizado com uma solução contendo 6,4% de maltodextrina, ao início e a cada 12,5% do tempo total de exercício. O que proporcionou um incremento da potência nos três primeiros quartos da prova e com isso, uma redução média de 2,9% no tempo para realização da tarefa quando comparado ao grupo controle. Apesar de apresentarem uma maior potência mecânica, não houve diferença estatisticamente significativa para a frequência cardíaca ou PSE. A melhora do desempenho foi atribuída ao efeito ergogênico do enxágue bucal sem ocorrer oxidação do carboidrato ou efeito do trato gastrointestinal (GI). Nesse sentido, propôs-se que o melhor desempenho estaria associado à ativação de receptores de carboidrato presentes na cavidade oral que poderiam ativar áreas do córtex relacionadas à recompensa e/ou prazer. Isso sugere que a melhora no desempenho talvez esteja relacionada a um aumento no drive neural e motivação e não a fatores metabólicos. A partir desses achados, diversos estudos foram realizados utilizando o enxágue bucal com carboidrato como estratégia para melhorar o desempenho (ROLLO et al., 2008; CHAMBERS et al., 2009; ROLLO et al., 2010; GANT et al., 2010; POTTIER et al., 2010; FARES & KAYSER, 2011; SINCLAIR et al., 2013; LANE et al., 2013; GAM et al., 2013; BASTOS-SILVA et al., 2016; ATAIDE-SILVA et al., 2016).

No intuito de verificar quais áreas do córtex cerebral são ativadas durante a utilização do enxágue bucal com carboidrato, Chambers et al. (2009) realizaram um experimento utilizando enxágue bucal durante 10 s, com 25 ml de substância contendo glicose, maltodextrina ou placebo adoçado artificialmente, que eram descartadas após o enxágue, sem que houvesse a ingestão. Durante o enxágue bucal, foram realizadas imagens de ressonância magnética funcional (fMRI). Na primeira etapa do estudo, foi feita uma comparação entre

uma substância calórica (glicose) e outra não calórica (sacarina) com a utilização de uma solução contendo 6,4% glicose e uma solução placebo, contendo adoçante artificial (sacarina). Para todas as comparações, foi utilizada uma condição controle (saliva artificial), que era composta por substância constituída dos principais componentes iônicos da saliva adicionados a água destilada, com o objetivo de minimizar a ativação de áreas corticais gustativas que são sensíveis à presença da água na boca. Comparando as áreas ativadas com a utilização das duas substâncias, a solução contendo glicose quando comparada com controle ativou as seguintes áreas: opérculo frontal/ínsula, o córtex pré-frontal dorsolateral, o estriato e córtex cingulado anterior. Enquanto a substância sacarina, comparada com o controle, apresentou aumento na ativação apenas no córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo. No entanto, quando foi feita a comparação da glicose com a sacarina (calórico-não calórico), foram reveladas as áreas: ínsula/opérculo frontal. A área do córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo foi responsivo para ambas as soluções.

Outra parte do estudo de Chambers et al. (2009) comparou o enxágue com substâncias contendo glicose ou maltodextrina. Houve ativação da região da ínsula/opérculo frontal, orbito-frontal medial que se estendia em uma parte rostral do córtex cingulado anterior e córtex pré-frontal dorsolateral e caudado direito, para a maltodextrina comparada ao controle. Já para a comparação com a glicose, houve um padrão similar de ativação, incluindo ínsula/opérculo frontal, córtex orbito frontal e estriato, não houve ativação da região dorsal do córtex cingulado anterior com a utilização da maltodextrina. A partir desses resultados foi sugerido que existem receptores orais que respondem aos carboidratos, independentemente da intensidade de sua doçura. Além disso, propôs-se também que o conteúdo calórico, e não sua doçura, seria capaz de ativar áreas do cérebro relacionadas à tomada de decisão e recompensa e a regulação da atividade motora. Uma das limitações do referido estudo, era que as imagens (fMRI) foram coletadas com o indivíduo em repouso, o que não nos permite afirmar que as

mesmas áreas seriam ativadas quando o sujeito realiza o enxágue durante a realização de esforços físicos. Adicionalmente, a concentração de glicose e maltodextrina utilizada foi três vezes maior (18%) do que as empregadas em outros estudos com desempenho (6,4%). Coletivamente, essas limitações não nos permite afirmar que as áreas ativadas nesse estudo seriam semelhantes às áreas ativadas nos estudos com desempenho esportivo, onde se utilizam doses menores.

Com o objetivo de verificar o efeito do enxágue com carboidrato na excitabilidade corticomotora e produção voluntária de força muscular, Gant et al. (2010) utilizando a técnica de estimulação magnética transcraniana (TMS) do córtex motor primário (M1). Em uma primeira etapa, após um jejum de 10h, os sujeitos realizavam contração isométrica do bíceps braquial com uma intensidade relativa a 15% da contração voluntária isométrica máxima (CVIM) durante 30 minutos e no décimo primeiro minuto os sujeitos ingeriam uma substância contendo $0,4 \text{ g.kg}$ da massa corporal⁻¹ de maltodextrina ou uma substância placebo. A dose ingerida foi de $2,7 \text{ ml.kg}$ de massa corporal⁻¹, após realização de 15 s de enxágue bucal. Durante o protocolo, no primeiro minuto e depois a cada 2 minutos os sujeitos realizavam uma CVIM e 1 s após atingir o pico de força, era realizada a TMS e era solicitado ao sujeito que tentasse manter o nível máximo de força por mais 2s, para então voltar aos 15% CVIM. Foi observado que a FC e a PSE tiveram comportamento semelhantes nas duas condições (maltodextrina/placebo). Entretanto, as concentrações de glicose e insulina aumentaram após a ingestão de maltodextrina e a força muscular aumentou 1 minuto após o ponto de inflexão da glicose plasmática, contudo houve uma queda da força no grupo controle para o mesmo momento. Essas alterações não foram acompanhadas de aumento no potencial motor evocado. As concentrações de glicose continuaram aumentando até o final do protocolo, mas não foram acompanhados de aumento na força nos momentos seguintes. Indicando que a presença na boca de carboidrato facilita a via corticomotora e proporciona

um aumento na força muscular voluntária. Entretanto, essa facilitação não está diretamente relacionada à maior disponibilidade de glicose uma vez que a melhora vista foi apenas imediatamente após a ingestão, sugerindo que sinais aferentes facilitam a resposta motora descendente.

Em uma segunda etapa do estudo de Gant et al. (2010), tentando verificar quais mecanismos poderiam explicar as alterações encontradas nesse estudo, os sujeitos utilizaram enxágue bucal (25 ml) com maltodextrina ($0,4\text{g.kg de massa corporal}^{-1}$) ou placebo. O potencial motor evocado (MEP) era mensurado no músculo do primeiro interósseo dorsal (PID) da mão direita durante o repouso e contração isométrica. O conteúdo era expelido após a realização de 12 MEP. Eram realizados 2 blocos (12 MEPS) com o músculo relaxado, no primeiro era feito o enxágue com água e o segundo com maltodextrina ou placebo. Mais dois blocos eram realizados, agora com o PID realizando contração isométrica. Houve um aumento de 10% no potencial motor evocado em relação ao placebo para o músculo contraído, não fadigado. Os resultados encontrados sugerem que o efeito ergogênico do carboidrato aparece mesmo sem que ocorra sua ingestão e que parecem ser superiores com fadiga (etapa 1) quando comparado ao músculo não fadigado (etapa 2), e que talvez estivesse mais ligado a mecanismos neurais, visto que o efeito ocorre antes mesmo da sinalização de substratos energéticos/endócrinos.

Com o intuito de verificar o efeito da utilização do enxágue bucal na atividade neuromuscular, oxidação de substratos energéticos e no desempenho esportivo, Ataíde-Silva et al (2016) utilizaram enxágue bucal (6,4% maltodextrina por 10s) durante o exercício realizado após um protocolo para depleção de glicogênio na noite anterior ao teste, mais jejum de 12 horas. Deste modo, havia uma reduzida oferta de carboidrato endógeno, o que causou maior estresse fisiológico, demonstrado através do aumento no consumo de oxigênio e na frequência cardíaca, acompanhados de menor nível de glicose plasmática, quando comparado

com os sujeitos que estavam alimentados e parcialmente depletados (apenas jejum). Durante um exercício realizado em carga constante (ciclismo-90% do limiar anaeróbio), os sujeitos apresentaram um menor recrutamento muscular, representado por uma redução na atividade EMG do músculo vasto lateral. No entanto, quando os sujeitos realizavam o enxágue com carboidrato, houve um aumento da atividade EMG sem alteração na resposta metabólica (glicose plasmática, oxidação do carboidrato e lactato sanguíneo). Após o teste de carga constante, era realizada a simulação de um teste contrarrelógio de 20 km, onde a potência era progressivamente maior quando na condição com enxágue com carboidrato. Essa maior potência foi acompanhada de uma maior atividade EMG. Em virtude dos resultados encontrados, acredita-se que a melhora no desempenho parece ser mediada por mecanismos centrais, considerando-se que não houve mudanças metabólicas.

Corroborando os estudos acima, Bastos-Silva et al. (2016) demonstraram uma melhora no tempo até exaustão em ciclismo estacionário realizado com intensidade moderada (90% do ponto de compensação respiratória) com a utilização do enxágue bucal com uma solução contendo 6,4% de maltodextrina por 10 s, no momento pré exercício e a cada 15 minutos de exercício, até atingir exaustão. Com a utilização do enxágue com maltodextrina, os sujeitos apresentaram um aumento de 14% no tempo até exaustão quando comparado ao placebo, essa melhora foi acompanhada de uma manutenção da atividade EMG do músculo vasto lateral, sendo essa ativação superior aos valores do grupo controle. Associado a essas alterações, houve uma redução da PSE nas partes intermediária e final do teste.

Em uma revisão sistemática, de Ataíde e Silva et al. (2014) analisaram 11 estudos que utilizaram a manipulação do enxágue bucal com carboidrato, demonstrando que em 9 deles, os sujeitos apresentaram melhora no desempenho esportivo (variando de 1,50% a 11,59%) em exercícios de intensidade moderada ($\sim 75\% W_{pico}$ ou $65\% \dot{V}O_{2m\acute{a}x}$, ~ 1 h de duração). A ativação de algumas áreas envolvidas com recompensa (ínsula/opérculo frontal, córtex

orbitofrontal e estriato) por meio de receptores de carboidrato na cavidade oral tem sido apontada como a principal sugestão de mecanismos para explicar essa melhora no rendimento esportivo. Além disso, parece que uma redução nos estoques de glicogênio no fígado e nos músculos possivelmente seria capaz de potencializar a sensibilidade desses receptores. Não obstante, também se demonstrou uma grande heterogeneidade entre os estudos ($I^2 = 52\%$), que pode ser ocasionada pela diferença nos desenhos experimentais (período de jejum, duração do enxágue, tipo de atividade realizada, protocolo de exercício, tamanho de amostra).

Resultados similares foram encontrados em estudos com ciclismo (CHAMBERS et al., 2009; POTTIER et al., 2010; SINCLAIR et al., 2013; ROLLO et al., 2010; FARES & KAYSER, 2011; GAM et al., 2013; LANE et al., 2013; BASTOS-SILVA et al., 2016) e com corrida (ROLLO et al., 2008; ROLLO et al., 2010). Estudos que compararam diferentes estados nutricionais (alimentados ou jejum) apresentaram melhoras superiores nos sujeitos que realizaram os testes após jejum prolongado (~12h), como no estudo de Faren & Kayser (2011), em que os sujeitos demonstraram melhora de 7% no tempo até exaustão (60%Wpico) quando estavam em jejum e 3% quando estavam alimentados. Enquanto Lane et al. (2013) realizaram um teste de contrarrelógio de 1h e os sujeitos apresentaram melhora de 1,8% e 3,4% nas condições alimentados e jejum, respectivamente. O que sugere que quanto menor o estoque de carboidrato, melhor a resposta para a utilização do enxágue com carboidrato.

Embora exista um número crescente de trabalhos demonstrando o efeito ergogênico com o enxágue com carboidrato, os resultados de outros estudos indicaram não haver melhora no desempenho mediante sua utilização. Por exemplo, Beelen et al (2009) utilizaram enxágue com 6,4% de maltodextrina. Os sujeitos realizavam uma quantidade total de trabalho (~1054 ±48 kJ) 2h após a ingestão de um café da manhã padronizado e rico em carboidrato. Tempo para completar a tarefa, frequência cardíaca, potência mecânica e PSE foram semelhantes aos valores encontrados no grupo controle. Esses achados sugerem que a utilização do enxágue

com carboidrato talvez tenha efeito no desempenho apenas quando os estoques de glicogênio muscular ou no fígado estavam reduzidos, o que poderia explicar o resultado encontrado, visto que os sujeitos realizavam a tarefa 2h após a última alimentação, e que nesta condição (alimentado), talvez os receptores orais não sejam ativados ou ativados em menor magnitude. O que difere de outros estudos, que apresentaram melhora no desempenho mesmo quando os sujeitos não se apresentavam em jejum (FAREN & KAYSER, 2011; LANE et al, 2013). Faren & Kayser (2011) apresentaram melhora de 3% no tempo até exaustão (ciclismo - 60% Wpico) após a ingestão de um café da manhã rico em carboidrato, utilizando 6,4% de maltodextrina a cada 5 minutos de exercício. Enquanto Lane et al., (2013) encontraram um aumento (1,6%) na potência pico em um contrarrelógio de 60 minutos realizado 2h após uma refeição rica em carboidrato, utilizando 10% de maltodextrina a cada 12,5% do tempo total de teste.

Resultados similares aos reportados por Beelen et al (2009) foram encontrados por Whitham & McKinney (2007), em que os sujeitos realizavam uma corrida contrarrelógio com duração de 45 minutos, após um exercício de carga constante (65% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$) com duração de 15 minutos. Para o enxágue bucal, foi utilizada uma substância contendo 6% de maltodextrina acrescido de 3% de suco de limão, para o grupo controle, foi utilizado apenas uma substância contendo 3% de suco de limão. O enxágue era realizado por 5s, antes de iniciar o protocolo e a cada 6 minutos de exercício. Também não houve diferença para nenhuma das variáveis metabólicas avaliadas (PSE, $\dot{V}O_2$, RER e FC). Os testes eram realizados 4h após a ingestão da última alimentação.

No entanto, resultados divergentes foram encontrados por Rolo et al. (2010) que realizaram os testes com período de jejum de 13h e Wright & Davison (2013), com jejum de 6h. Ambos utilizaram enxágue com carboidrato em corrida com duração aproximada de 1h e os sujeitos apresentaram melhora no desempenho. Também não foram encontradas alterações

nas variáveis metabólicas, sugerindo que as alterações encontradas foram provenientes de alterações centrais. Wright & Davison (2010) testaram diferentes doses de carboidrato (6% e 12%) e não encontraram diferença entre elas, no entanto em ambas, os resultados foram superiores ao grupo controle.

Além de estudos com atividades predominantemente aeróbias realizadas em esteira ou bicicletas ergométricas, alguns trabalhos com enxágue com carboidrato utilizaram diferentes tipos de exercício. Por exemplo, Painelli et al. (2011) não encontraram diferença na força máxima (1RM) e no número de repetições realizados com uma carga de 70% de 1RM até exaustão para o exercício de supino. O enxágue era realizado antes de realizar 1 RM e antes de cada série (3 séries seguidas de 2 minutos de intervalo). Phillips et al. (2014) realizaram uma série de enxágues (8 x 5s) e na sequência os sujeitos realizaram um teste de Wingate (*sprint* de 30 segundos em cicloergômetro, com uma carga de 7,5% de sua massa corporal). Os sujeitos apresentaram maior pico de potência quando comparados ao placebo, sem diferença para o índice de fadiga ou potência média. Isso sugere que o enxágue foi eficiente para melhorar o desempenho nos primeiros 5s de teste, mas não na manutenção da potência. O mecanismo sugerido para essa melhora foi o central, visto que não houve melhora em variáveis metabólicas, corroborando os estudos com ciclismo e corrida.

Em resumo, pode-se observar a existência de um número crescente de estudos indicando que o enxágue bucal com carboidrato é capaz de melhorar o desempenho esportivo. Algumas evidências têm indicado que essa melhora no desempenho está relacionada com alterações no sistema nervoso central, especialmente em áreas relacionadas com tomada de decisão, recompensa e a regulação da atividade motora (CHAMBERS et al., 2009). Todavia, parece que esse efeito ergogênico do enxágue com carboidrato pode ser potencializado em condições onde há menor disponibilidade de carboidrato endógeno, o que é capaz de

aumentar a atividade EMG do músculo, sem que haja alterações metabólicas. Esses achados sugerem que o aumento no drive neural é o principal mecanismo responsável por esse efeito.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais e métodos

4.1.1 Amostra

O tamanho amostral do presente estudo foi calculado através do programa GPower 3.1, considerando um α de 0,05, o poder do teste de 0,80 e o *effect size* de 0,4, calculado a partir do tempo até exaustão com intensidade referente a 75% da potência pico reportados em estudo prévio que utilizou suplementação com carboidrato (NIKOPOULOS et al., 2004). A amostra mínima requerida para o presente estudo foi de 15 participantes. Todos os participantes foram informados de todos os procedimentos e possíveis riscos da pesquisa antes do estudo. Foram selecionados 15 voluntários. Entretanto, 8 voluntários desistiram do estudo, sendo que 6 destes desistiram alegando problemas particulares e outros 2 apresentaram lesões musculoesqueléticas que não permitiram a continuidade no estudo. Desse modo, a amostra foi composta por 7 indivíduos (idade: 26 ± 5 anos; estatura: $176,0 \pm 8,3$ cm; massa corporal: $73,6 \pm 7,4$ kg e gordura corporal: $14,3 \pm 3,7$ %, consumo de oxigênio pico ($\dot{V}O_2$ pico): $43,9 \pm 6,5$ ml.kg⁻¹.min⁻¹, potência de pico no teste incremental (W pico): $268 \pm 23,8$ W). Como critério de inclusão, os indivíduos eram fisicamente ativos, de acordo com a classificação obtida através de um questionário internacional de atividade física, previamente validado (IPAQ) (Fogelholm et al. 2006). Como critérios de exclusão, os indivíduos não podiam apresentar nenhum tipo de doença cardiovascular, neurológica ou pulmonar, não estar fazendo uso de nenhum tipo de fármaco, esteroides anabolizantes ou suplementos alimentares

(caféina e creatina), e não apresentar histórico de lesão recente que comprometesse a participação no estudo. Todos os procedimentos foram previamente submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo (CAAE: 67727617.4.0000.5391).

4.1.2 Desenho experimental

Os sujeitos compareceram ao laboratório em sete ocasiões até o término do estudo (figura 4). As sessões foram realizadas com intervalo mínimo de 48 horas e o máximo de uma semana entre elas. Na primeira sessão os sujeitos realizam um teste incremental máximo (TI) para a determinação do consumo de oxigênio pico ($\dot{V}O_2$ pico), potência pico (W_{pico}) e avaliação antropométrica. Na segunda sessão foi realizada a familiarização com os protocolos de fadiga mental e carga constante até exaustão. Na terceira sessão, foi realizada mais uma sessão para familiarização com o protocolo de carga constante e fadiga mental e enxágue com carboidrato. Nas sessões 4-7 os sujeitos realizaram o protocolo de fadiga mental ou controle, seguidos de um exercício de carga constante (55% W_{pico}) até exaustão com enxágue com maltodextrina (CHO) ou placebo (PLA). Essas sessões foram realizadas em ordem aleatória, de forma cruzada e duplo-cega. Os participantes foram orientados a evitar qualquer tipo de alimento que contenha caféina e álcool, além de não realizar exercícios nas 24 horas que antecederiam os testes e dormir no mínimo 7 horas na noite anterior ao teste. Foi solicitado que mantivessem a mesma alimentação e padrão de treinamento, e que não fizessem uso de suplemento alimentar durante todo o estudo. Os voluntários realizavam um registro alimentar no dia anterior às sessões, e foi solicitado que procurassem manter uma alimentação semelhante nos dias que antecederiam os testes. Todas as sessões foram realizadas no período

da manhã, após um jejum de 10 horas, em laboratório com temperatura ambiente entre 21 e 22°C.

Figura 2 - Resumo do desenho experimental. TI= Teste incremental máximo; Wpico = Potência pico; CHO = carboidrato; PLA = placebo.

4.1.3 Variáveis antropométricas

As variáveis antropométricas foram mensuradas para a caracterização da amostra. As medidas antropométricas foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos por Lohman (1981). Os sujeitos foram pesados em balança eletrônica (Filizola modelo ID 1500, São Paulo, Brasil) com escala de aproximação de 0.1 kg. A estatura foi medida com o uso de um estadiômetro, com aproximação de 0.1 cm. Foram realizadas nove dobras cutâneas (bíceps, tríceps, suprailíaca, torácica, abdominal, subescapular, axilar média, coxa e perna) com o uso de um compasso de dobras (Harpender, West Sussex, UK), com aproximação de 0,2 mm, as quais foram obtidas do lado direito do corpo de forma rotacional, na qual foi utilizado o valor mediano para a análise dos dados. Quando houve diferença maior que 10% entre esses três valores, uma quarta medida foi realizada. Todas as medidas foram realizadas pelo mesmo pesquisador. A densidade corporal foi estabelecida através da equação de

Jackson & Pollock (1985) e percentual de gordura foi estimado pela equação de Brozek et al. (1963).

4.1.4 Teste incremental até a exaustão

O teste incremental foi realizado em um cicloergômetro Biotec 2100 (Cefise, Nova Odessa, SP, Brasil). Iniciando com 5 minutos de aquecimento a 25 watts, logo após ocorria um incremento de 25 watts a cada minuto, até que o sujeito entrasse em exaustão, a qual foi definida como a incapacidade de manutenção da cadência mínima de 60 rev.min⁻¹. O teste foi realizado com a frequência de rotação do pedal de 60 rev.min⁻¹. As trocas gasosas (Cortex Metalyzer 3B, Cortex Biophysik, Leipzig, Germany) e a frequência cardíaca (cardiofrequencímetro Polar® S810) foram mensuradas durante todo o teste. O $\dot{V}O_{2pico}$ pico foi determinado quando se atingiu três dos critérios determinados: aumento inferior a 2,1 ml.kg⁻¹.min⁻¹ com aumento de intensidade, razão de trocas respiratórias maior que 1,1 e frequência cardíaca máxima predita para a idade (HOWLEY et al., 1995). A potência pico (W_{pico}) foi determinada pela maior potência atingida durante o teste.

4.1.5 Exercício de carga constante

A figura 3 apresenta o *time line* das coletas nas sessões experimentais. O exercício de carga constante foi realizado no cicloergômetro Biotec 2100 (Cefise, Nova Odessa, SP, Brasil). Os sujeitos realizaram o teste com uma intensidade correspondente a ~55% da potência pico e os sujeitos pedalavam até entrar em exaustão. Foi mantida uma rotação de 60 rpm, o teste era interrompido quando o sujeito não conseguia manter o mínimo de 60 rpm. Durante todo o exercício foi mensurada a frequência cardíaca O enxágue (CHO ou PLA) foi

realizado imediatamente após iniciar o exercício, e a cada 5 minutos de teste. Após o enxágue, era mensurada a glicose e eram questionados sobre as escalas de PSE. A escala de VAS era realizada a cada 10 minutos de teste. Para realização da análise dos dados, foi escolhido um *isotime* de 20 minutos, por incluir todos os sujeitos de nossa amostra.

Figura 3. *Time line* das sessões experimentais. FC = Frequência cardíaca, DOC = Documentário, VAS = Escala visual analógica, EMG = Eletromiografia; ENX = enxágue bucal; PSE = Percepção subjetiva de esforço; Wpico = Potência pico

4.1.6 Atividade eletromiografica (EMG)

Os procedimentos acerca da EMG adotados foram similares aos adotados em estudos prévios (NEMEZIO et al., 2015). A coleta e o processamento dos sinais eletromiográficos do músculo vasto lateral (VL) da coxa direita foi realizado por meio do eletromiógrafo MyoTrace™ 400 (Noraxon, Scottsdale, EUA). Foi feita a tricotomia do local, a região foi friccionada e limpa com álcool para reduzir a impedância da pele e colocação dos eletrodos. Os eletrodos foram de barra bipolar de superfície de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl), associado a um gel condutor e com distância inter-eletrodo de 2 cm. Os eletrodos foram

colocados no maior volume muscular e no sentido das fibras musculares. A localização do ponto anatômico para colocação dos eletrodos no músculo analisado obedeceu à padronização proposta pela SENIAM (HERMENS et al. 2000). O eletrodo de referência foi colocado sobre a patela ipsilateral. A frequência de aquisição foi de 1000 Hz e o sinal foi transmitido *on line* para o computador. O sinal EMG foi mensurado durante todo o teste de carga constante e foram feitos registros nos primeiros 30 s de teste e posteriormente foram feitos registros de 30 s a cada 5 minutos de teste.

Os dados da EMG foram filtrados por um filtro passa-banda de 20-400 Hz e expresso pelo RMS, com uma janela de 50 ms. O período de ativação de cada músculo foi determinado como o período onde o sinal estivesse acima de um limiar de 15% da atividade máxima daquele músculo durante o teste por, no mínimo, 100 ms. Estes parâmetros foram selecionados baseados na relação sinal/ruído dos dados da EMG e foram visualmente conferidos para evitar possíveis erros. A EMG durante o exercício de carga constante foi expressa em valores percentuais de mudança (%) do RMS mensurado nos primeiros 30 s desse exercício. Todos os procedimentos foram realizados utilizando o software Noraxon Myoresearch, versão 1.08.

4.1.7 Glicose sanguínea

Os níveis sanguíneos de glicose foram mensurados em repouso, antes de iniciar o experimento, logo após a realização da atividade cognitiva ou documentário e durante o exercícios de carga constante foram mensurados a cada 10 minutos. Foram coletados 0,6 µl de sangue do dedo anelar ou médio da mão direita, para mensurar a glicose sanguínea. O sangue coletado foi analisado através do equipamento ACCU-CHECK ® *Performa*, Roche Diagnostics, Mannheim, Alemanha.

4.1.8 Escala de Percepção subjetiva de Esforço

A percepção subjetiva de esforço (PSE) foi mensurada através da escala de 15 pontos desenvolvida por Borg (1982). A escala era apresentada ao sujeito imediatamente antes de iniciar o exercício de carga constante e a cada 5 minutos de teste, antes da realização do enxágue (carboidrato ou placebo) e imediatamente após o final do teste.

4.1.9 Escala analógica visual (VAS)

Foram utilizadas três escalas (VAS – Escala Visual Analógica) de 100 mm para verificação dos níveis de fadiga mental, fadiga física e motivação. A escala consiste de uma linha horizontal com 100 mm, nas duas extremidades das linhas eram apresentadas frases como: nenhuma ou extremamente, por exemplo: 1) Como está sua motivação para a realização do exercício no momento? (sem motivação/extremamente motivado); 2) Como está o seu nível de fadiga mental no momento? (sem fadiga mental /extremamente fadigado mentalmente) e 3) Como está seu nível de fadiga no momento (sem fadiga/extremamente fadigado). Essas perguntas foram feitas ao sujeito, e ele deveria fazer uma marca com uma caneta representando o ponto correspondente à sua sensação naquele momento.

A mensuração de cada uma das escalas foi realizada através de uma régua, posicionada sobre a reta, e foi reportada a distância entre o ponto localizado à esquerda e a marca realizada pelo sujeito. As escalas foram apresentadas aos sujeitos antes e após o protocolo de fadiga mental e o documentário e durante o teste de carga constante, foi realizado a cada 10 minutos de teste e imediatamente após o final do teste.

4.1.10 Enxágue bucal

As substâncias utilizadas para o enxágue foram: 1) maltodextrina da marca Neonutri , em uma concentração de 64g/1000mL de água, sem sabor e sem cheiro com 2 gotas de adoçante Gold ® aspartame; 2) Água, acrescida de 8 gotas de adoçante para cada litro (placebo). Foi informado aos sujeitos que eles receberiam duas substâncias diferentes para o enxágue, no entanto, a manipulação foi na condição duplo-cega. Os sujeitos receberam 25 mL da substância imediatamente antes de iniciar o exercício e a cada 5 minutos de teste e foram orientados a distribuir a substância na boca por 10 segundos, e depois deveriam descartar, sem ingerir. O conteúdo foi descartado em um recipiente e o volume foi mensurado ao final do teste para verificar se houve ingestão. Em uma sessão ele realizava o enxágue com a substância contendo maltodextrina (CHO) e em outra sessão realizava o enxágue com água (PLA), em ordem aleatória e *crossover* (CARTER, *et al.*, 2004; ISPOGLOU et al., 2015).

4.1.11 Atividade Cognitiva

Para induzir a fadiga mental, foi utilizado um protocolo adaptado do Stroop test Incongruente com duração de 30 minutos. Os sujeitos realizavam a tarefa em um monitor com tela de 14”, a aproximadamente 1 m de distância, em uma sala silenciosa e adequadamente iluminada, sem influencias do ambiente externo. No centro da tela, eram apresentadas quatro palavras (AMARELO, VERMELHO, VERDE E AZUL) em ordem aleatória. O teclado possuía quatro teclas coloridas, nas cores citadas acima. Os sujeitos foram instruídos a pressionar a tecla correspondente a cor das letras que eram apresentadas na tela e não a cor correspondente ao significado da palavra. Entretanto, quando a palavra estava escrita na cor vermelha, ele deveria apertar a tecla correspondente ao significado da palavra e não a cor das letras. Por exemplo, se aparecesse a palavra AMARELO escrita na cor verde, ele deveria

apertar a tecla verde, se a palavra VERDE estivesse escrito na cor azul, ele deveria apertar o botão azul. Entretanto, se a palavra AMARELO estivesse escrita na cor vermelha, ele deveria apertar a tecla amarela. Após cada resposta, era fornecido um feedback de tempo de resposta e % de acerto. Entre os estímulos havia um intervalo de 1500 ms e entre os estímulos, ficava aparecendo a letra X no centro da tela, com o objetivo de que o sujeito mantivesse o olhar fixo naquele ponto. Eles foram instruídos a tentar responder corretamente e no menor tempo possível durante os 30 minutos. Em todas sessões, antes de iniciar a atividade, na tela do computador, eram fornecidas todas informações sobre o teste, seguido por um período de treinamento. Após o período de treinamento, aparecia um resumo das orientações e então a tarefa tinha início. Após 30 minutos aparecia uma informação indicando o final da tarefa.

4.1.12 Documentário

Para a condição controle, os sujeitos assistiram documentário por um período de 30 minutos. Os documentários eram de uma série chamada Planeta Terra (BBC), com áudio em português. Em cada uma das sessões, o voluntário podia escolher qual documentário gostaria de assistir. Eram cinco opções: Desertos, De polo a polo, Água doce, Montanhas e Cavernas.

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade na distribuição dos dados foi confirmada através do teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram reportados como médias $\pm$ desvios padrão. O coeficiente de correlação intraclass (ICC) foi utilizado para analisar a reprodutibilidade do desempenho no teste de carga constante mensurado nas sessões de familiarização. ANOVA com medidas repetidas a dois fatores (momento e condição) foi utilizada para comparar as variáveis mensuradas antes e após a intervenção experimental pré-exercício. ANOVA com medidas repetidas a dois

fatores (momento e condição) também foi utilizada para comparar as variáveis mensuradas ao longo do teste de carga constante até o momento do *isotime*. ANOVA com medidas repetidas a um fator (condição) foi utilizada para comparar as variáveis mensuradas ao término do teste de carga constante. O *post hoc* de Bonferroni para comparações múltiplas foi utilizado quando necessário. O tamanho do efeito *d* de *Cohen* (Cohen's d effect size - ES) foi calculado para a diferença das variáveis entre as condições experimentais. Para todas as análises estatísticas foi utilizado software STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA), adotando um nível de significância inferior a 5% ($P < 0,05$).

6. RESULTADOS

6.1 Pré-exercício físico

A figura 4 apresenta as variáveis fisiológicas e perceptivas mensuradas antes do exercício de carga constante realizado até a exaustão. Não foi observado efeito da condição ($P = 0,811$, ES = 0,04), momento ($P = 0,388$, ES = 0,03) ou interação ($P = 0,421$, ES = 0,56) para a glicose sanguínea antes e após as diferentes intervenções realizadas pré-exercício (painel A). Houve um aumento da FC após todas as intervenções ($P = 0,001$, ES = 0,67), porém essa mudança não teve efeito da condição ($P = 0,770$, ES = 0,04) ou da interação ($P = 0,607$, ES = 0,07) (painel B). De forma similar, houve um aumento da fadiga percebida após todas as intervenções ($P = 0,001$, ES = 0,49), porém essa mudança não foi influenciada pela condição ($P = 0,871$, ES = 0,02) ou pela interação ($P = 0,831$, ES = 0,03) (painel C). Por fim, foi observada apenas uma tendência para o efeito da condição ($P = 0,070$, ES = 0,08), mas sem efeito para o momento ($P = 0,219$, ES = 0,063) ou interação ($P = 0,404$, ES = 0,11) para a motivação antes e após as diferentes intervenções realizadas pré-exercício (painel D).

Figura 4. Variáveis fisiológicas e perceptivas mensuradas antes do exercício de carga constante realizado até a exaustão.

Os dados são apresentados com médias $\pm$ DP. FM = fadiga mental, CHO = enxague bucal com carboidrato, DOC = documentário, PLA = enxague bucal com substância placebo. a = efeito do momento ($P < 0,05$).

6.2 Durante o exercício físico

A potência externa utilizada no exercício de carga constante foi de 146 ± 15 W, a qual correspondia aproximadamente a 55% da W_{pico} . O desempenho mensurado na primeira (2102 ± 467 s) e na segunda (2227 ± 558 s) sessões de familiarização desse teste foi altamente reprodutivo ($ICC = 0,958$, $P = 0,001$). Ao término de cada sessão experimental era perguntado ao sujeito qual substância havia sido utilizada no enxágue. Para a resposta tínhamos três opções: Malto, Placebo ou Não Sei. O percentual de acerto foi de 28%. Apenas quatro sujeitos de um total de sete acertaram a substância (MALTO ou PLA). Entretanto, cada

sujeito acertou a substância em apenas uma sessão, de um total de quatro sessões.

A figura 5 apresenta a comparação do desempenho, das variáveis fisiológicas e perceptivas mensuradas até o *isotime* (20 min) e ao término do exercício de carga constante. As diferenças observadas no desempenho não foram estatisticamente significantes entre as condições ($P = 0,491$, $ES = 0,12$) (painel A). Também não foram detectadas diferenças significantes para a glicose sanguínea ao término do exercício ($P = 0,491$, $ES = 0,12$), tampouco houve efeito da condição durante o exercício ($P = 0,783$, $ES = 0,19$) (painel B). Todavia, foram detectados efeito do momento ($P = 0,001$, $ES = 0,24$) e interação ($P = 0,010$, $ES = 0,28$), com os valores na condição FM-PLA no pré-exercício (momento 0) sendo estatisticamente menor que no vigésimo minuto da condição FM-PLA ($P = 0,010$, $ES = 0,21$).

A FC aumentou significativamente para todas as condições ao longo do exercício ($P = 0,001$, $ES = 0,97$), porém esse aumento não sofreu influência da condição ($P = 0,783$, $ES = 0,04$) ou interação ($P = 0,503$, $ES = 0,03$) (painel C). A FC ao término do exercício também não foi diferente entre as condições ($P = 0,812$, $ES = 0,05$). A fadiga mental sofreu efeito do momento ($P = 0,001$, $ES = 0,22$), mas não houve efeito da condição ($P = 0,736$, $ES = 0,05$) ou interação ($P = 0,949$, $ES = 0,03$) (painel D). A fadiga mental também não apresentou diferença estatisticamente significativa entre as condições experimentais ao término do exercício ($P = 0,925$, $ES = 0,02$). Foi observado um efeito do momento ($P = 0,001$, $ES = 0,30$) para a motivação ao longo do exercício, porém não houve efeito da condição ($P = 0,991$, $ES = 0,01$) e interação ($P = 0,798$, $ES = 0,06$) (painel E). A motivação mensurada ao término do exercício também não foi diferente entre as condições experimentais ($P = 0,991$, $ES = 0,07$).

Similar à maioria das variáveis analisadas, foi observado apenas o efeito do momento ($P = 0,001$, $ES = 0,93$) para a PSE, sem efeito da condição ($P = 0,706$, $ES = 0,05$) ou interação ($P = 0,929$, $ES = 0,03$) (painel F). Os valores da PSE mensurados ao término do exercício também não foram significativamente diferentes entre as condições ($P = 0,415$, $ES = 0,14$).

Houve efeito do momento para a EMG mensurada ao longo do exercício ($P = 0,0035$, $ES = 0,25$), porém não houve efeito da condição ($P = 0,512$, $ES = 0,10$) e interação ($P = 0,707$, $ES = 0,08$), assim como os valores de pico mensurado ao final não foram diferentes entre as condições experimentais ($P = 0,527$, $ES = 0,13$) (painel G).

Figura 5. Variáveis fisiológicas e perceptivas mensuradas até o momento *isotime* e ao término do exercício de carga constante até a exaustão.

Os dados são apresentados com médias $\pm$ DP. FM = fadiga mental, CHO = enxágue bucal com carboidrato, DOC = documentário, PLA = enxágue bucal com substância placebo, PSE = percepção subjetiva do esforço, EMG = eletromiografia, RMS = *root mean square*. a = efeito do momento ($P < 0,05$), d = FM-PLA no momento 0 estatisticamente maior FM-PLA no momento 20 ($P < 0,05$).

7. DISCUSSÃO

A presente Tese teve como objetivo verificar o efeito do enxágue bucal com CHO no tempo até exaustão em exercício de carga constante realizado após uma tarefa cognitiva. A hipótese inicial era que: a) a tarefa cognitiva produziria a fadiga mental e, consequentemente, ocasionaria em uma redução no tempo até exaustão no exercício de carga constante, b) o enxágue bucal com CHO seria capaz de amenizar esse efeito deletério produzido pela tarefa cognitiva prévia ao exercício. Os nossos principais achados demonstraram que a tarefa cognitiva ocasionou um aumento na fadiga percebida antes do exercício, mas que houve apenas uma redução discreta no tempo até a exaustão (~7%) quando comparado à condição controle. Consequentemente, o enxágue do CHO não produziu nenhum efeito sobre o tempo até a exaustão precedido pela tarefa cognitiva.

7.1 Pré-exercício físico

Estudos prévios com fadiga mental avaliaram o comportamento da glicose sanguínea antes e após a realização de uma atividade cognitiva (MARCORA et al., 2009; PAGEAUX et al., 2014; SMITH et al., 2014). Marcora et al. (2009) demonstraram uma redução na glicose sanguínea após a realização da atividade cognitiva e documentário, ambos com duração de 90 minutos. Resultados similares foram demonstrados por Pageaux et al. (2014) onde os voluntários realizavam o Stroop incongruente e na condição controle, o Stroop congruente. A primeira tarefa cognitiva demanda uma resposta inibitória, aumentando assim a demanda cognitiva. Após a realização das tarefas, houve uma redução na glicose sanguínea em ambas as condições, apesar da diferença na exigência cognitiva. Esses achados divergem dos resultados encontrados no presente estudo, em que a glicose não apresentou mudanças em virtude da condição (Stroop ou documentário) e do tempo. Nossos resultados convergem com os achados de Smith et al. (2014) que utilizaram uma atividade cognitiva com 90 minutos de duração (AX-CPT) e não detectaram redução da glicose, tanto para o grupo que realizou atividade cognitiva como para o grupo controle. Portanto, considerando que as atividades cerebrais dependem da energia oriunda da glicose (GAILLIOT et al., 2007), podemos presumir que as tarefas utilizadas no presente estudo (Stroop/Documentário) produziram uma demanda metabólica cerebral semelhante.

Assim como as alterações metabólicas, a atividade cognitiva parece influenciar também o comportamento de variáveis cardiovasculares, como a frequência cardíaca. Estudos utilizando tarefa cognitiva demonstraram aumento na frequência cardíaca média quando comparado à condição controle (Marcora et al., 2009; Pageaux et al., 2014; Smith et al., 2014; Pageaux et al., 2015). Resultados similares foram encontrados no presente estudo, haja vista que a FC apresentou aumento em relação ao tempo quando os sujeitos realizaram atividade cognitiva. Entretanto, esse aumento não teve efeito de condição. A condição controle também

acarretou em aumento da FC, sugerindo que ambas as tarefas ocasionaram o mesmo estresse cardiovascular.

De forma similar, as variáveis psicofisiológicas também parecem ser influenciadas por atividades cognitivas que demandam foco e atenção, tal como demonstrado por Marcora et al. (2009). Esses autores reportaram que, após a atividade cognitiva, os sujeitos apresentaram aumento na fadiga percebida, sem que houvesse aumento no grupo controle. Resultados similares foram demonstrados por Smith et al. (2016) após o Stroop incongruente realizado por 30 minutos. Eles observaram que o aumento ocorreu apenas no grupo que realizou a tarefa cognitiva, mas sem aumento na fadiga percebida para o grupo controle. Esses resultados divergem dos achados de Smith et al. (2014), que relataram após a realização do Stroop incongruente não haver aumento na fadiga percebida para ambas as condições (experimental e controle). Assim, os dados da presente tese são parcialmente similares aos reportado por Marcora et al. (2009) e Smith et al. (2016), haja vista que houve um ES moderado para o efeito do momento ($ES = 0,49$), sendo que a condição com a tarefa cognitiva produziu um aumento na fadiga percebida de 75% enquanto para a condição controle esse aumento foi de 60%. Baseado nesses resultados, é plausível presumir que, apesar de não ser um achado universal, tarefa cognitiva leva a fadiga mental previamente ao exercício, como observado no presente estudo.

Em contraponto com a fadiga mental, nós não encontramos efeito de tempo ou condição para a outra variável psicológica, a motivação. Esse resultado converge para os resultados reportados em estudos prévios (Marcora et al., 2009; Pageaux et al., 2013; Pageaux et al., 2014 e Smith et al. 2016). Entretanto, encontramos apenas uma tendência para o efeito da condição, sendo que na condição controle, a motivação estava maior quando comparado a condição experimental. Esses achados sugerem que a motivação não é influenciada por uma tarefa cognitiva realizada previamente ao exercício.

7.2 Durante o exercício físico

A realização de atividades cognitivas prévia ao exercício físico parece proporcionar alteração negativas no desempenho esportivo. Achados prévios têm sugerido que essa interferência no desempenho pode ocorrer por alterações em variáveis metabólicas, cardiovasculares e perceptivas durante a prática esportiva (Marcora et al., 2009; Pageaux et al., 2013; Brownsberger et al., 2013; Pageaux et al., 2014; Smith et al. 2016). O prejuízo causado pela tarefa cognitiva no desempenho tem sido na ordem de 15% no exercício predominantemente aeróbio de carga constante (85% do $\dot{V}O_2\text{max}$) (MARCORA et al., 2009), 2,7% no exercício predominantemente aeróbio de intensidade auto-selecionada (teste contrarrelógio de 20 km de ciclismo) (PIRES et al., 2018) e 2,5% no exercício intervalado específico ao futebol (SMIT et al., 2014). A atividade cognitiva realizada por 30 minutos (Stroop incongruente) em nosso estudo produziu uma redução de 7,8% no tempo até exaustão para o exercício de carga constante realizado na condição de FM quando comparado com a condição DOC. Nesse sentido, embora não tenha atingido o nível de significância, a queda percentual no desempenho produzida pela atividade cognitiva observada parece ser similar aos resultados de estudos previamente publicados nessa temática.

Possivelmente, o fato da redução no desempenho esportivo não ter alcançado o nível de significância pode ser explicado, pelo menos em parte, pelas pequenas mudanças que as intervenções experimentais causaram nas variáveis metabólicas, fisiológicas e perceptivas causadas no momento pré-exercício. Como um possível resultado, não foram detectados efeitos da condição para as concentrações de glicose sanguínea durante e ao término do exercício. Em contrapartida, houve um efeito do momento durante o exercício físico, sendo que apenas a condição FM (PLA) no momento 20 apresentou valores superiores ao pré-exercício (Figura 4). Esses dados convergem para os resultados dos estudos utilizando o

enxágue bucal com CHO, que demonstraram não haver alteração significativa nas concentrações de glicose sanguínea durante o exercício (ROLLO et al., 2010; GAM et al., 2013). Desse modo, parece que as intervenções experimentais adotadas nesse estudo (fadiga mental e enxágue bucal com CHO) não foram capazes de alterar a captação da glicose sanguínea, como era esperado em virtude de uma possível demanda energética cerebral aumentada (GAILLIOT et al., 2007).

Similar aos resultados apresentados em estudos prévios utilizando fadiga mental e exercício (MARCORA et al., 2009; PAGEAUX et al., 2015; SMITH et al., 2016), nossos sujeitos apresentaram aumento da FC ao longo do exercício de carga constante. Contudo, essa mudança não sofreu influência da condição ou interação. Marcora et al. (2009) demonstraram uma redução no tempo até exaustão para a condição fadiga mental em relação ao grupo controle. Os sujeitos pedalavam em uma intensidade a 80% da potência pico. Semelhante aos nossos dados houve aumento da FC em função do tempo sem, entretanto, efeito de condição. Por sua vez, Smith et al. (2016) observaram uma redução na distância percorrida no *io-io test* quando os sujeitos realizavam atividade cognitiva previamente, mas sem diferença significativa para a FC entre as condições FM ou PLA. Considerando a influência da utilização do enxágue bucal de CHO no comportamento da FC, resultados similares foram encontrados por Fares et al. (2011). Esses autores submeteram os sujeitos a um teste de carga constante com uma intensidade relativa a 60% da potência pico utilizando enxágue bucal com CHO ou placebo. Os testes foram realizados em duas condições diferentes, em jejum ou após realizar uma refeição rica em CHO (café da manhã). A utilização do enxágue com CHO foi capaz de promover um aumento no tempo até exaustão quando comparado à condição PLA tanto para a condição de jejum quanto após o café da manhã. Sendo esse aumento mais expressivo quando os sujeitos realizaram a atividade em jejum. Em relação a FC, os sujeitos apresentavam aumento da FC em relação ao tempo, contudo, tanto a FC média quanto a FC

de pico não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as condições. Coletivamente, esses achados sugerem que a sobrecarga no sistema cardiovascular, determinada no presente estudo pela resposta da FC durante exercício de carga constante até exaustão, parece não sofrer influência da condição fadiga mental e tampouco ser influenciada pela utilização do enxágue bucal com carboidrato.

Estudos prévios têm proposto que ambas as intervenções experimentais adotadas no presente estudo, fadiga mental e enxágue bucal com CHO, seriam capazes de influenciar algumas variáveis perceptivas ao longo do exercício (MARCORA et al., 2009; SINCLAIR et al., 2013; PAGEAUX et al., 2013). Tem sido postulado que tarefas cognitivas poderiam induzir a um estado psicofisiológico denominado fadiga mental, o qual é caracterizado pela falta de energia e aumento da sensação de cansaço (BOKSEN et al., 2008; MARCORA et al., 2009; PAGEAUX et al., 2013). Supostamente, essas alterações no estado psicofisiológico seriam transferidas para o exercício físico, aumentando a percepção do esforço físico realizado. Assim, os indivíduos atingiriam precocemente valores máximos toleráveis de PSE e abandonariam a tarefa realizada, reduzindo, portanto, o desempenho físico. Essa redução do desempenho físico seria mediada pelo sistema nervoso central sem alterações no recrutamento muscular, como mensurado pela EMG. Por sua vez, enxágue bucal com CHO parece atuar nas áreas encefálicas relacionados ao foco e a atenção, as quais poderiam maximizar o desempenho físico (CHAMBERS et al., 2009). Além disso, enxágue bucal com CHO parece aumentar a EMG durante o exercício predominantemente aeróbio intenso (BASTOS-SILVA et al., 2016). Baseado nessas informações, a hipótese da presente Tese era que a utilização do enxágue bucal com carboidrato seria capaz de amenizar ou reverter o efeito deletério da fadiga mental no desempenho esportivo. Contudo, diferentemente da nossa hipótese inicial, os níveis de fadiga percebida e EMG sofreram apenas efeito do momento, sem, entretanto, ter havido efeito da condição ou interação. Achados prévios têm sugerido que os efeitos da fadiga

mental parecem ser tarefa dependente. Por exemplo, Pageaux et al. (2013) observaram que a fadiga mental aumentou a PSE no exercício de contração isométrica voluntária máxima de extensão de joelho apresentou redução no tempo até exaustão após a realização de tarefa cognitiva, ao passo que Martin et al. (2015) demonstraram que a fadiga mental não foi capaz de alterar a PSE e reduzir o desempenho em atividades predominantemente anaeróbias (ciclismo 3 minutos *all out*, salto vertical com contra movimento e CVIM). Não obstante, tem sido demonstrado que o enxágue bucal com CHO não alterou a PSE e, conseqüentemente, o desempenho nos exercícios contrarrelógio de ciclismo durante 15 minutos (JEFFERS et al., 2015), um contrarrelógio de 1h (BEELLEN et al., 2009) e ciclismo *all out* com duração de 30 s (CHONG et al., 2011). Portanto, esses achados sugerem que o exercício físico de carga constante aumenta a fadiga percebida e EMG em função do tempo, de maneira semelhante em todas as condições experimentais estudadas.

Outra variável perceptiva que parece sofrer influencia do exercício físico é a motivação. Marcora et al. (2009) demonstraram uma redução no desempenho quando realizado na condição de FM. Entretanto, não houve diferença para a motivação entre as condições experimentais do presente estudo. Resultados similares foram demonstrados por Pageaux et al. (2013), haja vista que esses autores não detectaram diferença para a motivação entre o grupo FM e o controle, apesar de uma redução de 13% no tempo até exaustão na CVIM de extensão do joelho. Isso os levou a sugerir que a piora no desempenho se deu pelo aumento na PSE na condição FM. Esses achados são parcialmente diferentes de Pires et al. (2018), que reportaram uma redução no nível de motivação após a realização da atividade cognitiva associado à uma redução no desempenho de um contrarrelógio de 20km. Esses dados divergem dos resultados encontrados no presente estudo, pois houve um aumento da motivação ao longo do tempo, mas sem diferença e interação entre as condições ao longo do exercício, nem tampouco ao término do exercício.

8. Limitações

O presente estudo possui algumas limitações que devem ser levadas em consideração. O tamanho amostral ($n = 7$) poderia ter influenciado o poder estatístico das análises realizadas. O cálculo do tamanho da amostra realizado com base no tempo até exaustão de um estudo prévio que utilizou suplementação com carboidrato (NIKOPOULOS et al., 2004) identificou que seriam necessários 15 sujeitos para atingirmos o poder estatístico de 0,80. O *Power effect* calculado para tempo até exaustão e fadiga percebida foram 0,44 e 0,20 respectivamente. Assim, calculamos o número de sujeitos necessários para se atingir para o mesmo poder estatístico. Seriam necessários 67 sujeitos, o que, operacionalmente, inviabilizaria a realização dessa Tese. Também seria importante mensurarmos algumas variáveis derivadas das trocas gasosas e da eletroencefalografia para aumentar a nossa compreensão acerca dos fenômenos estudados. Ao optarmos pela eletroencefalografia, como apresentado no Exame de Qualificação, deixamos de mensurar as trocas gasosas, haja vista que estudos prévios têm sugerido aplicação dessa técnica isoladamente em virtude da possível produção de ruídos gerados pelos campos magnéticos de outros equipamentos (FERRE et al., 2001). Todavia, infelizmente, ao longo da coleta de dados o aparelho de eletroencefalograma apresentou problemas técnicos, os quais inviabilizaram a realização de medidas relacionadas a atividade elétrica cerebral.

9. Conclusões

O objetivo da presente Tese de doutorado foi verificar a influência do enxágue com CHO sobre o desempenho, respostas fisiológicas e perceptivas no exercício físico predominantemente aeróbio realizado após uma atividade cognitiva frequentemente utilizada para induzir a fadiga mental. Com base nos achados e limitações da presente Tese é possível

concluir que a fadiga mental proporcionou apenas uma discreta (~7%) redução no tempo até exaustão no exercício de carga constante quando comparado à condição controle. Além disso, o enxágue com CHO não foi capaz de influenciar no desempenho do exercício de carga constante. Possivelmente, isso se deve ao fato de ambas as intervenções estudadas (fadiga mental e o enxágue com CHO) produziram apenas pequenas alterações nas variáveis fisiológicas e perceptivas antes e durante o exercício físico.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMANN, A., DEMPSEY, J.A. Locomotor muscle fatigue modifies central motor drive in healthy humans and imposes a limitation to exercise performance. *Journal of Physiology*, v. 586, p.161-173, 2008.
2. ANANTARAMAN, R., CARMINES, A.A., GAESSER, G.A., WELTMAN, A. Effects of carbohydrate supplementation on performance during 1 hour high-intensity exercise. *International Journal of Sports Medicine*, v. 16, n. 7, p. 461-465, 1995.
3. ATAIDE-SILVA, T., GHIARONE, T., BERTUZZI, R., CHRISTOS GEORGE STATHIS, C.G., LEANDRO, C.G., LIMA-SILVA, A.E. CHO mouth rinse ameliorates neuromuscular response with lower endogenous CHO stores. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2016 (Publish Ahead of print).
4. DE ATAIDE E SILVA, T.; DI CAVALCANTI ALVES DE SOUZA, M.E.; DE AMORIM, J.F.; STATHIS, C.G.; LEANDRO, C.G.; LIMA-SILVA, A.E. Can Carbohydrate Mouth Rinse Improve Performance during Exercise? A Systematic Review. *Nutrients* , v. 6, p. 1-10, 2014.
5. BADIN, O.O., SMITH, M.R., CONTE, D., COUTTS, A. J. Mental fatigue impairs technical performance in small-sided soccer games. *International Journal of Physiology and Performance*, 2016 (Publish ahead of print)
6. BASSETT D.R., HOWLEY E.T. Maximal oxygen uptake: “classical” versus “contemporary” viewpoints. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 29, p.591-603, 1997.
7. BASTOS-SILVA, V.J., MELO, A.A., LIMA-SILVA, A.E., MOURA, F.A., BERTUZZI, R., DE ARAUJO, G.G. Carbohydrate mouth rinse maintains muscle electromyographic activity and increase time to exhaustion during moderate but not high-intensity cycling exercise. *Nutrients*, v. 8, n. 3, p.1-8, 2016.
8. BEELEN, M., BERGHUIS, J., BONAPARTE, B., BALLAK, S.B., JEUKENDRUP, A.E., VAN LOON, L.J.C. Carbohydrate mouth rinsing in the fed state: lack of enhancement of time trial performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, n. 19, p. 400-409.
9. BERGH, U., EKBLOM, B., ASTRAND, P.O., Maximal oxygen uptake “classical” versus “contemporary” viewpoints. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 32, n.1, p. 85-88, 2000.

10. BERTUZZI, R., LIMA-SILVA, A.E., PIRES, F.O., DAMASCENO, M.V., BUENO, S., PASQUA, L.A., BISHOP, D.J. Pacing strategy determinants during a 10-km running time-trial: contributions of RPE, physiological, and muscular parameters. *Journal of Strength and Conditioning Research*. V. 28, n.6, p. 1688-1696, 2014.
11. BLABER, A. P., WALSH, M.L., CARTER, J.B., SEEDHOUSE, E.L., WALKER, V.E. Cardiopulmonary physiology and responses of ultramarathon athletes to prolonged exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology*, v. 29, n. 5, p. 544-563, 2004.
12. BOKSEM, M.A.S., MEIJMAN, T.F., LORIST, M.M. Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. *Cognitive Brain Research*, v. 25, p. 107-116, 2006.
13. BOKSEM, M.A.S., TOPS, M. Mental fatigue: costs and benefits. *Brain Research Reviews*, v.59, p.125-139, 2008.
14. BORG, G.A.V. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.14, N.5, p. 377-381, 1982.
15. BIGLAND-RITCHIE, B. EMG and fatigue of human voluntary and stimulated contractions. Human muscle fatigue: physiological mechanisms. Ciba Foundation symposium. British Library. p. 130-156, 1982.
16. BROWNSBERGER, J., EDWARDS, A., CROWTHER, R., COTTRELL, D. Impact of mental fatigue on self-paced exercise. *International Journal of Sports Medicine*, v. 34, n.12, p.1029-1036, 2013.
17. BROZEK, J., GRANDE, F., ANDERSON, J., KEYS, A. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Science*, v. 110, p.113-140, 1963.
18. CAMPAGNE, A., PEBAYLE, T. Correlation between driving errors and vigilance level: Influence of the driver's age. *Physiology & Behavior*, V. 80, P.515-524, 2004.
19. CARTER, C.S., BRAVER, T.S., BARCH, D.M., BOTVINICK, M.M., NOLL, D., COHEN, J.D. Anterior cingulate cortex, error detection, and online monitoring of performance. *Science*, v. 280, p. 747-749, 1998.
20. CARTER, J.M., JEUKENDRUP, A.E., MANN, C.H., JONES, D.A. The effect of glucose infusion on glucose kinetics during a 1-h time trial. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 36, n. 9 p. 1543-1550, 2004.
21. CARTER, J.M., JEUKENDRUP, A.E., JONES, D.A. The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 36, n. 12 p. 2107-2111, 2004(b).

22. CARTER, C.S., BRAVER, T.S., BARCH, D.M., BOTVINICK, M.M., NOLL, D., COHEN, J.D. Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science*, v. 280, p. 747-749, 1998.
23. CHAMBERS, E.S., BRIDGE, M.W., JONES, D.A. Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. *The Journal of Physiology*, v. 587, n.8, p. 1779-1794, 2009.
24. CHONG, E. GUELFI, K.J., FOURNIER, P.A. Effect of carbohydrate mouth rinse on maximal sprint performance in competitive male cyclists. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 14, p. 162-167, 2011.
25. CROWDEN, G.P., Industrial Efficiency and fatigue. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, v. 23, n.4, p.470-86, 1930.
26. DAMASCENO, M.V., LIMA-SILVA, A.E., PASQUA, L.A., TRICOLI, V., DUARTE, M., BISHOP, D., BERTUZZI, R. Effect of resistance training on neuromuscular characteristics and pacing during 10-km running time trial. *European Journal of Applied Physiology*, v. 115, n.7, p.1513-1522, 2015.
27. DUNCAN, M.J., FOWLER, N., GEORGE, O., JOYCE, S., HANKEY, J. Mental fatigue negatively influences manual dexterity and anticipation timing but not repeated high-intensity exercise performance in trained adults. *Research in Sports Medicine*, v. 23, n.1, p.1-13, 2015.
28. FABER, L.G., MAURITS N.M., LORIST, M.M. Mental Fatigue affects visual selective attention. *Plos One.*, v. 7, n.10, 2013, e48073.
29. FAULKNER, J., PARFITT, G., ESTON, R. The rating of perceived exertion during competitive running scales with time. *Psychophysiology*, v. 45, p.977-985, 2008.
30. FARES, E.J.M., KAYSER, B. Carbohydrate mouth rinse effects on exercise capacity in pre-and postprandial states. *Journal of Nutrition and Metabolism*, v.2011, ID: 385962, 6 pág. 2011.
31. FERRE, T.C., LUU, P., RUSSEL, G.S., TUCKER, D.M. Scalp electrode impedance, infection risk, and EEG quality. *Clinical Neurophysiology*, v. 112, p. 536-533, 2001.
32. FOGELHOLM, M., MALMBERG, J., SUNI, J., SANTILLA, M., KYRÖLÄINEN, H., MÄNTYSAARI, M., OJA, P. International Physical Activity Questionnaire: Validity against fitness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 38, n.4, p. 754-760, 2006.
33. GAILLIOT, M.T., BAUMEISTER, R.F., DeWALL, C.N., MANER, J.K., PLANT, E.A., TICE, D.M., BREWER, L.E. Self-Control relies on glucose as a limited energy source:

- Willpower is more than a metaphor. *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 92, n.2, p.325-336, 2007.
34. GAM, S., GUELF, K.J., FOURNIER, P.A. Opposition of carbohydrate in a mouth-rinse solution to the detrimental effect of mouth rinsing during cycling time trials. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, v. 23, p.48-56, 2013.
 35. GANDEVIA, S.C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, v. 81, n.4, p. 1725-1789, 2001.
 36. GANT, N., STINEAR, C.M., BYBLOW, W.D. Carbohydrate in the mouth immediately facilitates motor output. *Brain Research*, v. 1350, p.151-158, 2010.
 37. GRANDJEAN, E. Fatigue in industry. *British Journal of Industrial Medicine*, v. 36, p. 175-186, 1979.
 38. HERMENS, H.J., FRERIKS, B., DISSELHORST-KLUG, C., RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 10, n.5, p. 361-374, 2000.
 39. HETTINGA, F.J. Pacing strategy and $\dot{V}O_2$ kinetics during a 1500-m race, *International Journal of Sports Medicine*, v. 29, p. 206-211, 2008.
 40. HILL AV, LUPTON H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *The Quarterly Journal of Medicine* v.16, p.135-171, 1923.
 41. JACKSON, A.S., POLLOCK, M.L. Practical assessment of body composition. *Physical of Sport Med*, v.19, p. 76-90, 1985.
 42. JASTROW, J. La fatigue intellectuelle. *Science*, v. 8, n.187, p. 133-136, 1898.
 43. JEFFERS, R., SHAVE, R., ROSS, E., STEVENSON, E.J., GOODALL, S. The effect of a carbohydrate mouth-rinse on neuromuscular fatigue following cycling exercise. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, v. 40, n. 60, p. 557-564, 2015.
 44. JEUKENDRUP, A. E. , BROUNS, F., WAGENMAKER, A.J., SARIS, W.H Carbohydrate-electrolyte feedings improve 1h time trial cycling performance. *International Journal of Sports Medicine*, v. 18, p.125-129, 1997.
 45. JEUKENDRUP, A. E. Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*, v. 20, n.7/8, p.669-677, 2004.
 46. JEUKENDRUP, A. E. A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sports Medicine*, v. 44, suppl.1, p. S25-S33, 2014.
 47. KLEM, G.H., LÜDES, H.O., JASPER, H.H., ELGER, C. The ten-twenty electrode systems of the International Federation. *The International Federation of Clinical*

- Neurophysiology. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, suppl. 53, p. 3-6, 1999
48. LAL, S.K.L., CRAIG, A. A critical review of the psychophysiology. *Biological Psychology*, v. 55, n.3, p. 173-194, 2001.
 49. LANE, S.C., BIRD, S.R., BURKE, L.M., HAWLEY, J.A. Effect of a carbohydrate mouth rinse on simulated cycling time-trial performance commenced in a fed or fasted state. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, v. 38, p. 134-139, 2013.
 50. LEPERS, R., MAFFIULETTI N., ROCHETTE, L., BRUGNIAUX, J., MILLET, G. Y. Neuromuscular fatigue during a long duration cycling exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.92, p.1487-1493, 2002.
 51. LORIST, M.M., KLEIN, M., NIEUWENHUIS, S., JPNG, R., MULDER, G., MEIJMAN, T.F. Mental fatigue and task control: Planning and preparation. *Psychophysiology*, v. 37 p. 614-625, 2000.
 52. LORIST, M.M., BOKSEM, M.A.S., RIDDERINKHOF, K.R. Impaired cognitive control and reduced cingulate activity during mental fatigue. *Cognitive Brain Research*, v. 24, p. 199-205, 2005.
 53. MACMAHON, C., SCHUCKER, L., HAGEMANN, N. STRAUSS, B. Cognitive fatigue effects on physical performance during running, *Journal of Sports Exercise Psychology*, v. 36, n. 4, p. 375-81, 2014.
 54. MARCORA, S.M., STAIANO, W., MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, v.106, p. 857-864, 2009.
 55. MARGARIA, R.; EDWARDS, H. T.; DILL, D. B. The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of the lactic acid in muscular contraction. *American Journal of Physiology*, v. 106, p. 689-712, 1933.
 56. MARTIN, K., THOMPSON, K.G., KEEGAN, R., BALL, N., RATTRAY, B. Mental fatigue does not affect maximal anaerobic exercise performance. *European Journal of Applied of Physiology*, v. 115, p. 715-725, p. 2015.
 57. MARTIN V, MILLET GY, MARTIN A, DELEY G, LATTIER G. Assessment of low-frequency fatigue with two methods of electrical stimulation. *Journal of Applied of Physiology*, v. 97, n.5, p.1923-1929, 2004.
 58. MILLET, G.Y. Can Neuromuscular Fatigue Explain Running Strategies and Performance in Ultra-Marathons? - The Flush Model. *Sports Medicine*, v. 41, n.6, p.489-506, 2011.
 59. MOSSO A. La fatica. 5ª. edição, Frateli Treves Editora, 1892.

60. NEMEZIO, K.M.A., BERTUZZI, R., CORREIA-OLIVEIRA, C.R., GUALANO, B., BISHOP, D.J., LIMA-SILVA, A.E., Effect of creatine loading on oxygen uptake during a 1-km cycling time trial. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 47, n. 12, p. 2660-2668, 2015.
61. NEYROUD et al. The effect of muscle fatigue on stimulus intensity requirements for central and peripheral fatigue quantification. *European Journal of Applied Physiology*, v. 114, p. 2015-215, 2014.
62. NIKOPOULOS, V. ARKINSTALL, M.J., HAWLEY, J.A. Reduced neuromuscular activity with carbohydrate ingestion during constant load cycling. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, v. 14, p. 161-170, 2004.
63. NOAKES, T. D. Challenging beliefs: ex Africa semper aliquid novi. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 29, p. 571-590, 1997.
64. NOMBELA, C., NOMBELA N., CASTELL. P., GARCIA, T., LÓPEZ-CORONADO, J., HERRERO, M.T. Alpha-Theta Effects associated with ageing during the Stroop Test. *Plos One*, v.9, n.5 : e95657. 2014.
65. PAGEAUX, B., MARCORA, S.M., LEPERS, R. Prolonged mental exertion does not alter neuromuscular function of the knee extensors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.45, n. 12, p. 2254-2264, 2013.
66. PAGEAUX, B., LEPERS, R., DIETZ, K.C., MARCORA, S.M. Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. *European Journal of Applied Physiology*, v.114, n5, p. 1095-1105, 2014.
67. PAILLARD, T., NOE, F., PASSELERGU, P., DUPUI, P. Electrical Stimulation Superimposed onto Voluntary Muscular Contraction. *Sports Medicine*, v. 35. N. 11, p. 951-966, 2005.
68. PAINELLI, V.S., ROSCHEL, H., GUALANO, B., DEL-FAVERO, S., BENATTI, F.B., UGRINOWITSCH, C., TRICOLI, V., LANCHI JR., A.H. The effect of carbohydrate mouth rinse on maximal strength and strength endurance. *European Journal of Applied Physiology*. V. 111, p. 2381-2386, 2011.
69. PAUS, T. Primate anterior cingulate cortex: where motor control, drive and cognition interface. *Nature Reviews*, v.2, p. 417-424, 2001.
70. PIRES, F.O., SILVA-JUNIOR, F.L., BRIETZKE, C., FRANCO-ALVARENGA, P.E.F., PINHEIRO, F.A., FRANCA, N.M., TEIXEIRA, S., SANTOS, T.M. Mental fatigue alters cortical activation and psychological responses, impairing performance in a distance-based cycling trial. *Frontiers in Physiology*. 9:227. doi: 10.3389/fphys.2018.00227

71. POTTIER, A., BOUCKAERT, J., GILIS, W., ROELS, T., DERAIVE, W. Mouth rinse but not ingestion of a carbohydrate solutions improves 1-h cycle time trial performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 20, p. 105-111, 2010.
72. ROLLO, I., WILLIMS, C., GANT, N., NUTE, M. The influence of carbohydrate mouth rinse on self-selected speeds during a 30-min treadmill run. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise and Metabolism*, v.18, n.6, p. 585-600, 2008.
73. ROLLO, I., COLE, M. MILLER, R., WILLIAMS, C. Influence of mouth rinsing a carbohydrate solution on 1-h running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 42, n. 4, p. 798-804, 2010.
74. SALTIN, B.; ASTRAND, P. O. Maximal oxygen uptake in athletes. *Journal of Applied Physiology*, v. 23, n. 3, p. 353-358, 1967.
75. SAUGY, J., PLACE, N., MILLET, G.Y., DEGACHE, F., SCHENA, F., MILLET, G.P. Alterations of neuromuscular function after the World's most challenging mountain Ultra-Marathon. *Plos One*, v. 26, n. 8: e65596., 2013.
76. SILVESTRINI, N., GENDOLLA, G.H.E. Mood effects on autonomic activity in mood regulation. *Psychophysiology*, v. 44, p. 650-659, 2007.
77. SINCLAIR, J., BOTTOMS, L., FLYNN, C., BRADLEY, E., ALEXANDER, G., MCCULLAGH, S., FINN, T., THOMAS, H. The effect of different duration of carbohydrate mouth rinse on cycling performance. *European Journal of Sport Science*, 2013, doi: 10.1080/17461391.2013.785599.
78. SMITH, M.R., MARCORA, S.M., COUTTS, A.J. Mental fatigue impairs intermittent running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 47, n.8, p. 1682-90, 2015.
79. SMITH, M.R., COUTTS, A.J., MERLINI, M., DEPREZ, D., LENOIR, M., MARCORA, S.M. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, volume 8, n.2, p. 267-276, 2016.
80. SPURWAY, N. C.; EKBLOM, B.; NOAKES, T. D.; WAGNER, P. D. What limits $\dot{V}O_2\text{max}$? A symposium held at the BASES Conference, 6 September 2010. *Journal of Sports Sciences*, v. 30, n. 6, p. 517-531, 2012.
81. ST CLAIR GIBSON, A. et al. The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort. *Sports Medicine*, v. 36, n. 8, p. 705-722, 2006.
82. SUTTON, J. R. Limitations to maximal oxygen uptake. *Sports Medicine*, v. 13, n. 2, p. 127-133, 1992.

83. TANAKA, M., ISHII, A., WATANABE, Y. Neural effect of mental fatigue on physical fatigue: a magnetoencephalography study. *Brain Research*, v. 1542, p. 49-55, 2014.
84. TAYLOR, H. L.; BUSKIRK, E.; HENSCHER, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *Journal of Applied Physiology*, v. 8, n. 1, p. 73-80, 1955.
85. THOMAS, K., GOODAL, W., STONE, M., HOWATSON, G., ST CLAIR GLIBSON, A., ANSLEY, L. Central and peripheral fatigue in male cyclists after 4, 20, and 40-km time trials. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 47, n.3, p. 537-546, 2015.
86. ULMER, H. V. Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. *Experientia*, v. 52, n. 5, p. 416-420, 1996.
87. VAN DER LINDER, D., FRESE, M., MEIJMAN, T.F. Mental fatigue and the control of cognitive processes: effects on perseveration and planning. *Acta Psychologica*, v. 113, p. 45-65, 2003.
88. VAN DER LINDEN, V., ELING, P. Mental fatigue disturbs local processing more than global processing. *Psychological Research*, v. 70, p. 395-402, 2006.
89. WHITHAM, M., McKINNEY, J. Effect of carbohydrate mouthwash on running time-trial performance. *Journal of Sports Sciences*, v.25, n.12, p.1385-1392, 2007.

ANEXOS

Visual Scale Analogue (VAS)

Como está sua motivação no momento?

Como está o seu nível de fadiga no momento?

Como está o seu nível de fadiga mental no momento?

PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO

PSE

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

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. DADOS DO INDIVÍDUO

Nome completo _____

Sexo ☐ Masculino
☐ Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

CEP _____

Fone _____

e-mail _____

2. RESPONSÁVEL LEGAL

Nome completo _____

Natureza (grau de parentesco, tutor, curador, etc.) _____

Sexo ☐ Masculino
☐ Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

CEP _____

Fone _____

e-mail _____

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. Título do Projeto de Pesquisa

Efeito ergogênico do enxágue com carboidrato sobre o desempenho durante exercício predominantemente aeróbio realizado em condição de fadiga mental: um estudo duplo-cego, cruzado e controlado por placebo.

2. Pesquisador Responsável

Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi.

3. Cargo/Função

Docente

4. Avaliação do risco da pesquisa:

☐ RISCO MÍNIMO ☐ RISCO BAIXO ☒ RISCO MÉDIO ☐ RISCO MAIOR
(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

5. Duração da Pesquisa

12 meses

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, DE FORMA CLARA E SIMPLES, CONSIGNANDO:

1. Objetivos da pesquisa

O objetivo desse estudo é verificar o efeito de diferentes atividades cognitivas no tempo até exaustão em exercícios de carga constante.

2. Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais.

Você realizará sete visitas ao laboratório. Na primeira visita, será feita a avaliação antropométrica (peso, altura, percentual de gordura) e um teste máximo na bicicleta ergométrica.

2ª e 3ª sessões: Você realizará familiarização com os procedimentos (testes submáximos e atividade cognitiva).

4ª a 7ª sessões: você realizará os testes submáximos até exaustão, com utilização de enxágue bucal de carboidrato ou substância placebo.

O teste máximo será feito na bicicleta ergométrica, será feito um aquecimento, e na sequência ocorrerá incremento de carga a cada minuto, até que se atinja a exaustão.

Os testes submáximos serão realizados com intensidades relativas aos valores encontrados nos testes máximos. Sendo 55% da potência pico na bicicleta ergométrica. Os testes serão realizados até a exaustão voluntária.

Você realizará enxágue bucal com uma substância contendo placebo ou carboidrato durante os testes e fará um enxágue com essa substância durante 10s e então irá descartá-la, sem que haja ingestão.

Para análise de glicose, serão coletados 0,9 µL de sangue do seu dedo anelar. A coleta será feita com materiais descartáveis e por um avaliador experiente e qualificado para esse tipo de coleta. O avaliador utilizará luvas durante todo o procedimento.

Nas sessões de 4 a 7, você realizará uma atividade cognitiva ou assistirá a um documentário. Ambas as atividades terão duração de 30 minutos. A atividade cognitiva é um teste denominado Stroop incongruente, que será realizado em um computador, onde será

apresentada nome de cores com letras coloridas e você deverá determinar qual a cor da letra e não o significado da palavra.

Todos os testes serão acompanhados por, no mínimo, dois pesquisadores e um médico com experiência prévia nos procedimentos realizados.

Desconfortos e riscos esperados.

Em vista dos procedimentos aplicados, provavelmente existem poucos desconfortos. Um deles poderá ser o jejum prolongado (10h). Porém, você terá total liberdade para determinar o melhor horário para realização dos testes, de acordo com suas necessidades, o que possivelmente diminui o desconforto proporcionado. Outros possíveis riscos e desconfortos estão relacionados ao teste máximo e coleta de sangue. Dentre os possíveis desconfortos estão enjoos, náuseas e vômitos. Todavia, segundo dados do *American College of Sports Medicine*, menos de 1% da população americana apresenta desconforto extremo durante este tipo de teste. Os testes descritos acima são rotineiros em laboratórios de avaliação física, com poucos casos de desconforto excessivo por parte dos pacientes.

Benefícios que poderão ser obtidos: Entre os principais benefícios estão: obtenção de índices que são frequentemente utilizados por indivíduos que visam a manutenção da saúde ou o aprimoramento do desempenho esportivo. Além de conhecer o efeito da utilização do enxágue bucal de carboidrato sobre o desempenho físico. Estes conhecimentos tornam-se úteis para uma melhor orientação e prescrição de treinamento. Ao final dos testes e das análises, você terá acesso a todos os seus dados. Com os testes realizados, serão fornecidos valores VO_{2max} , limiares metabólicos, frequência cardíaca máxima, composição corporal e tempo até exaustão nas diferentes condições.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

1. Você terá acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas:

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo e apenas serão divulgados em publicações científicas, não sendo mencionados dados pessoais. Caso deseje, você poderá pessoalmente tomar conhecimento dos resultados ao final das etapas do estudo, e/ou eventuais esclarecimentos sobre todos os procedimentos em qualquer fase do trabalho.

2. Liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência:

Há a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação. A desistência não causará nenhum prejuízo à saúde ou bem-estar físico, e ficamos à disposição para eventuais dúvidas, mesmo após o término do estudo ou da sua retirada dele.

3. Salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade:

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo e apenas serão divulgados em publicações científicas, não sendo mencionados dados pessoais. Caso deseje, você poderá pessoalmente tomar conhecimento dos resultados ao final das etapas do estudo, e/ou eventuais esclarecimentos sobre todos os procedimentos em qualquer fase do trabalho.

4. Disponibilidade de assistência no HU ou HCFMUSP, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa:

Qualquer possível desconforto provocado pelos procedimentos desta pesquisa será prontamente atendido no próprio local, e/ou em casos mais cuidadosos, terá assistência médica no Hospital Universitário (HU) ou na Faculdade de Medicina da USP – Hospital das Clínicas (HCFMUSP), sem qualquer ônus.

V - INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi. Endereço: Av. Prof. Melo de Moraes, 65 – Cidade Universitária – São Paulo, SP. CEP: 05508-030. Fone: 3091-2304.

Felipe Hardt. . Endereço: Av. Prof. Melo de Moraes, 65 – Cidade Universitária – São Paulo, SP. CEP: 05508-030. Fone: 3091-8793.

Renata Gonçalves Silva. Endereço: Rua Piloto, 475, Embu das Artes, SP. CEP: 06810-060. Fone: 4778-3195.

Comitê de Ética e Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte – USP
Av. Prof. Melo de Moraes, 65 – Cidade Universitária – São Paulo, SP. CEP: 05508-030.
Fone: 3091-3097
e-mail: cep39@usp.br

VI - OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

-

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, ____/____/____

assinatura do sujeito da pesquisa
ou responsável legal

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)