**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE**

ROGÉRIO CARVALHO DA SILVA

Impacto de 4 semanas de treinamento intervalado de alta intensidade sobre variáveis fisiológicas determinantes da aptidão aeróbia e a estratégia de corrida adotada durante um teste contra-relógio de 5 km

**SÃO PAULO
2013**

ROGÉRIO CARVALHO DA SILVA

Impacto de 4 semanas de treinamento intervalado de alta intensidade sobre variáveis fisiológicas determinantes da aptidão aeróbia e a estratégia de corrida adotada durante um teste contra-relógio de 5 km

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Área de Concentração:
Estudos do Esporte

Orientador: Prof.^o Dr. Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi

**SÃO PAULO
2013**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação
Universidade de São Paulo. Sistema Integrado de Bibliotecas da USP
Escola de Educação Física e Esportes da Universidade de São Paulo

Silva, Rogério Carvalho da
Impacto de 4 semanas de treinamento intervalado de alta intensidade sobre variáveis fisiológicas determinantes da aptidão aeróbia e a estratégia de corrida adotada durante um teste contra-relógio de 5 km / Rogério Carvalho da Silva.

– São Paulo : [s.n.], 2013.
97p.

Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.
Orientador: Prof. Dr. Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi.

1. Metabolismo 2. Testes em Educação Física e Esportes
3. Treinamento Físico 4. Fisiologia do Exercício I. Título.

Nome: Da Silva, Rogério Carvalho

Título: Impacto de 4 semanas de treinamento intervalado de alta intensidade sobre variáveis fisiológicas associadas à aptidão aeróbia e a estratégia de corrida adotada durante um teste contra-relógio de 5 km.

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais Amadeu e Dulciley, à minha irmã Elisandra, aos meus sobrinhos João Vitor e Davi, e à minha tia Sibelis. São estas pessoas que fazem a diferença na minha vida e que realmente me amam e querem sempre o meu bem, incondicionalmente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que tiveram sua parcela de contribuição para que este trabalho pudesse ter sido concebido, desenvolvido e concluído.

Agradeço imensamente ao meu grande amigo, incentivador, mentor e ex-professor Rodrigo Villar. Foi ele quem começou essa jornada lado-a-lado comigo, me apresentando esse fabuloso mundo da pesquisa científica, me informando e me dando subsídios para que eu continuasse alçando vôos cada vez mais altos.

Agradeço a todos os professores da EFFE-USP que conheci e tive contato ao longo de todo o processo.

Agradeço aos amigos que fiz na EFFE-USP, bem como a todos os funcionários que convivi desde a primeira vez em que coloquei os meus pés na escola.

Agradeço aos grandes amigos do LaDESP e do GEDAE, bem como aos amigos dos outros laboratórios e grupos de estudo que contribuíram com infraestrutura, conhecimento, tempo, cooperação e prestatividade.

Agradeço ao meu orientador, Rômulo Bertuzzi, que assim como um pai, soube quando bater e também quando assoprar. Deu as ferramentas e ensinou usar, deu o norte e ensinou caminhar. Isso é aprendizagem, isso é troca, isso é crescimento.

Agradeço aos meus pais, família e amigos que tiveram paciência comigo diante das inúmeras crises que vivenciei, dos momentos de estresse que passei, dos dias e noites em que chorei, pois na hora certa, suas palavras, conselhos, abraços, beijos e simples silêncio me fizeram refletir e não sucumbir.

E não poderia deixar de expressar minha imensa gratidão a Deus que, estrategicamente, me proporcionou situações, me apresentou pessoas, iluminou minha mente, e me deu paciência e sabedoria necessárias para conclusão de mais esse desafio ao qual me submeti.

Nem tanto a teoria nem tanto a prática...
Nem tanto a ciência nem tanto o
empirismo... Mas o bom senso.

R.B.C.S.

RESUMO

DA SILVA, R.C. **Impacto de 4 semanas de treinamento intervalado de alta intensidade sobre variáveis fisiológicas determinantes da aptidão aeróbia e a estratégia de corrida adotada durante um teste contra-relógio de 5 km.** 2013. Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física e Esportes da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Estratégia de corrida é forma pela qual os corredores distribuem a velocidade durante uma competição. Objetivando otimizar a utilização dos recursos energéticos, bem como melhorar o desempenho geral na prova, durante uma corrida de 5 km os atletas comumente adotam uma estratégia caracterizada por um início em alta velocidade, seguido por um trecho intermediário em velocidade inferior, e finalmente os atletas aumentam a velocidade quando se aproximam dos 400 m finais da prova. Sabe-se que o treinamento intervalado de alta intensidade (TIAI) realizado ao longo de 3 a 6 semanas é capaz de promover melhoras significativas nas variáveis fisiológicas determinantes do desempenho aeróbio, tais como $VO_2\text{max}$, EC, VP, e OBLA. Uma vez que os atletas monitoram a PSE baseado em sinais internos (fisiológicos) e externos (ambiente), e desta forma alteram a velocidade para evitarem o término prematuro do exercício, acredita-se que melhoras em tais variáveis fisiológicas possam permitir que os corredores modifiquem a estratégia de corrida. Portanto, o principal objetivo do presente estudo foi analisar a influência de quatro semanas de TIAI sobre a PSE e também sobre a estratégia de corrida adotada por corredores durante um teste contra-relógio de 5 km (T5). Vinte sujeitos, homens, corredores recreacionais de longa distância foram distribuídos de forma contrabalançada em grupo controle (CON, $n = 10$; $33,5 \pm 6,2$ anos) e grupo treinamento intervalado (TINT, $n = 10$; $32,9 \pm 8,6$ anos). TINT realizou uma sessão de TIAI duas vezes por semana, enquanto que CON manteve seu programa regular de treinamento. Antes e após o período de intervenção, os corredores realizaram: 1) um teste incremental até exaustão para se obter o início do acúmulo de lactato sanguíneo (OBLA), o consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{max}$), e a velocidade pico em esteira (VP); 2) um teste submáximo de carga constante para se medir a economia de corrida (EC); 3) e um teste contra-relógio de 5 km (T5) em pista para se estabelecer a estratégia de corrida. O programa de TIAI produziu uma melhora relevante no $VO_2\text{max}$ (effect size = 0,219), OBLA (effect size = 0,489), EC (effect

size = -0,593), e VP (effect size = 0,622). Não foram detectadas alterações significativas na estratégia de corrida, T_{T5} , V_{T5} e PSE_{T5} durante o T5, comparando ambas as condições (pré e pós-treinamento) ou entre os grupos (TINT e CON; $P > 0,05$). Esses achados sugerem que melhoras nas variáveis fisiológicas induzidas por um programa de quatro semanas de TIAI não são acompanhadas por alterações similares na PSE e na estratégia de corrida durante um teste contra-relógio de 5 km.

PALAVRAS-CHAVE: percepção subjetiva do esforço; teleanticipação; consumo máximo de oxigênio; economia de corrida; velocidade pico em esteira; início do acúmulo de lactato sanguíneo.

ABSTRACT

DA SILVA, R.C. **Impact of 4-weeks high intensity interval training program over physiological variables determinants of endurance performance and over pacing strategy adopted during a 5-km time-trial test.** 2013. Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física e Esportes da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Pacing strategy has been defined as the manner by which the runners distribute their speed during a competition. In order to optimize the use of the energetic resources, as well as improve the general race performance, during a 5-km running race, athletes usually adopt a pacing strategy characterized by a fast start (400 m), followed by a period of slower speed during the middle (400 – 4600 m), and a significant increase in running speed during the last part of the race (400 m). It is well recognized that high-intensity interval training (HIIT) performed along 3 to 6 weeks is able to promote significant improvements in physiological variables determinants of endurance performance, such as VO_2max , RE, PTS, and OBLA. Since athletes monitor their RPE based on the internal (physiological) and external (environment) signals, and change their running speed in order to prevent a premature exercise termination, it's believed that improvements in such physiological variables could enable athletes to modify the pacing strategy. Thus, the main purpose of this study was to analyze the influence of 4 weeks of high-intensity interval training (HIIT) on the rating of perceived exertion (RPE) and the pacing strategy adopted by runners during a 5-km running time-trial (T5). Twenty male, recreational long-distance runners were randomly assigned into control group (CG, $n = 10$) or high-intensity interval-training group (HIITG, $n = 10$). The HIITG performed a high-intensity interval-training session twice per week, while CG maintained its regular training program. Before and after the training period, the runners performed the following tests: 1) an incremental exercise test to exhaustion to measure the onset of blood lactate accumulation (OBLA), maximal oxygen uptake (VO_2max), and peak treadmill speed (PTS); 2) a submaximal speed-constant test to measure the running economy (RE); 3) a 5-km running time-trial on an outdoor track to establish pacing strategy. HIIT program produced a relevant improvement on the VO_2max (effect size = 0.219), OBLA (effect size = 0.489), RE (effect size = -0.593), and PTS (effect size = 0.622).

There were no significant differences on pacing strategy, T_{T5} , S_{T5} and RPE response during the 5-km running time-trial between both conditions (pre- and post-training) or between groups (HIITG and CG; $P > 0.05$). These findings suggest that improvements on the physiological variables induced by a 4-week HIIT program are not accompanied by similar modifications on the RPE and running pacing strategy during a 5-km running time-trial.

KEY-WORDS: rating of perceived exertion; teleoanticipation; maximal oxygen uptake; running economy; peak treadmill speed; onset of blood lactate accumulation

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1 – Efeito de 4 semanas de TIAI sobre as variáveis fisiológicas associadas ao desempenho aeróbio e mensuradas durante os testes TPE e EC, antes e após o período de treinamento40

FIGURA 2 – Estratégia de corrida adotada durante o teste contra-relógio de 5 km nos períodos pré e pós-treinamento.....41

FIGURA 3 – Efeito de 4 semanas de TIAI sobre as variáveis de desempenho mensuradas durante o teste contra-relógio de 5 km nos períodos pré e pós treinamento42

FIGURA 4 – Resposta da percepção subjetiva de esforço (PSE) durante o teste contra-relógio de 5 km.....42

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1 – Correlação entre variáveis fisiológicas e velocidade por trecho durante corrida de 10 km.....	13
TABELA 2 – Estudos que aplicaram TIAI e as respectivas repostas relacionadas às variáveis fisiológicas associadas à aptidão aeróbia e ao desempenho esportivo.....	28
TABELA 3 – Médias e desvios padrão das variáveis antropométricas dos corredores do grupo treinamento intervalado de alta intensidade (TINT) e controle (CON).....	38
TABELA 4 – Exemplo de programa de treinamento semanal de TINT antes e durante o período experimental.....	39
TABELA 5 – Desempenho, frequência cardíaca, e percepção subjetiva de esforço durante o teste de 5 km contra-relógio, nas condições pré e pós-treinamento.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS

[La] = concentração sanguínea de lactato

[La]_{final} = concentração sanguínea final de lactato

[La]_{inicial} = concentração sanguínea inicial de lactato

[ΔLa] = diferença entre [La]_{final} e [La]_{inicial}

ΔPSE = delta da PSE (diferença entre PSE_{pós} e PSE_{pré})

ATP = adenosina trifosfato

BD = baixo desempenho

CHO = carboidrato

CON = grupo controle

CP = creatina fosfato

CS = citrato sintase

DP = desvio padrão

PSE = percepção subjetiva do esforço

EC = economia de corrida

EC₁₂ = economia de corrida medida a 12km.h⁻¹

ES = tamanho do efeito

FC = frequência cardíaca

FC_{max} = frequência cardíaca máxima

FC_{T5} = frequência cardíaca média durante o T5

FiO₂ = fração inspirada de oxigênio

HK = hexoquinase

iEMG = eletromiografia integrada

LAn = limiar anaeróbio

LL = limiar de lactato

LL2 = segundo limiar de lactato

L_{vent} = limiar ventilatório

MD = melhor desempenho

MLSS = máximo estado estável do lactato sanguíneo

OBLA = início do acúmulo de lactato sanguíneo

$\dot{V}O_2$ = consumo de oxigênio

O₂ = oxigênio

$\dot{V}O_{2max}$ = consumo máximo de oxigênio

$\dot{V}O_{2\text{pico}}$ = pico do consumo de oxigênio

PFK = fosfofrutoquinase

PSE = percepção subjetiva de esforço

PSE_{T5} = média da percepção subjetiva de esforço durante o T5

Pi = piruvato

RER = razão de troca respiratória

S1 = sessão 1

S2 = sessão 2

S3 = sessão 3

T5 = teste contra-relógio de 5 km de corrida

TIAI = treinamento intervalado de alta intensidade

TINT = grupo treinamento intervalado

TLim = tempo limite

$TLimv\dot{V}O_{2\text{max}}$ = tempo limite na menor velocidade relacionada ao consumo máximo de oxigênio

TPE = teste progressivo até exaustão

T_{T5} = tempo total do T5

UM = unidade motora

V_{T5} = velocidade média durante o T5

V_E = ventilação minuto

$v\dot{V}O_{2\text{max}}$ = menor velocidade relacionada ao consumo máximo de oxigênio

vOBLA = velocidade relacionada ao início do acúmulo de lactato sanguíneo

VolTot = volume total de treino (semanal)

VP = velocidade pico

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3 REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1 Pacing.....	3
3.2 Tipos de Pacing.....	5
3.2.1 Pacing Negativo.....	5
3.2.2 Pacing All-out.....	6
3.2.3 Pacing Positivo	7
3.2.4 Pacing Constante.....	8
3.2.5 Pacing Parabólico.....	9
3.2.6 Pacing Variável	11
3.3 Variáveis Fisiológicas Determinantes do Pacing.....	12
3.4 Treinamento Intervalado de Alta Intensidade.....	18
3.4.1 Componentes do Treinamento Intervalado.....	21
3.4.2 Adaptações Agudas ao Treinamento Intervalado.....	24
3.4.3 Adaptações Crônicas ao Treinamento Intervalado.....	27
4 METODOLOGIA	33
4.1 Amostra.....	33
4.2 Desenho Experimental.....	34
4.3 Avaliação Antropométrica e Composição Corporal.....	34
4.4 Teste de corrida de 5 km contra-relógio.....	35

4.5	Teste Progressivo até Exaustão em Esteira Rolante.....	35
4.6	Economia de Corrida.....	36
4.7	Teste de Tempo Limite na Velocidade do VO ₂ max.....	36
4.8	Protocolo de Treinamento Intervalado de Alta Intensidade.....	36
4.9	Análise Estatística.....	37
5	RESULTADOS.....	37
5.1	Variáveis antropométricas.....	37
5.2	Volume de treinamento.....	38
5.3	Variáveis fisiológicas.....	39
5.4	Teste Contra-Relógio de 5 km.....	40
6	DISCUSSÃO.....	43
7	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS.....	47
	ANEXOS	74
	ANEXO I	74
	ANEXO II	77

1 INTRODUÇÃO

Estratégia de corrida (ou *pacing*) é a forma pela qual corredores distribuem a velocidade durante uma competição (ABBIS & LAURSEN et al, 2008; JONES et al, 2008). Durante uma corrida de cinco quilômetros, os atletas normalmente adotam uma estratégia caracterizada por uma largada mais veloz (*fast-start*) de aproximadamente 400 metros, em seguida diminuem a velocidade nos trechos intermediários (400 a 4600 metros), e novamente aceleram na última parte (400 metros finais) da prova, realizando um *sprint-final* (TUCKER et al, 2006). Tem sido demonstrado que tais variações na velocidade de corrida tem por objetivo otimizar a utilização dos recursos energéticos (BILLAT et al, 2006) e maximizar o desempenho (FOSTER et al, 1993, 1994, 2005). Considerando o aumento linear da percepção subjetiva de esforço (PSE) durante competições ou testes contra-relógio, alguns autores têm sugerido que esse padrão trifásico (também conhecido por formato “U” ou parabólico) do *pacing* possa ser reflexo da atuação de um sistema central de controle (FAULKNER et al, 2008; TUCKER et al, 2006). Acredita-se então que os atletas monitoram a PSE em resposta a sinais internos (fisiológicos) e externos (ambientais), e desta forma variam a velocidade para se prevenirem da instalação da fadiga aguda antes de atingirem o final da prova (ULMER, 1996).

Estudos prévios têm encontrado uma forte relação entre variáveis fisiológicas e a estratégia de corrida utilizada em eventos de longa duração (BERTUZZI et al, 2014; LIMA-SILVA et al, 2010; ZAMPARO et al, 2001). Lima-Silva et al (2010) verificaram que os corredores com melhor economia de corrida (EC), velocidade pico (VP), além de velocidades mais altas correspondentes ao ponto de início de acúmulo de lactato sanguíneo (vOBLA) apresentaram uma estratégia parabólica mais acentuada e mais agressiva quando comparados aos seus oponentes. Neste sentido, é interessante notar que atletas de alto nível percorrem os primeiros 1200 metros de uma prova de 10 quilômetros em velocidades mais altas que a velocidade média da prova e também superiores à VP. Já os atletas com menor nível de desempenho iniciam a prova utilizando uma estratégia menos agressiva, largando em velocidades um pouco abaixo da vOBLA (Lima-Silva et al. 2010). Adicionalmente, a EC mensurada a 12 km.h^{-1} também demonstrou estar associada com inícios de prova mais velozes (LIMA-SILVA et al, 2010). Coletivamente, esses achados sugerem que os atletas com melhores valores para VP, OBLA, e EC podem

obter melhores desempenhos, principalmente se melhorarem a velocidade durante a primeira parte da competição. De acordo com a teoria que sugere que a intensidade do exercício é regulada pelo sistema nervoso central (SNC), melhoras significativas nessas variáveis fisiológicas podem permitir que os atletas iniciem a corrida em velocidades mais elevadas, evitando alterações críticas na homeostase dos sistemas, o que poderia levar à fadiga prematura.

Já está postulado que o treinamento físico promove inúmeras alterações às funções metabólicas em diversos sistemas fisiológicos (JONES & CARTER, 2000; DE FEO et al, 2003). Em particular, o treinamento intervalado de alta intensidade (TIAI) realizado ao longo de três a seis semanas é capaz promover melhoras significativas na EC, VP, e OBLA (BILLAT et al, 1999; BILLAT, 2001a; SMITH et al, 1999; 2003; DENADAI et al, 2006; BURGOMASTER et al, 2008). Por exemplo, Smith et al, (1999) aplicaram um programa de quatro semanas de TIAI em uma amostra composta por corredores bem treinados e observaram aumentos significativos na VP. Adicionalmente, Smith et al, (2003) encontraram melhoras significativas no VO_2max e na EC em um grupo também formado por corredores fundistas bem treinados, após uma intervenção de quatro semanas de TIAI. Baseado nesses resultados é atraente suspeitar que a aplicação de um programa de TIAI poderia melhorar as variáveis fisiológicas relacionadas ao desempenho aeróbio, resultando assim em mudanças na estratégia de corrida. Por ser a estratégia de corrida um tópico atrativo e atual, até o presente momento é de nosso conhecimento que nenhum outro estudo investigou os efeitos de um programa de TIAI sobre a deliberada estratégia de corrida adotada durante uma prova de cinco quilômetros.

Portanto, o principal objetivo do presente estudo foi analisar a influência de um programa de quatro semanas de TIAI sobre a estratégia de corrida adotada durante um teste contra-relógio de 5 km. Nossa hipótese era que tal intervenção fosse capaz de promover melhoras nas variáveis fisiológicas associadas à estratégia de corrida (EC, VP, e OBLA), resultando assim numa estratégia parabólica mais agressiva e em formato “U”.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o impacto de um programa de treinamento intervalado de alta intensidade sobre variáveis fisiológicas associadas à aptidão aeróbia e, conseqüentemente, sobre a estratégia de corrida adotada durante um teste contra-relógio de 5 km.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Serão objetivos específicos desse projeto de pesquisa:

- a) Verificar a influência de 4 semanas de TIAI sobre o VO_2max ;
- b) Verificar a influência de 4 semanas de TIAI sobre a VP;
- c) Verificar a influência de 4 semanas de TIAI sobre a EC;
- d) Verificar a influência de 4 semanas de TIAI sobre o OBLA.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PACING

Pacing é a forma pela qual o atleta distribui velocidade ou reservas energéticas ao longo de uma prova objetivando maximizar o desempenho (FOSTER et al., 1993, 1994, 2005), e que sofre influência de diversos fatores relacionados à instalação da fadiga aguda central e periférica (ROELANDS et al., 2013). Pode também ser descrito como a utilização apropriada dos recursos energéticos antes do ponto final de uma competição, de forma que os estoques de energia não sejam substancialmente reduzidos antes do atleta atingir a linha de chegada, o que poderia acarretar numa significativa diminuição de ritmo, bem como da produção de potência/velocidade (FOSTER et al., 2003; DE-KONING et al., 1999; HETTINGA et al., 2007).

Tais variações na produção de potência/velocidade frequentemente são evidenciadas em esportes cíclicos (ST CLAIR GIBSON et al., 2001), como natação, corrida, remo, ciclismo e patinação de velocidade (FOSTER et al., 1994; ABBISS & LAURSEN, 2008; AMANN et al., 2006, 2007; TUCKER & NOAKES, 2009; TUCKER, 2009), e são adotadas pelo atleta para vencer os oponentes e chegar ao final da prova no menor tempo possível (FOSTER et al., 1993; PADILLA et al., 2000).

Segundo Tucker e Noakes (2009), o *pacing* é organizado antecipadamente pelo sistema nervoso central (governador central), visando otimizar o desempenho e também prevenir perda da homeostase dos sistemas fisiológicos durante a competição (TUCKER & NOAKES, 2009; TUCKER, 2009). Sendo assim, tem sido sugerido que a ativação muscular e, conseqüentemente, a intensidade do exercício são reguladas a partir das respostas sensoriais intrínsecas (fisiológicos, biomecânicos e cognitivos) e extrínsecas (ambientais, distância da prova) a fim de preservar a homeostase fisiológica (ST CLAIR GIBSON et al., 2006; NOAKES et al., 2001, 2005). Segundo Noakes et al. (2001) o conhecimento do ponto final da prova ou da duração da mesma é fundamental para que o atleta possa ajustar a intensidade, assegurando um ótimo desempenho na prova (ST CLAIR GIBSON et al., 2006; LAMBERT et al., 2005; ST CLAIR GIBSON & NOAKES, 2004). Foster et al. (2004) ainda argumentam que o aumento da acidose justifica a necessidade do atleta em regular o *pacing* durante a competição.

Sabe-se também que as respostas fisiológicas ao exercício estão envolvidas na regulação do *pacing* (DE-KONING et al., 2011). St Clair Gibson et al. (2006) sugeriram que existe comunicação entre o SNC e os sistemas fisiológicos periféricos no que diz respeito à regulação do *pacing*. Em competições de ultra-endurance, observou-se significativa diminuição da FC e da produção de potência ao longo das provas, possivelmente devido à elevada depleção do glicogênio (RAUCH et al., 2005; COYLE & COGGAN, 1984), fadiga neuromuscular (ABBISS & LAURSEN, 2005; LAURSEN & RHODES, 2001; LEPERS et al. 2002; HAUSSWIRTH et al., 1997), além de fatores psicológicos associados à fadiga (ABBISS & LAURSEN, 2005; NEUMAYR et al., 2004; ST CLAIR GIBSON et al., 2003).

Há ainda pesquisadores que preconizam a importância de competir frequentemente e treinar estratégias de *pacing* durante as sessões de treinamento (SEALEY et al., 2010; THOMAS et al., 2012). Os mesmos afirmam que, desta forma, o atleta se torna mais experiente, consegue escolher o *pacing* mais adequado e adotar uma estratégia mais agressiva visando o desempenho ótimo (FOSTER et al. 2009; SEALEY et al., 2010; THOMAS et al., 2012). Isso permite deduzir que a distribuição da velocidade ao longo da competição também é uma habilidade que se pode treinar e aprender (FOSTER et al., 1994; SEALEY et al., 2010; THOMAS et al., 2012), somada aos fatores fisiológicos que também interferem no desempenho.

3.2 TIPOS DE PACING

Estudos prévios têm reportado vários tipos de *pacing* (ABBISS & LAURSEN 2006). Desde eventos de curta duração (VAN INGEN et al. 1992; WILBERG & PRATT, 1988; TIBSHIRANI, 1997) até eventos de média e longa duração (a partir de 2 minutos) (FOSTER et al. 2004 e ABBISS & LAURSEN, 2008), tem-se verificado seis tipos de *pacing* distintos: negativo, all-out, positivo, parabólico, constante e variável.

3.2.1 PACING NEGATIVO

O *pacing* negativo é caracterizado por um aumento constante da velocidade ao longo de toda a prova, chegando a atingir ao final uma velocidade média maior quando comparada à de início (ABBISS & LAURSEN, 2008). Esse tipo de *pacing* é comum em eventos esportivos de média duração, e tem a vantagem de otimizar o desempenho pelo fato de reduzir a depleção de glicogênio muscular (CHO) (ABBISS & LAURSEN, 2005), evitar (ou minimizar) um elevado consumo de O₂ (SANDALS et al., 2006), bem como o acúmulo precoce de metabólitos (ABBISS & LAURSEN, 2005; MATTERN et al., 2001; ROBINSON et al., 1958). Realmente, Mattern et al. (2001) demonstraram que, ao adotarem um *pacing* negativo, os ciclistas apresentaram baixas taxas de concentração de lactato sanguíneo [La] durante os nove minutos iniciais de uma prova de 20km contra-relógio, além de ganhos significativos no desempenho. Adicionalmente, o fato do atleta ser orientado a iniciar a prova em velocidade (ou potência) substancialmente mais baixa (cerca de 15% abaixo quando comparada à uma estratégia livre) resulta em consideráveis melhoras para o desempenho geral (MATTERN et al., 2001). Desta forma, tendo em vista a realidade do treinamento (meios e métodos mais utilizados, relação volume-intensidade semanal), bem como o nível de condicionamento físico dos corredores recreacionais, é atraente sugerir que o modelo de *pacing* negativo possa ser uma estratégia eficiente a ser treinada e adotada nas corridas de rua mais tradicionais, como por exemplo, 5000 e 10000 m.

3.2.2 PACING ALL-OUT

Quando o atleta passa 50% a 60% do tempo da prova em aceleração, como é o caso dos 100 m rasos no atletismo (TIBSHIRANI, 1997), a estratégia necessária para se atingir o desempenho ótimo é significativamente influenciada por esse gasto inicial com a aceleração (VAN INGEN et al. 1992). Desta forma, quando o atleta atinge a velocidade máxima, esta tende a decrescer gradualmente (WILBERG & PRATT, 1988) até o final da prova, caracterizando assim o *pacing* do tipo *all-out*.

A estratégia do tipo *all-out* tem-se mostrado mais eficaz em competições de curtíssima duração ($\leq 60''$) (ABBISS & LAURSEN, 2008). Se por um lado essa estratégia minimiza o tempo gasto pelo atleta na fase de aceleração (DE-KONING et al., 1999; VAN INGEN et al., 1992) e também acelera a cinética do VO_2 (BISHOP et al., 2002), por outro lado, as intensidades máximas tendem a exacerbar precocemente o estresse fisiológico, resultando em fadiga, diminuição de velocidade/produção de potência, e em certos casos, chega a comprometer o desempenho (DE-KONING et al., 1999, FOSTER et al., 2005).

Mesmo em alguns eventos esportivos em que o tempo de prova aproximou-se de cinco minutos (AISBETT et al., 2009), um início em velocidade máxima se mostrou mais eficaz quando comparado ao *fast-start* típico do *pacing* parabólico (ABBISS & LAURSEN, 2008; LIMA-SILVA et al., 2010). Isso ocorreu devido a essa estratégia adotada no início ter proporcionado melhores tempos finais, maiores médias de potência, e cinética do consumo de oxigênio (VO_2) 25% mais rápida quando comparada ao *fast-start*. Além disso, as diferenças em percentuais do VO_2 nos primeiros 60 segundos de prova demonstraram forte correlação com as diferenças de tempo total entre o início em *all-out* e o início em *fast-start* (AISBETT et al., 2009). Desta forma, Aisbett et al. (2009) afirmaram que iniciar uma prova de meio fundo em estratégia *all-out* pode trazer alguns benefícios tais como: reduzir o tempo de aceleração até que o atleta alcance a velocidade desejada, permitir que o atleta se posicione melhor na prova para ditar o ritmo da competição ou responder às reações dos oponentes, e principalmente, acelerar a cinética do VO_2 , aumentando assim a contribuição aeróbia e, possivelmente, preservando a capacidade anaeróbia para os estágios finais da competição, visto que o metabolismo anaeróbio é considerado finito. Porém, para que tal estratégia possa ser empregada nesse tipo de prova, a intensidade máxima deve rapidamente dar lugar a uma velocidade

submáxima sustentável, pois caso contrário, a fadiga precoce poderá se instalar (DE-KONING et al., 1999; FOSTER et al., 1993; VAN INGEN et al. 1992).

3.2.3 PACING POSITIVO

O *pacing* positivo é caracterizado por uma queda gradual da velocidade do atleta ao longo da prova, como é visto nos 100 e 200 m livres na natação (THOMPSON et al., 2000), nas provas de remo de 2.000 m (GARLAND, 2005) e nos 800 m rasos no atletismo (SANDALS et al., 2006). Tem por característica um alto VO_2 (SANDALS et al., 2006; THOMPSON et al., 2003), fadiga por elevado acúmulo de metabólitos (THOMPSON et al., 2003, 2004) e aumento da percepção subjetiva de esforço (THOMPSON et al., 2003), devido o início da prova ser realizado em velocidades mais altas quando comparadas ao meio e final.

Nos jogos olímpicos de 1988, nos 800 m rasos, todos os oito finalistas homens tinham a segunda volta mais lenta comparada à primeira volta (média de 50,32" e 55,21", respectivamente). Contudo, o vencedor teve a menor diminuição de velocidade da primeira para a segunda volta (1,3" ou 2,54%). Na prova feminina também foi reportado o mesmo comportamento de desaceleração durante a segunda volta (FOSTER et al., 1994). Isto porque eventos de curta duração requerem uma fase inicial em alta velocidade mesmo que isto venha resultar em redução da mesma ao final da prova.

Mais recentemente, Tucker et al. (2006) analisaram a distribuição da velocidade em provas de corrida (pista) desde os 800 m até os 10.000 m. Foi verificado que nos 800 m, a primeira volta era sempre mais rápida que a segunda. Isto ocorreu em 26 dos 28 recordes mundiais obtidos nessa prova, sugerindo que o desempenho ótimo para esse evento tem essa característica de distribuição de velocidade (TUCKER et al., 2006). Contrariamente ao *sprint final* observado em provas de meio fundo e fundo, nas provas curtas (duração < 2'), observa-se uma incapacidade de aumento na produção de potência ou velocidade quando próximo ao final (FOSTER et al., 1993; THOMPSON et al., 2004; BISHOP et al., 2002; FERRO et al., 2001; TUCKER et al., 2006). É notório uma redução progressiva na geração de potência, sugerindo que, em atividades de curta duração, tal evento é decorrente da falha progressiva na produção de força muscular (TAYLOR et al., 1997; NUMMELA et al., 1992) denominada de fadiga periférica (PELTONEN et al.,

1999; NOAKES, 2000; LAMBERT et al., 2005; TAYLOR et al., 1997; NUMMELA et al., 1992).

Essa falha na produção de força muscular, segundo Nummela et al. (1992), aumenta a atividade iEMG para compensar a perda de potência ou velocidade. Em virtude da alta intensidade da prova ou exercício, a captação e utilização de O₂ são prejudicadas, provocando alterações intracelulares, tais como depleção do fosfogênio (MCLESTER, 1997) e acúmulo de metabólitos (JACOBS et al., 1983; JACOBS & KAISER, 1982; KARLSSON & SALTIN, 1970; DIAMANT et al., 1968). Essa condição desencadeia aumento da [La] e da acidose metabólica muscular (NUMMELA et al., 1992; THOMPSON et al., 2004), caracterizada pela diminuição do pH intramuscular, que por sua vez, prejudica a glicólise (HERMANSEN, 1981) e os processos de contratilidade muscular (FABIATO & FABIATO, 1978).

3.2.4 PACING CONSTANTE

Em competições de duração mais prolongada, como provas de fundo (ABBISS & LAURSEN, 2008), a estratégia do início parece exercer pouca influência no resultado final da prova (FOSTER et al., 2004; FOSTER et al., 1994), visto que o atleta passa pouco tempo em fase de aceleração inicial. Nesse sentido, os atletas adotam uma velocidade com pouca variação ao longo da prova, caracterizando assim o *pacing* constante. Segundo Foster et al. (1994), o *pacing* constante mostrou-se superior em provas que excedem 2'48". De acordo com o referido estudo, a partir desse ponto, a influência do acúmulo de metabólitos decorrente do esforço físico intenso passa a prejudicar o desempenho. Em algumas provas de ciclismo, como por exemplo, na quebra do recorde da uma hora contra-relógio (PADILLA et al., 2000), os atletas que demonstram os melhores desempenhos são justamente aqueles que adotaram o *pacing* constante (WILBERG & PRATT, 1988), e conseguem sustentar velocidades médias mais altas ao longo de todo o percurso. Devido essa estratégia minimizar as variações de velocidade (acelerações e desacelerações) ao longo da prova, tende a resultar num menor gasto energético (ZAMPARO et al., 2005), e consequentemente, numa melhora de desempenho (SWAIN, 1997).

3.2.5 PACING PARABÓLICO

Pacing parabólico é caracterizado por uma velocidade inicial mais rápida (*fast-start*) seguida de uma progressiva redução até aproximadamente 90% do total da prova, e na fase final o atleta volta a acelerar (*sprint final*) chegando a atingir velocidade próxima (formato U), superior (formato J), ou inferior (formato J invertido) à do início (ABBISS & LAURSEN, 2008; TUCKER et al., 2004; GARLAND, 2005; ST CLAIR GIBSON et al. 2001; ATKINSON et al.. 2007b; JOSEPH et al.. 2008).

Remadores olímpicos podem ilustrar perfeitamente essa estratégia (GARLAND, 2005). Em competições de 2.000 m, frequentemente, os atletas completam os 500 m iniciais em velocidades elevadas e nos 1.000 m seguintes diminuem o ritmo, aumentando novamente a velocidade nos 500 m finais. O mesmo comportamento em relação ao *pacing* adotado também foi registrado em julho de 1993, porém numa competições de atletismo de 10000 m em pista. Na ocasião, Y. Ondieki do Quênia tornou-se o primeiro atleta a correr essa prova abaixo dos 27 minutos. Durante a competição, verificou-se que a velocidade nos primeiros três quilômetros, do quilômetro três ao quilômetro cinco, do quilômetro cinco até 9,6 quilômetros, e durante os últimos 400 m foi de $6,23\text{m}\cdot\text{seg}^{-1}$, $6,14\text{m}\cdot\text{seg}^{-1}$, $6,15\text{m}\cdot\text{seg}^{-1}$ e $6,56\text{m}\cdot\text{seg}^{-1}$, respectivamente (FOSTER et al., 1994). Desta forma, esses estudos sugerem que o tipo de *pacing* adotado em ambos os eventos foi o parabólico, com evidências de que, no caso do corredor queniano, foi parabólico em formato J.

Foster et al. (1993) estudaram ciclistas em 5 simulações de provas de 2000 m contra-relógio, onde os atletas foram incentivados a completarem o primeiro quilômetro de cada teste em percentuais pré-determinados, baseado em suas melhores parciais. A diferença média de tempo entre o ciclista mais lento e o mais rápido, foi de aproximadamente $7,2''$ (4,3%), que significa, por exemplo, a diferença entre o 1º e o 30º em uma prova olímpica de 1500 m de patins de velocidade, ou entre o 1º e o 11º numa prova olímpica de ciclismo de perseguição, ou então entre o 1º e o último nos 1500 m rasos em jogos olímpicos. Adicionalmente, a diferença entre uma largada em velocidade constante e uma em *fast-start* (similar ao *pacing* espontâneo em vários eventos esportivos), foi de $4,2''$ (2,5%). Em termos práticos, isso representaria vencer ou sequer ficar entre os 10 primeiros colocados em uma prova de nível internacional. Porém, em provas de longa duração, como por exemplo, os 10.000 m do atletismo, questiona-se a eficiência de iniciar a prova em

fast-start, devido o pequeno percentual de tempo que se passa na fase de aceleração, quando comparada às provas de distância ou duração menores (LIMA-SILVA et al., 2010; ATKINSON et al., 2007a).

Outra importante consideração é que significantes desequilíbrios do pH muscular podem ocorrer caso o atleta adote um *fast-start* em velocidades muito altas. Consequentemente, interferências nas contrações musculares (FABIATO & FABIATO, 1978) e/ou comprometimento da técnica devido à fadiga precoce (FOSTER et al., 1993) são passíveis de ocorrer, prejudicando assim o desempenho geral na prova. Contudo, Foster et al. (1994), defendem que os atletas pratiquem mais variações de *pacing* durante os treinamentos, e as coloquem em prática nas competições, pois se tratando de provas de meio-fundo e fundo, quanto mais rápido forem os estágios iniciais (*fast-start*), maior a possibilidade de se obter melhores resultados (LIMA-SILVA et al., 2010).

Com relação às provas de fundo, alguns pesquisadores (ROBINSON et al., 1958; THOMPSON et al., 2004) sugeriram que o *pacing* constante seria a melhor estratégia para um desempenho ótimo, argumentando que um *fast-start* poderia promover altas [La], altos níveis de VO_2 , maior percepção subjetiva de esforço, altos valores para RER, culminando assim numa redução significativa da velocidade na segunda metade da prova. Entretanto, sabe-se que os melhores desempenhos para essas distâncias são conseguidos aplicando-se altas velocidades nos estágios iniciais (LIMA-SILVA et al., 2010), mesmo que as aparentes e supracitas limitações às atividades musculares sejam desencadeadas em decorrência à elevados acúmulos de La.

Outro importante fato a se considerar é que em provas de meio fundo e fundo não são aplicadas velocidades constantes (THIEL et al., 2012). De-Koning et al. (2011) analisaram as passagens a cada 100 m durante a final olímpica dos 10.000 m, em Beijing 2008. Notou-se que significativas variações de velocidade não são retratadas se o *pacing* for aferido a cada 400 m. Tais variações, segundo os pesquisadores, são possíveis devido os métodos de treinamento (*fartlek* e intervalado) que são aplicados, permitindo assim aos atletas desenvolverem a habilidade de freqüentes quebras de ritmo. Inclusive, Billat et al. (2006) sugerem que variações de velocidade/produção de potência ao longo da prova são estratégias intencionais que podem minimizar a demanda fisiológica durante atividades

intensas, pois retardariam o acúmulo precoce de metabólitos minimizando os efeitos negativos ao desempenho ótimo.

Quanto ao *sprint final*, especula-se que esse aumento na velocidade é possível devido ao aumento no recrutamento de UM (TUCKER et al., 2004) relacionado a uma reserva no metabolismo anaeróbio (FOSTER et al., 2004). De um modo geral, a intensidade do exercício aumenta, significativamente, no final de provas de fundo e meio fundo (MARINO et al., 2000), porque durante os trechos intermediários o atleta se mantém em níveis submáximos de produção de potência ou velocidade. De fato, ao analisar o comportamento dos atletas finalistas e medalhistas nas provas de 1500 m, 5.000 m, e 10.000 m nas olimpíadas de Beijing 2008, Thiel et al. (2012) verificaram que os medalhistas foram consistentemente mais rápidos que os demais no *sprint final*, de forma que a prova foi decidida entre esses 3 atletas nos 400 m de *sprint final*.

3.2.6 PACING VARIÁVEL

Quando alternâncias de velocidade ao longo de uma prova puderem ser notadas, e tais alternâncias estiverem relacionadas tanto a fatores fisiológicos como também a fatores externos / ambientais, pode-se dizer que o *pacing* em questão é do tipo variável. Nesse caso, o atleta varia a velocidade de acordo com a duração da prova (FOSTER et al., 2004), terreno e topografia (SWAIN, 1997), temperatura (TUCKER et al., 2006; TUCKER et al., 2004), velocidade e direção do vento (DE-KONING et al., 1999; PADILLA et al., 2000), entre outras. Swain (1997) demonstrou em estudo com ciclistas que os melhores desempenhos foram alcançados por aqueles atletas que geravam maior potência nos aclives e a reduziam nos declives, quando comparados à seus pares que percorriam todo o trajeto tentando gerar uma potência média constante (22,8 vs 24,3 minutos, respectivamente). Vale ressaltar que a técnica (WILBERG & PRATT, 1988; GARLAND, 2005) do atleta é muito importante para conseguir manter esse tipo de *pacing*, principalmente em esportes que apresentam fatores externos geradores de forças de resistência, tais como natação, ciclismo, remo, corridas cross-country.

Staab et al. (1992) estudaram corredores realizando 30 minutos de corrida em esteira em ritmo “livre”, onde em determinados momentos inclinavam e declinavam a esteira por cerca de 5°. As maiores velocidades médias foram registradas no nível

plano, quando comparadas com os trechos em subidas, fossem eles no início ou final do teste. Foi observado então que os trechos em subida acarretaram aumento do VO_2 e da $[\text{La}]$, e tais índices, proporcionalmente não reduziram nos trechos em descida, sugerindo assim que a distribuição desigual da velocidade / esforço resultou na redução no pico da capacidade de desempenho associada à alta demanda fisiológica. Desta forma, esses pesquisadores concluíram que a redução da intensidade nos aclives pode não ter sido suficiente para prevenir o acúmulo de metabólitos. Portanto, há de se especular que uma diminuição de ritmo mais marcante nas subidas, juntamente com um aumento de velocidade nos trechos em declive (MILLET, 2012) poderiam ser mais eficientes em termos de resultado competitivo. (STAAB et al., 1992).

3.3 VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DETERMINANTES DO PACING

Como previamente apresentado, de acordo com a duração do evento esportivo e/ou da distância a ser percorrida, existe um *pacing* característico e mais adotado pelos atletas (ABBISS & LAURSEN, 2008; TUCKER & NOAKES, 2009). Tal estratégia visa permitir que o atleta alcance a linha de chegada no menor tempo possível, retardando e/ou minimizando a fadiga, e atingindo o desempenho ótimo (ABBISS & LAURSEN, 2008; TUCKER & NOAKES, 2009). Porém, é notório que numa mesma competição, apesar dos atletas adotarem um mesmo padrão de distribuição de velocidade, os desempenhos diferem entre si (FOSTER et al., 1994; LIMA-SILVA et al., 2010; DE-KONING et al., 2011; THIEL et al., 2012). Pode acontecer ainda de diferentes *pacing* serem adotados numa mesma prova, por diferentes atletas, independentemente de ser ou não o mais adequado para aquela situação (DE-KONING et al., 2011; THIEL et al., 2012). Tais evidências conduzem a especulações acerca de possíveis fatores que interferem nas estratégias de *pacing*.

Estudos prévios demonstraram a existência de fatores fisiológicos (ST CLAIR GIBSON et al., 2006; NOAKES et al., 2005; NOAKES et al., 2001) que influenciam na escolha do *pacing* (LIMA-SILVA et al., 2010). Para elucidar a dada relação de interdependência, LIMA-SILVA et al. (2010) analisaram o *pacing* adotado por corredores de 10 km com diferentes níveis de desempenho nessa prova. Os principais achados foram que os corredores com melhor desempenho (MD) adotam uma velocidade inicial significativamente mais alta (*fast-start*) do que a média de

velocidade de toda a prova, e acima da velocidade pico (VP). Já os corredores de baixo desempenho (BD) iniciam a prova em velocidades mais baixas e mantêm médias praticamente similares a vOBLA, enquanto que a velocidade média dos MD é significativamente mais alta que a vOBLA. Pressupõe-se então que os MD suportam maiores [La] quando comparados aos BD, uma vez que adotam um *fast-start* mais rápido e ainda possuem velocidades médias mais altas ao longo de toda a prova (LIMA-SILVA et al. 2010). Nesse estudo também foi possível verificar que a VP, o $[\Delta La_{12}]$ (diferença entre $[La]_{final}$ e $[La]_{inicial}$) e a EC estavam fortemente relacionadas com a velocidade de cada estágio da prova, conforme a seguir: 400 m iniciais, porção intermediária (9200 m) e 400 m finais (TABELA 1).

TABELA 1 – Correlação entre variáveis fisiológicas e velocidade por trecho durante corrida de 10 km

	400m iniciais	400 a 9600m	400m finais	Média 10.000m
VP (km.h ⁻¹)	0,76**	0,88**	0,73**	0,88**
LL (km.h ⁻¹)	0,46	0,65*	0,62*	0,65*
VO ₂ _12km.h ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	-0,77**	-0,93**	-0,64*	-0,92**
[La ⁻¹]net_12km.h ⁻¹ (mmol.L ⁻¹)	-0,31	-0,53*	-0,33	-0,52*

Onde VP = velocidade pico; LL = limiar de lactato; VO₂_12km.h⁻¹ = consumo de O₂ a 12km.h⁻¹; [La⁻¹]net_12km.h⁻¹ = total de lactato sanguíneo acumulado a 12km.h⁻¹.

Em provas mais curtas (entre 1 e 30 minutos) as alterações intramusculares de metabólitos e/ou da escassez de substratos energéticos (FOSTER et al., 1994; JONES et al., 2007; KARLSSON & SALTIN, 1970) limitam o desempenho. Por outro lado, em provas de média duração (20' a 120') a elevação da temperatura corporal central (e cerebral) atua negativamente na mudança do *pacing* (NIELSEN et al., 2001; NYBO & NIELSEN, 2001; CHEUNG & SLEIVERT, 2004; GONZALEZ-ALONZO et al., 1999, 2008; LAURSEN et al., 2009; DUGAS, 2010). Já em provas mais longas (> 90') a disponibilidade de CHO bem como a depleção desse substrato (COYLE et al. 1983; KARLSSON & SALTIN, 1971) exerce papel primário nas variações de *pacing* durante as competições (JONES et al., 2007; KARLSSON & SALTIN, 1970; NIELSEN et al., 2001; NYBO & NIELSEN, 2001; CHEUNG & SLEIVERT, 2004; GONZALEZ-ALONZO et al., 1999, 2008; LAURSEN et al., 2009; DUGAS, 2010; FOSTER et al. 1994).

Desta forma, quando o atleta atinge níveis críticos de desequilíbrio homeostático antes do final da prova, é notado um declínio na produção de potência/velocidade (HETTINGA et al., 2006). Geralmente, estudos revelam que o ATP muscular somente diminui moderadamente (20 a 40%) durante exercício intenso, apesar de a fosfocreatina (CP) diminuir substancialmente em aproximadamente 50 a 85% (FOSTER et al., 1994). Uma vez que o ATP é fonte imediata de energia para contração muscular, a depleção de tal substrato durante exercícios intensos interfere na produção de potência, fazendo que a mesma decaia, comprometendo assim a estratégia de distribuição da velocidade.

Adicionalmente, sugere-se que tais limitações na produção de potência podem estar relacionadas a diferentes vias dos metabolismos aeróbio e anaeróbio necessárias ao suprimento de energia para manter contrações musculares de alta intensidade (FOSTER et al., 2004; BILLAT et al., 1999; HETTINGA et al., 2006). Vale ressaltar que, em provas de meio-fundo e fundo, quando o atleta sabe a distância restante ou o tempo até o final da prova (KAY et al., 2001; TATTERSON et al., 2000; RAUCH et al., 2005), nota-se um aumento na geração de potência que pode ser resultado de um mesmo aumento no recrutamento de unidades motoras (UM) (TUCKER et al., 2004) e do uso do metabolismo anaeróbio de reserva (FOSTER et al., 2004). Inclusive, a iEMG parece acompanhar as alterações na produção de potência durante exercícios em que o tipo de *pacing* não é pré-estabelecido (ALBERTUS et al., 2005; ST CLAIR GIBSON et al., 2001), porém, não necessariamente em eventos de curta e média distância (HETTINGA et al., 2006; HUNTER et al., 2003).

Inclusive, com a diminuição do pH intramuscular associada à percepção de fadiga durante o exercício (KOSTKA & CAFARELLI 1982), é possível que o acúmulo de lactato, ou os eventos associados ao desequilíbrio acidobásico, possam ser os primeiros fatores responsáveis pela necessidade de se ajustar o ritmo/intensidade do exercício por períodos maiores que somente alguns segundos (JACOBS et al., 1983; TESCH 1980; WITHERS et al., 1991). Acredita-se que, em decorrência de respostas fisiológicas relacionadas a baixos valores de pH, os atletas façam ajustes na velocidade de forma valores críticos do pH sejam atingidos mais próximo ao final da prova (FOSTER et al., 1994). Por exemplo, considerando a geração de potência máxima por curtos períodos de tempo, estudos (BAROR 1987; CHEETHAM et al.

1986; McCARTNEY et al. 1983; WITHERS et al. 1991) verificaram uma queda de 50% na potência pico gerada após aproximadamente 40" de exercício utilizando a estratégia de *pacing* all-out, assim como ocorre em provas de 800 m rasos em que o atleta larga imprimindo altas velocidades, principalmente na primeira volta. Tal fato, supostamente, está relacionado à depleção de substratos e ao acúmulo de metabólitos (FOSTER et al., 1994; JONES et al., 2007; KARLSSON & SALTIN, 1970).

Em relação à produção de potência no ciclismo (TATTERSON et al., 2000; KAY et al., 2001) ou à velocidade na corrida (MARINO et al., 2004; MARINO et al., 2000), ambas são prejudicadas logo após o início do exercício em ambientes quentes quando comparado a condições mais frias de temperatura. Importante salientar que tais alterações ocorrem antes da temperatura interna corporal chegar a valores que comumente estão associados à limitação do desempenho (ROELANDS et al., 2013; NYBO & NIELSEN, 2001; NIELSEN et al., 1997). Em estudos de Tucker et al. (2006; 2004), ciclistas bem treinados iniciaram uma prova de 20km contra-relógio imprimindo altos valores de potência numa temperatura de 35°C. Passada a fase inicial, a potência gerada foi declinando significativamente, quando comparada ao mesmo teste realizado a 15°C (2.35 ± 0.7 vs 1.61 ± 0.8 W/min). Isso levou a sugerir que os atletas diminuíram o ritmo em consequência de fatores externos, no caso a temperatura elevada, para retardarem a fadiga, manterem a homeostase fisiológica (FOSTER et al., 2004), ao mesmo tempo em que lançavam mão da estratégia de *pacing* positivo para atingirem a linha de chegada no menor tempo possível. Tais achados permitem inferir que o *pacing* é regulado na medida em que os níveis de temperatura corporal se elevam.

Diferentes concentrações de O₂ também promovem alterações na estratégia de *pacing* (BROSNAN et al., 2000; PELTONEN et al., 1995) e nos padrões de ativação muscular. Taylor et al. (1997) descreveram que a atividade iEMG foi aumentada durante o ciclismo em intensidade submáxima sob condições de hipóxia moderada (FiO₂ 11,6%) e produção constante de potência. Comparando tal experimento com condições de normóxia, notou-se que a capacidade de geração de força muscular é prejudicada durante a hipóxia, e com isso a taxa da atividade força/eletromiografia decai progressivamente, sugerindo que o aumento no recrutamento de UM se faz necessário para manter a produção de potência.

Entretanto, o ponto relevante é que a geração de potência e a atividade iEMG podem ser aumentadas voluntariamente nos estágios finais do exercício ou competição tanto em situações de hiperóxia como em hipóxia moderada (MARINO et al., 2000; PELTONEN et al., 1997). Tal fenômeno indica que a redução na produção de potência durante as fases intermediárias não é somente consequência de possíveis falhas na contratilidade muscular, mas também parte de processos reguladores. Portanto, tais evidências proveem base para que se afirme que a regulação do recrutamento de UM é sensível ao conteúdo de O₂ inspirado (PELTONEN et al., 1997; KAYSER et al., 1994).

Hettinga et al. (2006) demonstraram que a atividade eletromiográfica integrada (iEMG) aumenta ou se mantém constante, apesar do declínio na produção de potência, ao final de provas de média distância, como é o caso do ciclismo de 4.000 m contra-relógio. Nesse estudo, os pesquisadores observaram o aumento progressivo na ativação dos músculos vasto lateral e bíceps femoral ao longo da prova, independente do *pacing* adotado (HETTINGA et al., 2006). Desta forma, especulou-se que alterações fisiológicas intrínsecas ao músculo são responsáveis pela diminuição na produção de potência e pelas subseqüentes variações de velocidade durante competições de curta ou média distância (HETTINGA et al., 2006).

Porém, do ponto de vista do modelo psicobiológico regulador do desempenho esportivo (MARCORA, 2008; MARCORA et al., 2008), qualquer fator fisiológico e/ou psicológico que interfira na percepção do esforço e/ou na motivação pode impactar no desempenho. Sendo assim, analisando os achados supracitados, é atraente sugerir que temperaturas elevadas e baixas concentrações de O₂ atuam negativamente na percepção do esforço e na motivação do atleta, fazendo com que o mesmo diminua a velocidade/produção de potência naquele dado momento da competição.

Quanto à disponibilidade e utilização de substratos energéticos, muitos estudos (RAUCH et al., 2005; BERGSTROM et al., 1967; HAVEMANN et al., 2005; BURKE et al., 2002; CAREY et al., 2001) provaram que alterações nos níveis de glicogênio pré-exercício, bem como na utilização de substratos através da manipulação de dietas podem causar alterações no *pacing*. Existem evidências de que o desempenho em estratégias livres ou em estratégias pré-estabelecidas são

sensíveis às alterações na utilização muscular de substratos energéticos (TUCKER & NOAKES, 2009). Nesse aspecto, tem sido proposto que o glicogênio exerce papel importante nesta relação (TUCKER & NOAKES, 2009). Estudos prévios (GREENHAFF et al. 1987; LANGFORT et al. 1997; LIMA-SILVA et al. 2011; MAUGHAN & POOLE, 1981; MIURA et al. 2000) demonstraram que o desempenho esportivo, principalmente em exercícios de alta intensidade, é prejudicado quando a disponibilidade do glicogênio (hepático e muscular) está reduzida. Sendo assim, especula-se que o *pacing* possa ser regulado durante provas de resistência para assegurar que baixos níveis desse substrato energético não ocorram precocemente.

Em estudo de De-Koning et al. (2011), os atletas que iniciaram uma competição adotando o *fast-start* demonstraram uma percepção subjetiva de esforço significativamente mais alta durante toda a prova e apresentaram níveis de [La] também elevados, quando comparados à seus pares que adotaram um início mais conservador. Tais eventos justificam-se devido a FC elevada (ESTEVE-LANAO et al., 2008), a acelerada e elevada depleção do glicogênio (RAUCH et al., 2005), e o aumento prematuro da temperatura corporal central (DUGAS, 2010) verificados no primeiro grupo supracitado. Portanto, pode-se afirmar que a percepção subjetiva do esforço, durante uma prova ou um teste-simulado, está relacionada à tendência do atleta mudar o *pacing*, uma vez que tal variável retrata como o mesmo se sente naquele exato momento em relação à distância restante até o final (DE-KONING et al. 2011).

Em resumo, a escolha da estratégia de prova mais apropriada parece ser dependente do tempo de duração do esporte analisado. Tem-se demonstrado que em provas de meio-fundo e fundo o tipo de *pacing* mais adotado é o parabólico. Em relação às variáveis fisiológicas determinantes do *pacing*, deve-se destacar os limiares metabólicos (LL e OBLA), a EC e a VP, pois estão relacionados à forma pela qual os atletas distribuem a velocidade ao longo da prova, determinando, sobretudo, se a distribuição da velocidade assumirá o formato U, J ou J invertido.

3.4 TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE

Treinamento físico tem sido definido como a participação sistemática em sessões de exercícios que visam melhorar o desempenho esportivo (BILLAT, 2001a). Quando esses exercícios envolvem os componentes intensidade, duração, períodos de pausa ou recuperação ativa, dentro de uma mesma sessão, é denominado treinamento intervalado (BILLAT, 2001a; LAURSEN & JENKINS, 2002). Em outras palavras, o treinamento intervalado é caracterizado por repetidas séries (curtas ou longas) de exercícios de alta intensidade, intercaladas por períodos de recuperação, que envolvem exercícios leves ou descanso passivo (BILLAT, 2001a; SEILER & HETLELID, 2005).

Largamente popularizado a partir da década de 50, sobretudo pelo corredor e campeão olímpico Emil Zatopek que realizava treinamento com variação de velocidade, o treinamento intervalado tem sido muito utilizado por corredores de meio-fundo e fundo como método de treinamento que os possibilitem aplicar velocidades próximas ou superiores àquelas atingidas durante as competições (BILLAT, 2001a).

Em uma prova de 10.000 m, por exemplo, sabe-se que a última volta é completada em menos de um minuto e com velocidade média de aproximadamente 24 km.h^{-1} (BILLAT, 2001a; DE-KONING et al., 2011; THIEL et al., 2012). Isso significa que o atleta está se exercitando, naquele momento, em uma intensidade acima da vVO_2max (BILLAT, 2001a). Sendo assim, passou-se a sugerir que as variáveis fisiológicas VO_2max , $\text{VO}_{2\text{pico}}$ e vVO_2max pudessem ser utilizadas na elaboração de um programa de treinamento intervalado de alta intensidade (TIAI) para corredores de meio-fundo e fundo (BILLAT, 1999, 2001a; LAURSEN & JENKINS, 2002; SMITH et al., 2003; DENADAI et al., 2006).

O TIAI pode ser subdividido em treinamento intervalado anaeróbio e treinamento intervalado aeróbio (BILLAT, 2001a, b; LAURSEN & JENKINS, 2002). O primeiro caracteriza-se por ativar altas taxas do metabolismo anaeróbio, com intensidade variando entre 130 a 160% do VO_2max , com duração entre 10 a 15 segundos de estímulo, e intervalos de 15 a 40 segundos, onde o atleta deve tentar realizar o maior número de repetições possíveis durante a sessão (BILLAT, 2001b). Existe também aquele em que a sessão de treino se caracteriza por intensidade de trabalho fixa, máximas repetições possíveis, e diferentes pausas variando entre 30

segundos a 5 minutos. Nesse caso, é comumente chamado de treinamento de *sprints* sucessivos, e visa aumentar a velocidade máxima por 6 a 10 segundos, e o foco é estimular a máxima potência dinâmica e as alterações metabólicas a nível muscular / periférico (BILLAT, 2001b).

O TIAI aeróbio é aquele em que há predominância do metabolismo aeróbio quando comparado ao modelo anteriormente descrito (BILLAT, 2001a). É o mais utilizado por corredores de longa distância, podendo ser classificado em TIAI de curta, média, ou longa duração (BILLAT, 2001a).

O TIAI de curta duração caracteriza-se por estímulos de até um minuto, e com intensidade situada entre 100 a 112% do VO_2max (BILLAT, 2001a). Também chamado de treinamento intervalado aeróbio de curta duração, previne a depleção do glicogênio muscular (ESSEN, 1978) utilizando mais lipídios como substrato energético (ESSEN et al., 1977), quando comparado a exercícios contínuos realizados na mesma velocidade (BILLAT, 2001a). Em relação às adaptações periféricas, 60 minutos de TIAI promove maior ativação dos três tipos de fibra muscular (tipo I, IIa e IIb), se comparado ao treinamento contínuo de mesmo volume total, mesma intensidade, e até a exaustão, onde as fibras do tipo II (“a” e “b”) são predominantemente mais ativadas e depletadas (BILLAT, 2001a). Devido a um marcante aumento da densidade mitocondrial (BROOKS et al., 1996), esse tipo de treinamento contribui para melhora do VO_2max (BILLAT, 2001a), além de uma concomitante melhora na taxa de remoção do lactato sanguíneo (BROOKS et al., 1996).

Quando a duração dos estímulos se situar entre um a oito minutos, e em intensidades variando de 90 a 100% do vVO_2max , trata-se do TIAI de média duração (BILLAT, 2001a). Uma vez que se utilizam velocidades associadas ao VO_2max e ao OBLA (ambos indicadores de desempenho aeróbio) para modelar a sessão de treino, o treinamento intervalado de média duração passa a ser mais efetivo no aumento do VO_2max , bem como na melhora do desempenho de corredores de meio-fundo e fundo (FOX et al., 1975). Contudo, devido à duração do estímulo ser consideravelmente longa e de intensidade alta, este tipo de treinamento promove alevada acidose nos atletas ao final da sessão (BILLAT, 2001a).

No TIAI de longa duração, as séries são realizadas em velocidades situadas entre o MLSS e a vVO_2max , e com duração maior que oito minutos. Também

chamado de *tempo running* e muito utilizado por corredores de longa distância altamente treinados, esse tipo de treinamento permite que os atletas atinjam o VO_2max e o mantenham por mais tempo quando comparado à séries realizadas na vVO_2max . Adicionalmente, os corredores conseguem se exercitar mais tempo acima da velocidade crítica (BILLAT, 2001a). Devido à duração do estímulo ser longa, o treinamento intervalado de longa duração pode ser visto como método de repetição, uma vez que se aproxima dos treinamentos contínuos (EVANGELISTA, 2009).

O próprio desempenho do atleta é também uma forma alternativa e muito utilizada por treinadores para se determinar a intensidade do TIAI (BILLAT 2001a). Acredita-se que a velocidade média de um corredor (de 5.000 m, por exemplo) pode ser empregada em uma sessão de treinamento composta por seis repetições de 800 m nessa velocidade (BABINEAU & LÉGER, 1997). Desta forma, torna-se possível prever o resultado, em termos de tempo, para os 5.000 m, e até tentar melhorar a média da velocidade da temporada em questão, em relação à temporada passada de competições (BABINEAU & LÉGER, 1997).

O uso da velocidade crítica calculada pela curva distância-tempo obtida através do melhor desempenho nos 3.000 m até os 10.000 m (ETTEMA, 1966) também pode ser utilizado para quantificar o TIAI (BILLAT, 2001a). Contudo, fora do período de competição, sugere-se que a melhor forma de elaboração do TIAI seja usando as velocidades associadas às respostas fisiológicas específicas, que variam desde o MLSS até a velocidade máxima absoluta. Porém, sabe-se também que, durante as competições, ocorrem variações na velocidade dos atletas, e que isto deve ser considerado no momento de elaboração do treinamento, visto que os recordes mundiais não são superados em velocidades constantes (BILLAT, 2001a, THIEL et al., 2012). Portanto, nota-se que os diferentes tipos de TIAI se diferenciam entre si com base na duração dos estímulos, na intensidade aplicada e na forma pela qual a sessão de treinamento é elaborada.

3.4.1 COMPONENTES DO TREINAMENTO INTERVALADO

Segundo Saltin et al. (1976), diversos componentes devem ser considerados na estruturação de uma sessão de TIAI. A saber:

- Intensidade: definida como a velocidade média aplicada durante o estímulo ou recuperação ativa. A intensidade também pode ser quantificada tomando como base as variáveis FC, percepção subjetiva de esforço (escala de Borg) ou percentual do VO_2max (EVANGELISTA, 2009). Em conjunto com o componente duração, descreve a magnitude do estresse fisiológico e de ativação dos sistemas metabólicos.

- Densidade: é a razão estímulo-pausa. A manipulação deste componente visa, sobretudo, enfatizar qual dos metabolismos será mais ativado, bem como quais adaptações agudas serão priorizadas durante a sessão de treinamento.

- Amplitude: é a razão da diferença entre a intensidade dos diferentes períodos (estímulo e recuperação) pela velocidade média. Em termos práticos, a amplitude descreve a variação da intensidade nos diferentes períodos de exercício em relação a velocidade média (BILLAT et al., 2000).

- Duração e/ou distâncias percorridas durante as fases de estímulo e de recuperação, descritas em metros/quilômetros, ou unidades de tempo (minutos ou segundos). A duração e a intensidade, inter-relacionadas, definem as adaptações agudas objetivadas com a sessão de treinamento, bem como a taxa de ativação dos metabolismos aeróbio e anaeróbio.

Em uma típica sessão de treinamento intervalado, a manipulação de tais componentes pode alterar as demandas metabólicas dos músculos exercitados, bem como o transporte de O_2 para os grupos musculares em atividade (LAURSEN & JENKINS, 2002). Desta forma, as adaptações subsequentes ao treinamento, a nível celular e sistêmico, tornam-se específicas do programa de treinamento empregado (LAURSEN & JENKINS, 2002).

Quanto ao tipo de recuperação, sabe-se que a do tipo ativa facilita a remoção do lactato (BELCASTRO & BONEN, 1975; HERMANSEN & STENSVOLD, 1972), uma vez que o treinamento intervalado produz elevada concentração desse metabólito devido à intensidade do treino se situar acima do limiar de lactato. Estudos prévios (RODAS et al., 2000; PARRA et al., 2000; BALSOM et al., 1992) também demonstram que as fibras musculares são levadas a fadiga e sofrem dano tecidual quando o atleta é submetido a sessões de treinamento intervalado. Este

forte indício de estresse justifica a importância do período de recuperação, e sugere que este seja suficiente para que os benefícios de tal método de treinamento possam se manifestar agudamente. Adicionalmente, sabe-se também que a recuperação do tipo ativa permite que os atletas tolerem exercícios de altíssima intensidade por longos períodos (SHEPLEY et al., 1992; BILLAT, 2001a; BILLAT et al., 2000; PRICE & HALABI, 2005).

Seiler e Hetlelid (2005) analisaram o componente recuperação em corredores bem treinados, sob os aspectos desempenho e respostas fisiológicas agudas durante a sessão de treinamento. Os atletas foram submetidos, inicialmente, a um programa de TIAI que consistia em 6 x 4 minutos, onde os atletas escolhiam livremente a maior velocidade que pudessem manter, sem obterem *feedback* acerca da mesma, e com intervalos de recuperação variando, aleatoriamente, entre um, dois e quatro minutos, durante três semanas consecutivas. O outro programa era caracterizado pelas mesmas 6 x 4 minutos, em velocidade constante, levando-se em conta a maior velocidade mantida pelos atletas nas três semanas anteriores, porém cada um escolhia, subjetivamente, o tempo necessário de recuperação, sem obter *feedback* acerca da FC durante a recuperação, tampouco o tempo que cada um achou suficiente para o início do estímulo subsequente. Seiler e Hetlelid (2005) concluíram que, para séries intervaladas de duração entre três e seis minutos, e com intensidade variando entre 90 a 100% do $\text{VO}_{2\text{max}}$, um corredor bem treinado necessita, em média, de 120 segundos para a recuperação da FC, a ressíntese parcial da CP (HARRIS et al., 1976; TAYLOR et al., 1983), a mudança na concentração plasmática de potássio (LINDINGER, 1995; MEDBØ & SEJERSTED, 1990), e recuperação intracelular das concentrações dos íons Pi e H_2PO_4 (BOSKA et al., 1990; DEGROOT et al., 1993), possibilitando assim que os estímulos sejam mantidos próximos ao $\text{VO}_{2\text{max}}$ durante toda a sessão de treinamento.

Um outro estudo também considerou o desempenho e respostas fisiológicas agudas durante uma sessão de TIAI para analisar o componente densidade (PRICE & HALABI, 2005). Oito sujeitos fisicamente ativos realizaram três diferentes tipos de treinamento intervalado, denominados como curto (6 segundos de estímulo para 9 segundos de recuperação), médio (12 segundos de estímulo para 18 segundos de recuperação) e longo (24 segundos de estímulo para 36 segundos de recuperação) (PRICE & HALABI, 2005). Esses treinamentos foram executados na intensidade de

120% do VO_2max , com recuperação ativa e densidade 1:1,5. Durante o experimento, os sujeitos realizaram, em três sessões distintas, cada um dos três tipos de treinamento intervalado, sendo que ao final da série, depois de uma breve recuperação, os mesmos tinham que voltar a correr, o máximo de tempo possível, a 150% do VO_2max , até atingirem a exaustão voluntária. Price e Halabi (2005) puderam observar que as séries intervaladas supramáximas, longas e médias, promoviam maior estresse fisiológico (*drift* cardíaco) e utilizavam maiores quantidades de CHO, quando comparadas às de curta duração. Desta forma, concluiu-se que o desempenho é comprometido pela elevada utilização de glicogênio muscular (e subsequente depleção), e pelo aumento da FC, sendo que, ambos os fenômenos são mais marcantes nas séries intervaladas de média e longa duração.

Zavorsky e colaboradores (1998) analisaram a influência do período de recuperação de diferentes sessões de treinamento intervalado sobre a EC. Para tanto, 12 atletas bem treinados realizaram dois testes de EC (a 12 e 16 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$) 10 minutos antes e 10 minutos após uma sessão de treinamento intervalado, composto por 10 x 400 m a 100% do VO_2max utilizando três diferentes intervalos de recuperação (60, 120 e 180 segundos). O experimento demonstrou que a EC, ao final da sessão de treinamento, é comprometida por qualquer um dos três tipos de intervalos de recuperação, e que um *drift* cardíaco de aproximadamente 10 bpm pode ser observado desde a primeira até a última repetição, contribuindo assim para um notável aumento do VO_2 . Contudo, Zavorsky et al.. (1998) afirmam que quanto menor a recuperação, maior o acúmulo e menor a remoção do lactato. Desta forma, sugeriram que, durante uma sessão de treinamento intervalado, a duração da recuperação deve ser suficiente para que o atleta alcance os valores mais próximos à linha de base para as variáveis fisiológicas supracitadas, permitindo assim que o desempenho se mantenha ótimo ao longo da sessão.

Vários autores têm utilizado densidades fixas do tipo 2:1, 1:1, 1:2 (BILLAT et al., 1999, SEPTO et al. 2001; SMITH et al., 1999) ou tempos de recuperação baseados em percentuais fixos da frequência cardíaca máxima (FCmax) (SIMONEAU et al., 1987, ACEVEDO & GOLDFARB, 1989). Porém, sabe-se que o intervalo de recuperação para uma sessão de treinamento intervalado realizado em intensidades próximas ao VO_2max , deve ser ótimo (ou suficiente) para que as

variáveis fisiológicas EC, FC, limiares metabólicos e pH intramuscular possam retornar o mais próximo à linha de base (SEILER & HETLELID, 2005; PRICE & HALABI, 2005; ZAVORSKY et al., 1998), permitindo que o atleta mantenha o desempenho durante toda a sessão.

Diante de tais evidências, pode-se afirmar que os componentes do treinamento intervalado são manipulados e inter-relacionados conforme o objetivo da sessão de treinamento. Em termos práticos, tais objetivos são aumentar a tolerância ao acúmulo de lactato, melhorar / acelerar a remoção desse metabólito, aumentar a velocidade média sustentada pelo atleta durante o treinamento e, posteriormente, durante a competição. Em termos fisiológicos, visa promover adaptações positivas nas variáveis preditoras do desempenho aeróbio, tais como a EC, o VO_2max , a vVO_2max e os limiares metabólicos (Lan, OBLA e MLSS). Adicionalmente, quando da elaboração de um programa de treinamento intervalado, treinadores e profissionais do esporte devem saber otimizar e personalizar as sessões de treinamento. Isto significa que é necessário saber analisar e quantificar os componentes intensidade, duração e número de repetições, tipo de intervalo de recuperação (ativo X passivo), tempo de recuperação, sempre levando em conta a fase da periodização (HAWLEY et al., 1997), o nível de treinamento do atleta (HELGERUD et al., 2007), e a resposta de cada um em relação ao dado estímulo (LAURSEN & JENKINS, 2002).

3.4.2 ADAPTAÇÕES AGUDAS AO TREINAMENTO INTERVALADO

Segundo BILLAT (2001a), o TIAI de curta duração em uma intensidade equivalente a 100% do vVO_2max e com pausas ativas, permite que o atleta permaneça por um longo período de tempo na intensidade do VO_2max . Já em séries com duração de três minutos entre 90 e 92% da vVO_2max e recuperação passiva e completa, o VO_2max é manifestado somente nas últimas repetições (BILLAT, 2001a).

Analisando a cinética *off* do VO_2 em séries intervaladas do tipo 30-30 segundos, com recuperação ativa, estímulo de 50% de um TLim de seis minutos, e intensidade próxima à vVO_2max , Edwards et al. (1973) demonstraram que o VO_2 se mantinha elevado ao longo dos 20 segundos de recuperação e não decrescia, significativamente, até 30 segundos após o final do último estímulo. Aplicando-se,

entretanto, um descanso passivo em uma série intervalada (30-30 segundos) realizada a 120% da $v\text{VO}_2\text{max}$, o VO_2 atingiu somente 70% do seu valor máximo durante os períodos de estímulo, e com uma $[\text{La}]$ de aproximadamente 14 mmol/L (FOX et al., 1977). Desta forma, diante de tais evidências, pode-se afirmar que se o objetivo da sessão de treino for promover respostas agudas associadas ao VO_2max , mantendo o atleta mais tempo nessa intensidade e acelerando a cinética do consumo do VO_2 , a recuperação ativa mostra-se mais vantajosa comparada às séries com descanso passivo.

Outro estudo demonstrou que um TIAI com repetições de 30 segundos de estímulo (a 100% da $v\text{VO}_2\text{max}$) e intervalos de mesma duração, pode promover consideráveis melhoras no VO_2max quando comparado a um treinamento contínuo a 70% da $v\text{VO}_2\text{max}$ (GOROSTIAGA et al., 1991). Por sua vez, Astrand et al. (1960) reportaram que, quando indivíduos são submetidos à séries de dois minutos de corrida na $v\text{VO}_2\text{max}$ alternadas com períodos de recuperação passiva e de mesma duração, o VO_2max se manifesta a uma intensidade similar a 95% do valor máximo para esta variável, e acompanhado de baixa $[\text{La}]$ (2,2 mmol/L).

Desta forma, em termos de adaptações agudas, se o objetivo da sessão de treinamento for induzir o atleta a atingir o VO_2max logo na primeira repetição da série, a duração dos estímulos deve ser pelo menos igual a 50% do $\text{TLimvVO}_2\text{max}$ (BILLAT et al., 1996). Contudo, deve-se saber programar a quantidade e a intensidade dos estímulos, bem como o tipo e a duração da recuperação, tentando assim evitar um acúmulo excessivo e precoce de lactato (EDWARDS et al., 1973), que pode vir a prejudicar o desempenho do atleta durante o treinamento. Vale a ressalva de que pausas do tipo ativas são mais eficientes no processo de remoção do lactato, uma vez que mantém este metabólito em níveis próximos ao MLSS, retardando a fadiga do atleta (BILLAT, 2001a).

Portanto, sabendo que o desempenho aeróbio está relacionado à velocidade de utilização e ao consumo máximo de O_2 , é possível afirmar que séries intervaladas de alta intensidade, curta duração e recuperação ativa são mais eficientes na promoção de importantes adaptações agudas ao sistema cardiorrespiratório. Adicionalmente, Astrand e colaboradores (1960) consideram este tipo de treinamento um dos mais efetivos para se promover melhoras no VO_2max , visto que todas as variáveis cardiorrespiratórias estarão sendo exigidas ao máximo.

Por outro lado, Gaesser e Poole (1996) afirmam que TIAI de longa duração e acima da velocidade crítica (MORITANI et al., 1981) pode ser mais eficiente em promover melhoras no VO_2max quando comparado ao TIAI de duração inferior. Isso porque, com a presença do componente lento da cinética do VO_2 , é possível se atingir o VO_2max e mantê-lo por longos períodos (BILLAT et al., 1999a, LUCIA et al., 2000, BILLAT et al., 1999b). Contudo, em corredores bem treinados, o componente lento da cinética do VO_2 não se manifesta em estímulos acima das velocidades crítica (82% da $v\text{VO}_2\text{max}$) e de limiar de lactato (86% da $v\text{VO}_2\text{max}$). Apesar da primeira ser uma intensidade apropriada em sessões de treinamento para indivíduos moderadamente treinados (JENKINS & QUIGLEY, 1992, 1993; DEMARIE et al., 2000), atletas de elite ou indivíduos altamente treinados, por outro lado, parecem necessitar de estímulos mais intensos para que se atinja o VO_2max (BILLAT, 2001a).

Sendo assim, pode-se sugerir que o TIAI prescrito a partir da velocidade crítica (intensidade do esforço físico situada entre o limiar de lactato e o VO_2max) é mais indicado para corredores amadores ou recreacionais com VO_2max inferior a $70 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, visto que em atletas de elite dificilmente se manifesta o componente lento da cinética do VO_2 para essa mesma intensidade (BILLAT, 2001a). Ademais, tal fenômeno é importante porque permite que o atleta recreacional atinja o VO_2max e o mantenha por longos períodos de tempo, evitando assim o acúmulo precoce do lactato sanguíneo (BILLAT, 2001a).

O treinamento intervalado aeróbio de curta duração tem demonstrado prevenir a depleção exacerbada de glicogênio, utilizando mais os lipídios como substrato energético, quando comparado a um exercício contínuo realizado na mesma velocidade (BILLAT, 2001a). Adicionalmente, nota-se uma importante depleção dos triglicérides intramusculares, quando comparado ao treinamento contínuo aeróbio de mesma intensidade (BILLAT, 2001a).

Um exercício de alta intensidade (100 a 102% do VO_2max) realizado de forma contínua (4 a 6 minutos) ou intermitentemente (a 112% do VO_2max) por 60 minutos (15 segundo de estímulo para 15 segundos de recuperação e potência média de 157W) não promove depleção nas fibras musculares de maneira similar (ESSEN, 1978). Após 60 minutos de treinamento intervalado intenso, nota-se significativa e similar ativação e depleção das fibras musculares do tipo I e II (A e B). Entretanto,

ao se analisar a resposta intramuscular a um exercício contínuo até a exaustão, a depleção do glicogênio é mais marcante nas fibras do tipo II (A e B) e em menor magnitude nas do tipo I (BILLAT, 2001a). A menor depleção do glicogênio durante o exercício intermitente pode ser explicada pelo relativo aumento da contribuição dos lipídios via metabolismo oxidativo (ESSEN et al., 1977). Adicionalmente, ao final de cada período de recuperação, nota-se um aumento nos níveis de ATP, CP e da enzima citratossintase (CS), o que poderia explicar a supressão da glicólise nas fases primárias das séries subsequentes (BILLAT, 2001a). Portanto, baseado em tais evidências, é atraente sugerir que o TIAI apresenta vantagens sobre o treinamento contínuo de mesma intensidade, no que diz respeito a adaptações fisiológicas agudas, tanto centrais como periféricas.

3.4.3 ADAPTAÇÕES CRÔNICAS AO TREINAMENTO INTERVALADO

Sabe-se que a proposta do TIAI é estressar repetidamente os sistemas fisiológicos que serão utilizados durante uma atividade predominantemente aeróbia (DANIELS & SCARDINA, 1984) de longa duração, onde a duração do evento é maior do que a dos estímulos aplicados durante a sessão do treinamento (LAURSEN & JENKINS, 2002). Dessa forma, diversos estudos têm demonstrado a eficácia do TIAI na maximização das variáveis associadas à aptidão aeróbia, bem como do desempenho em provas de longa duração (TABELA 2).

TABELA 2 – Estudos que aplicaram TIAI e as respectivas repostas relacionadas às variáveis fisiológicas associadas à aptidão aeróbia e ao desempenho esportivo

Estudo	Amostra	Duração do TIAI	Intensidade	Resposta	Desempenho
BILLAT et al 1999	Atletas treinados	4 semanas	100%vVO ₂ max	FCsubmax ↓	T3000 m ↓
				EC ↑	
				vVO ₂ max ↑	
BURGOMASTER et al 2008	Ativos destreinados	3 a 6 semanas	30" all-out (Wingate)	VO ₂ pico ↑	
				EC ↑	
DENADAI et al 2006	Atletas treinados	4 semanas	95% e 100%vVO ₂ max	vVO ₂ max ↑	T1500 m ↓
				vOBLA ↑	T5000 m ↓
				EC ↑	
SMITH et al 1999	Atletas treinados	4 semanas	100%vVO ₂ max	VO ₂ max ↑	T3000 m ↓
				vVO ₂ max ↑	
SMITH et al 2003	Atletas treinados	4 semanas	100%vVO ₂ max	VO ₂ max ↑	T3000 m ↓
				vVO ₂ max ↑	T5000 m ↓
				EC ↑	

Onde FCsubmax = frequência cardíaca submáxima; EC = economia de corrida; vVO₂max = velocidade associada ao consumo máximo de O₂; vOBLA = velocidade associada ao início do acúmulo do lactato sanguíneo; T3000m = tempo dos 3000 m; T1500m = tempo dos 1500 m; T5000m = tempo dos 5000 m.

Por exemplo, treinar de forma intervalada entre 60 a 100% da vVO₂max e com duração de 50% do TLimvVO₂max até a exaustão, permite aos corredores de longa distância duplicarem a metragem percorrida na intensidade do VO₂max, quando comparado a um treinamento contínuo de mesma intensidade (BILLAT et al., 1996). Estudos prévios também demonstraram que com apenas uma sessão por semana de TIAI, ao longo de quatro semanas (50-75% do TLimvVO₂max), pode-se obter consideráveis aumentos na vVO₂max (20,5 ± 0,7 para 21,1 ± 0,8 km.h⁻¹) em um grupo de corredores meio-fundistas e fundistas (BILLAT et al., 1999, SMITH et al., 1999).

Em estudo de Hickson et al.. (1977), oito sujeitos entre sedentários e corredores recreacionais, tiveram o VO₂max significativamente aumentado em aproximadamente 44% (P < 0,05) após 10 semanas de TIAI. Os sujeitos haviam alternado um dia de 40 minutos de TIAI em cicloergômetro na intensidade do

VO₂max, e um dia de TIAI de corrida com a mesma duração, seis vezes por semana.

Com base nos achados de Hill e Rowell (1997), que verificaram em corredoras de meio-fundo que o mínimo de tempo necessário para se atingir o VO₂max era 60% do TLimvVO₂max, Smith e colaboradores (1999) submeteram 5 corredores meio-fundistas a 4 semanas de TIAI. Os atletas realizaram duas sessões semanais de TIAI caracterizada por 5 a 6 x 60-75% do TLimvVO₂max, e com densidade 2:1. Foram observadas significativas melhoras da vVO₂max e do desempenho na corrida de 3.000 m ($P < 0,05$).

Billat et al. (1999) também examinaram o efeito de quatro semanas de TIAI em corredores bem treinados. Para isso, aplicaram uma única sessão semanal de TIAI a 50% do TLimvVO₂max e puderam verificar melhoras significativas na vVO₂max, EC, porém sem grandes melhoras do VO₂max. Argumenta-se que a vVO₂max possa ter aumentado devido a mudanças positivas na EC e não no VO₂max, especialmente se os atletas já possuíam valores elevados para essa variável ($> 70 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) (BILLAT et al., 1999). Adicionalmente, em corredores amadores e recreacionais também se observou adaptações positivas na EC (BILLAT et al., 2001a) e no VO₂max (BURGOMASTER et al., 2008) com aproximadamente quatro semanas e meia de TIAI intercalado com treinamento aeróbio contínuo submáximo (BILLAT, 2001a). Desta forma, é atraente sugerir que uma sessão de TIAI em que as repetições variem entre 50 a 75% do TLimvVO₂max é capaz de promover melhoras significativas no desempenho aeróbio de corredores de meio-fundo e fundo.

Para atletas de elite, simples aumentos no volume de treinos em intensidades submáximas parecem não surtir efeito no desempenho e nas variáveis VO₂max, Lan, EC e enzimas musculares oxidativas (LONDEREE, 1997; COSTILL et al., 1988; LAKE & CAVANAGH, 1996), uma vez que já expressam valores elevados (JONES & CARTER, 2000; LAURSEN & RHODES, 2001). Ademais, adaptações fisiológicas que geralmente ocorrem em indivíduos sedentários ou atletas recreacionais (BLOMQVIST & SALTIN, 1983; GREEN et al., 1990) não se manifestam da mesma forma e magnitude em atletas de elite (WESTON et al., 1997). Sendo assim, preconiza-se que sessões de TIAI possam promover adaptações crônicas e subsequentes melhoras no desempenho desses atletas (LONDEREE, 1997). Entretanto, tais melhoras só são significativas se a intensidade do TIAI for igual ou

superior ao VO_2max (SMITH et al., 2003, ESFARJANI & LAURSEN, 2007), visto que a $v\text{VO}_2\text{max}$ é considerada a menor velocidade em que o VO_2max se manifesta (BILLAT, 2001a; TABATA et al., 1997; BILLAT et al., 2000; BILLAT & KORALSZTEIN, 1996). Mesmo Astrand e Rodahl (1986) apontaram que, se o objetivo for maximizar a taxa do sistema de transporte de O_2 em atletas de elite, corridas intervaladas de alta intensidade, com duração de 10 segundos, e intercaladas com pausas de 5 segundos são suficientes para que se atinja o VO_2max e o mantenha ao longo de uma sessão de aproximadamente 30 minutos ininterruptos.

Laursen e colaboradores (2002) analisaram adaptações as cardiorrespiratórias e variáveis de desempenho em sete ciclistas bem treinados e submetidos a duas semanas de TIAI (10 x 60 segundos na potência pico com 2 minutos de recuperação). Os resultados demonstraram reduções na razão de troca respiratória (RER) bem como na taxa de recuperação cardíaca em um minuto, da primeira à quarta sessão de TIAI ($P < 0,05$). Além disso, foi possível notar uma marcante melhora no limiar ventilatório (L_{vent}) e na potência pico obtida durante o teste progressivo.

Aumentos nos estoques de mioglobina já foram descritos em atletas de elite submetidos ao TIAI (BILLAT, 2001a, BILLAT et al., 2000). Estes eventos podem estar relacionados ao aumento do VO_2 durante o TIAI (BILLAT, 2001a, BILLAT et al., 2000), já que a restituição dos estoques de mioglobina durante a recuperação pode aumentar a disponibilidade de O_2 ao longo da sessão de treinamento (ASTRAND et al., 1960). Este mecanismo poderia, parcialmente, explicar o fato de que atletas de elite conseguem completar um considerável número de séries intervaladas de alta intensidade durante uma única sessão de treino (LAURSEN et al., 2002). Adicionalmente, os níveis de mioglobina têm demonstrado consideráveis aumentos em resposta ao estresse de hipóxia (GREEN, 2000; TERRADOS, 1992), visto que tais respostas são notadas em indivíduos altamente treinados ao entrarem em hipóxia durante o TIAI (STEPTO et al., 2001; LAURSEN et al., 2001).

TIAI realizado em velocidades próximas ao VO_2max contribuem para aumentos na densidade mitocondrial (BROOKS et al., 1996). Adicionalmente, estimulam e aceleram a taxa de remoção do lactato, pelo fato de promover aumentos significativos na concentração desse metabólito (BROOKS et al., 1996). Portanto,

sugerem-se pausas do tipo ativas, caminhada ou trote, para que a recuperação oxidativa seja estimulada (NEWSHOLM, 1986).

Em estudo prévio, cinco corredores foram submetidos a 18 séries de 30 segundos de estímulo a 100% da $v\text{VO}_2\text{max}$ e com pausas ativas de mesma duração a 50% da $v\text{VO}_2\text{max}$ (BILLAT et al., 2000). Pode-se observar que os sujeitos sustentaram o VO_2max , por cerca de 10 minutos, mesmo durante a recuperação, até a última série de exercício. Verificou-se também que a $[\text{La}]$ estava estabilizada, sendo que do 3º ao 5º minuto estava abaixo de 4 mmol/L. Isso demonstra que, pelo menos por 1 minuto, esses corredores estavam na intensidade do VO_2max e com uma $[\text{La}]$ de somente 4 mmol/L.

Linossier et al. (1993) sugeriram que, durante a recuperação entre as séries de um TIAI, o metabolismo aeróbio é importante para a ressíntese da fosfocreatina, bem como para a oxidação / remoção do lactato. Desta forma, parece que o TIAI, por envolver significativa contribuição energética de fontes aeróbias, é capaz de melhorar o metabolismo oxidativo (MACDOUGALL et al., 1998; HARMER et al., 2000). Então, uma das vantagens marcantes é a simultânea melhora dos sistemas oxidativo e glicolítico, gerando uma maior transferência de energia na musculatura em atividade, já que contribui para a preservação dos fosfatos de alta produção energética (GREEN, 2000).

Melhoras nas atividades das enzimas oxidativa e glicolítica, acompanhada de um aumento na capacidade de exercício tem sido notada em indivíduos destreinados, bem como nos atletas recreacionais, mediante intervenções com TIAI (RODAS et al., 2000; PARRA et al., 2000; MACDOUGALL et al., 1998; LINOSSIER et al., 1993). Ao longo de sete semanas, Macdougall et al. (1998) submeteram indivíduos a quatro sessões semanais de TIAI que, progressivamente, foram se tornando mais extenuantes devido a aumentos gradativos no número de repetições (de 4 até 10 x 30 segundos de *sprints all-out* em cicloergômetro) e também da redução gradativa do tempo de recuperação entre as séries (de 4 a 2,5 minutos). Observou-se melhoras significativas na potência anaeróbia pico, no trabalho total realizado em 30 segundos, no VO_2max , além de notáveis aumentos nas atividades enzimáticas da CS, hexoquinase (HK), fosfofrutoquinase (PFK), succinatodesidrogenase e malatodesidrogenase ($P < 0,05$).

Em outro estudo (SHEPLEY et al., 1992) feito com corredores de meio-fundo bem treinados, os pesquisadores analisaram os efeitos do *tapering* (redução do volume antes da competição) de alta intensidade em contraste com o *tapering* de baixa intensidade e a não aplicação do *tapering*. Como resultado, foi possível verificar que o *tapering* de alta intensidade baseado em TIAI (3 a 5 séries de 500 m a 120% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ e com recuperação ativa de 800 m trotando, 5 vezes por semana) promoveu melhoras no desempenho dos corredores, bem como na atividade da enzima CS (+18%), quando comparado aos outros modelos de *tapering* testados. Desta forma, é atraente sugerir que treinos relativamente curtos e supramáximos conseguem promover melhoras nas atividades de enzimas glicolíticas e oxidativas, na potência máxima de curto prazo e no $\text{VO}_{2\text{max}}$, principalmente em indivíduos destreinados (LAURSER & JENKINS, 2002).

O aumento da capacidade de tamponamento do músculo esquelético tem sido notado em atletas altamente treinados, quando submetidos a sessões de TIAI (LAURSEN & JENKINS, 2002). Essa adaptação está relacionada ao desempenho de *sprint* (BISHOP et al., 2011), tanto em sujeitos destreinados (LINOSSIER et al., 1997; MCKENNA et al. 1996) como em atletas de elite (WESTON et al., 1997). Isso ocorre porque o treinamento de *sprints* repetidos é capaz de promover melhoras nessa característica do grupo muscular que se encontra em atividade intensa. Sendo assim, pode-se sugerir que o TIAI é capaz de promover melhoras no desempenho devido a um aumento na capacidade de tamponamento muscular, que por sua vez, possibilita o atleta tolerar uma maior acidose decorrente da diminuição do pH intramuscular.

Indivíduos destreinados ou moderadamente ativos, submetidos a sessões de TIAI, melhoram a capacidade aeróbia devido a um aumento do $\text{VO}_{2\text{max}}$ (BURGOMASTER et al., 2008) concomitantemente ao aumento da expressão das fibras do tipo I (LINOSSIER et al., 1993). Nota-se também um aumento da capilarização e da atividade das enzimas oxidativas (MACDOUGALL et al., 1998; ESSEN et al., 1977; CHILIBECK et al., 1998; HENRIKSSON & REITMAN, 1977). Contudo, tais adaptações dificilmente ocorrem (e em grande magnitude) em atletas bem treinados ou de elite (COSTILL et al. 1988; HENRIKSSON, 1992). Outras adaptações crônicas promovidas pelo TIAI são o aumento na dessaturação de oxigênio arterial (DEMPSEY et al., 1984), e consequente diminuição na

hiperventilação durante exercícios intensos, descrita por menores valores da variável ventilação minuto (VE) (KATAYAMA et al., 1998). Adicionalmente, verifica-se uma diminuição na pressão alveolar parcial (PAO_2) quando atletas são submetidos à sessões de TIAI (KATAYAMA et al., 1998).

Em atletas de elite, o TIAI pode melhorar o desempenho também pelo fato de aumentar a tolerância ao calor (PANDOLF et al., 1979), que está relacionada ao aumento do fluxo sanguíneo e da taxa de sudorese (FRITZSCHE & COYLE, 2000). Estudos demonstram que TIAI produz considerável elevação da temperatura central ($\sim 40^\circ\text{C}$), expandindo o volume plasmático (HARGREAVES & FEBBRAIO, 1998), e criando uma parcial aclimação ao calor (CONVERTINO et al., 1980). Isso ocorre devido ao aumento no fluxo sanguíneo cutâneo, que por sua vez, eleva a taxa de sudorese (FRITZSCHE & COYLE, 2000).

Portanto, apesar das diferentes respostas adaptativas (qualitativa e quantitativa) ao TIAI, pode-se afirmar que esse método de treinamento é capaz de promover importantes melhoras nas principais variáveis fisiológicas preditoras do desempenho aeróbio, tanto em atletas de elite como em recreacionais, em indivíduos fisicamente ativos e sedentários.

4 METODOLOGIA

4.1 AMOSTRA

O estudo contou com a participação voluntária de 20 corredores recreacionais, do sexo masculino, com idades entre 20 e 45 anos. Como critério de inclusão, os participantes deveriam estar treinando e competindo em corridas de 5000 m ao longo dos últimos dois anos, e com as melhores marcas nessa distância igual ou inferior a 25 minutos. Adicionalmente, nas quatro semanas que antecederam o período experimental, os sujeitos não poderiam estar realizando nenhum tipo de treinamento intervalado de alta intensidade. Os sujeitos deveriam ser saudáveis, sem histórico de lesões musculoesqueléticas recentes, e isentos de patologias oriundas do sistema cardiorrespiratório. Cada participante foi instruído a não realizar qualquer tipo de exercício físico intenso nas 24 horas que precederam os testes. Também foi instruído a se alimentar normalmente e não consumir bebidas que continham cafeína e álcool durante o mesmo período. Cada sujeito recebeu uma orientação verbal e escrita acerca dos procedimentos, riscos e benefícios do estudo,

e em seguida assinou um termo de consentimento livre e esclarecido. Todos os procedimentos foram previamente analisados pelo comitê de ética em pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte a Universidade de São Paulo (ANEXO I).

4.2 DESENHO EXPERIMENTAL

Os participantes foram distribuídos de forma contrabalançada, com base no desempenho nos 5000 m, em dois grupos: controle (CON, $n = 10$) e treinamento intervalado de alta intensidade (TINT, $n = 10$). Cada participante realizou três visitas, antes e após o período experimental, ao Laboratório de Determinantes Energéticos do Desempenho Esportivo (LADESP – EEFEUSP). Na primeira sessão (S1) foram realizadas as medidas antropométricas (massa corporal, estatura e dobras cutâneas) e um teste de corrida de 5 km contra-relógio (T5) em pista. Na segunda sessão (S2) foi aplicado um teste progressivo até exaustão (TPE) com medidas de consumo de oxigênio (VO_2) e de concentração sanguínea de lactato ([La]). Na terceira sessão (S3) os sujeitos foram submetidos ao teste de EC. Somente na S3 pré-experimental também foi aplicado um teste de $\text{TLimvVO}_{2\text{max}}$ cinco minutos após o teste de EC para obtenção de dados que foram utilizados na elaboração dos programas de TIAI. Os testes ocorreram com um intervalo mínimo de 48 h entre cada visita. Os participantes também foram instruídos a realizarem os testes no mesmo período do dia. A ordem das S1 e S2 foi estabelecida de forma aleatória. Após os pré-testes, TINT realizou quatro semanas de TIAI, duas vezes por semana, enquanto que CON manteve sua rotina normal de treinos. Tanto TINT quanto CON anotaram em um diário todo e qualquer treinamento que realizaram durante as quatro semanas de intervenção, registrando as variáveis volume e intensidade do treinamento de corrida.

4.3 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E COMPOSIÇÃO CORPORAL

As medidas antropométricas foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos por Norton e Olds (1996). Os sujeitos foram pesados em balança eletrônica 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 medidas nove dobras cutâneas (tricipital, bíceps, subescapular, axilar média, supra ilíaca, torácica, abdominal, coxa e perna) com o uso de um compasso de dobras Harpenden (West

Sussex, UK), com aproximação de 0.2 mm. As nove dobras cutâneas foram obtidas do lado direito do corpo de forma rotacional, na qual foi utilizado o valor mediano para a análise dos dados. Quando a diferença entre esses três valores era maior que 10%, era realizada uma quarta medida. Todas as medidas foram feitas pelo mesmo pesquisador. A densidade corporal foi calculada através da equação de Jackson e Pollock (1984) e o percentual de gordura foi estimado pela equação de Brozek et al.. (1963).

4.4 TESTE DE CORRIDA DE 5 KM CONTRA-RELÓGIO

O T5 foi realizado em uma pista de 400 m em formato de teste contra-relógio. Antes do início do teste, cada participante realizou exercícios de alongamento geral e um aquecimento de dez minutos. Em seguida, o atleta se posicionou na marca de largada, e ao ouvir o comando de voz do pesquisador, iniciou o T5, objetivando percorrer no menor tempo possível esta distância, simulando uma competição. Durante todo o teste o atleta recebeu encorajamento/motivação verbal, foi proporcionado feedback verbal acerca da distância percorrida a cada duas voltas, e água foi oferecida à vontade. A frequência cardíaca média (FC) e a velocidade média (V_{T5}) foram registradas a cada volta de 400 m através de um GPS de pulso da marca Garmin (modelo 410). Amostras contendo 25 μ l de sangue foram coletadas do lóbulo da orelha antes do início, em um, três, cinco e sete minutos após o término do T5, objetivando dosar o pico de lactato sangüíneo.

4.5 TESTE PROGRESSIVO ATÉ EXAUSTÃO EM ESTEIRA ROLANTE

Inicialmente, cada sujeito executou um aquecimento na esteira rolante (marca Movement, modelo E750) a uma velocidade de 8 km.h^{-1} com 1% de inclinação (JONES & DOUST, 1996), durante cinco minutos. Imediatamente após o aquecimento, a velocidade foi aumentada para 10 km.h^{-1} seguido por incrementos de 1 km.h^{-1} a cada três minutos até que o atleta atingisse a exaustão voluntária (STOCKHAUSEN et al., 1997). Durante o teste o participante utilizou uma máscara conectada a um analisador de gases (Cortex, modelo Metalyzer, Leipzig, Alemanha), onde o VO_2 foi medido respiração a respiração. A FC foi mensurada a cada 30 segundos. Foram coletados 25 μ l de sangue do lóbulo da orelha antes do início do teste, ao final de cada estágio, e em um, três, cinco e sete minutos após o

encerramento. Cada estágio foi intercalado por 30 segundos de repouso para coleta de sangue arterializado. O início do acúmulo do lactato sanguíneo (OBLA) foi definido como a velocidade de corrida correspondente à $[La]$ de $3,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ (HECK et al., 1985). O VO_2max foi determinado como o maior valor de VO_2 atingido ao final do TPE (LIMA-SILVA et al., 2010).

4.6 ECONOMIA DE CORRIDA

Após realizar exercícios de alongamento e um prévio aquecimento correndo a 8 km.h^{-1} durante cinco minutos, o atleta correu na esteira rolante por seis minutos a uma velocidade constante de 12 km.h^{-1} e com inclinação de 1%. A FC foi mensurada a cada 30 segundos e o VO_2 foi medido respiração a respiração. A EC foi representada pela média do VO_2 nos trinta segundos finais do exercício.

4.7 TESTE DE TEMPO LIMITE NA VELOCIDADE DO VO_2MAX

Para a realização do $\text{TLimvVO}_2\text{max}$, cinco minutos após o teste de EC, a esteira foi ajustada para a velocidade em que o VO_2max foi atingido (vVO_2max), conforme valores obtidos no TPE, e em seguida os participantes foram orientados a correrem o maior tempo possível nessa velocidade até atingirem a exaustão voluntária. Durante o teste $\text{TLimvVO}_2\text{max}$, a FC foi mensurada a cada 30 segundos e o VO_2 foi medido respiração a respiração.

4.8 PROTOCOLO DE TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE

Com base em estudos prévios que indicaram que o TIAI é capaz de modificar variáveis relacionadas à aptidão aeróbia em um período de 4 semanas (DENADAI et al. 2006, BILLAT et al. 1999, SMITH et al., 1999; 2003; BURGOMASTER et al. 2008), cada participante do grupo TINT foi submetido a duas sessões de treinamento intervalado intensivo por semana, separadas por um período mínimo de 48h e sob a supervisão e orientação de um pesquisador. O protocolo de treinamento intervalado de alta intensidade, realizado em uma pista de 400 m, foi composto por cinco séries com duração de 60% do TLim na vVO_2max e com um descanso ativo de mesma duração a uma intensidade de 50% da vVO_2max (densidade do treinamento = 1:1). Durante a sessão de treinamento, parâmetros de velocidade, tempo e FC foram registrados através de um GPS de pulso da marca Garmin (modelo 410).

Antes do início das séries cada atleta foi instruído a realizar exercícios de alongamento e um prévio aquecimento de dez minutos. Após o término da sessão, cada sujeito realizou exercícios leves e/ou alongamentos para voltar à calma. Passados cerca de 30 minutos após o término, era mostrada ao atleta uma escala de Borg CR-10 adaptada (1-10) para que o mesmo quantificasse a percepção subjetiva de esforço (PSE) relativa à sessão de treino.

Paralelamente, os integrantes do CON mantiveram sua rotina semanal de treinamento durante as mesmas quatro semanas de intervenção. Os sujeitos foram instruídos a não aumentarem o volume e tampouco a intensidade, tendo como referência valores médios obtidos nas últimas quatro semanas que antecederam o início do período experimental.

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade dos dados foi avaliada utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk e todas as variáveis deveriam obedecer a uma distribuição normal. Os resultados foram expressos como média e desvio padrão ($\pm$ DP). Os efeitos do treinamento foram testados utilizando-se uma análise de variância ANOVA two-way (grupo x tempo). O tamanho do efeito (ES) foi calculado para determinar a magnitude das diferenças significantes para as variáveis fisiológicas estudadas. Foram considerados os valores 0,2, 0,6 e 1,2 para efeitos pequeno, moderado e grande, respectivamente (BATTERHAM & HOPKINS, 2006). O nível de significância adotado foi $P \leq 0,05$. Todas as análises estatísticas foram realizadas através do software Statistica 8 (StataSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

5 RESULTADOS

5.1 VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS

O presente estudo foi realizado com 20 corredores recreacionais, do sexo masculino, distribuídos de forma contrabalançada, com base no desempenho nos 5 km (CON $n = 10$; TINT $n = 10$), cujas características encontram-se descritas na tabela 3. Nota-se que os grupos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas para as variáveis antropométricas ($P > 0.05$), exceto o percentual de gordura corporal que apresentou valores maiores para o TINT ($P < 0,05$).

TABELA 3 – Médias e desvios padrão das variáveis antropométricas dos corredores do grupo treinamento intervalado de alta intensidade (TINT) e controle (CON).

	TINT	COM
Idade (anos)	33,5 ± 6,2	32,9 ± 8,6
Estatura (cm)	173.9 ± 5.3	174 ± 9,4
Peso (kg)	71,1 ± 5,5	70,9 ± 10,7
%GC (%)	16,4 ± 4,6 [#]	11,55 ± 4,8

[#]diferença significativa (p = 0,03).

5.2 VOLUME DE TREINAMENTO

A tabela 4 mostra um exemplo semanal de treinos de TINT, durante os períodos pré-experimental e experimental. Nota-se que não houve diferenças significativas para o volume total de treino (VolTot), apesar de discreto aumento do volume médio semanal de treinos ($P > 0,05$) durante as semanas de TIAI.

TABELA 4 – Exemplo de programa de treinamento semanal de TINT antes e durante o período experimental.

Dias	TINT	
	Pré-experimental	Experimental
Segunda	Descanso	Descanso
Terça	45' fartlek	TIAI
Quarta	Descanso	25' trote ou Descanso
Quinta	10' trote 5 x 1,5 km 85%FCmax recup. = 2' trote	TIAI
Sexta	Descanso	Descanso
Sábado	70-80' contínuo 75-85%FCmax	60-70' contínuo 75-85%FCmax
Domingo	Descanso	Descanso
VolTot (km/semana) $28,07 \pm 2,34$		$29,28 \pm 9,82$

Onde VolTot = volume total de treino (semanal), descrito em média $\pm$ DP.

5.3 VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS

Como se pode observar na figura 1, não foram detectadas diferenças significativas em nenhuma das variáveis mensuradas durante os testes TPE e EC, entre os períodos pré e pós-treinamento, bem como entre os grupos ($P > 0,05$). Entretanto, os cálculos do ES revelaram que o VO_{2max} e OBLA apresentaram diferenças de magnitude moderada ($ES = 0,219$ e $0,489$, respectivamente) para TINT após o período de intervenção. Adicionalmente, foram observadas diferenças de magnitude moderada para grande ($ES = -0,593$) para variável EC_{12} , enquanto que a VP apresentou diferenças de magnitude grande ($ES = 0,622$). Por outro lado, CON apresentou diferenças de magnitude pequena para essas mesmas variáveis ($VO_{2max} = 0,190$; $VP = -0,189$; $OBLA = 0,156$; $EC_{12} = -0,024$).

FIGURA 1 – Efeito de 4 semanas de TIAI sobre as variáveis fisiológicas associadas ao desempenho aeróbio e mensuradas durante os testes TPE e EC, antes e após o período de treinamento. TINT: grupo treinamento intervalado de alta intensidade, CON: grupo controle; VO₂max: consumo máximo de oxigênio, VP: velocidade pico em esteira rolante, OBLA: velocidade associada ao início do acúmulo de lactato sanguíneo, EC₁₂: economia de corrida medida a 12 km·h⁻¹.

5.4 TESTE CONTRA-RELÓGIO DE 5 KM

Na figura 2 observa-se a estratégia de corrida adotada por TINT e CON durante o teste de 5 km contra-relógio, nos períodos pré e pós-treinamento. Nenhuma diferença significativa foi detectada entre os grupos e entre os períodos ($P > 0,05$). A tabela 5 apresenta as principais variáveis mensuradas durante o T5. Não foram encontradas diferenças significativas para T_{T5} , V_{T5} , FC_{T5} , e PSE_{T5} entre os grupos, e também entre os períodos pré e pós-intervenção ($P > 0,05$). Adicionalmente, conforme visto na figura 3, o ES para as variáveis T_{T5} (TINT = -

0,170; CON = 0,024) e V_{T5} (TINT = 0,133; CON = -0,079), também apresentaram diferenças de magnitude pequena para ambos os grupos.

A figura 4 apresenta as respostas da PSE durante o T5 para TINT e CON, antes e após o período de treinamento. Não foram observadas diferenças significativas para esta variável entre as condições (pré e pós-treinamento) bem como entre os grupos (TINT e CON) ($P > 0,05$).

FIGURA 2 – Estratégia de corrida adotada durante o teste contra-relógio de 5 km, nos períodos pré e pós-treinamento. TINT: grupo treinamento intervalado de alta intensidade, CON: grupo controle.

TABELA 5 – Desempenho, frequência cardíaca, e percepção subjetiva de esforço durante o teste de 5 km contra-relógio, nas condições pré e pós-treinamento.

	TINT		CON	
	Pré	Pós	Pré	Pós
T_{T5} (s)	1209 ± 155,1	1180 ± 121,5	1157 ± 145,1	1161 ± 153,4
V_{T5} (km.h ⁻¹)	15,1 ± 1,9	15,4 ± 1,7	15,9 ± 2,3	15,7 ± 2,1
FC_{T5} (bpm)	179 ± 4	177 ± 5	173 ± 8	173 ± 10
PSE_{T5} (pontos)	16 ± 2	17 ± 1	17 ± 1	15 ± 1

TINT: grupo treinamento intervalado de alta intensidade; CON: grupo controle; T_{T5} , V_{T5} , FC_{T5} , PSE_{T5} : tempo dos 5 km, velocidade média, frequência cardíaca, e percepção subjetiva de esforço durante o teste contra-relógio de 5 km, respectivamente. Valores descritos em média ± DP.

FIGURA 3 – Efeito de 4 semanas de TIAI sobre as variáveis de desempenho mensuradas durante o teste contra-relógio de 5 km, nos períodos pré e pós-treinamento. TINT: grupo treinamento intervalado de alta intensidade, CON: grupo controle; T_{T5}: tempo do T5, V_{T5}: velocidade média durante o T5.

FIGURA 4 – Resposta da percepção subjetiva de esforço (PSE) durante o teste contra-relógio de 5 km. TINT: grupo treinamento intervalado de alta intensidade, CON: grupo controle.

6 DISCUSSÃO

O principal objetivo do presente estudo foi investigar o impacto de um programa de quatro semanas de TIAI sobre a estratégia de corrida adotada por corredores recreacionais de longa distância durante um teste de 5 km contra-relógio. Até o presente momento, é de nosso conhecimento que este foi o primeiro estudo a analisar a eficácia, em curto prazo, de um programa de treinamento intervalado sobre a estratégia de corrida. Os principais achados foram que o TIAI promoveu melhoras relevantes (efeitos de magnitude moderado para grande) nas variáveis fisiológicas associadas à aptidão aeróbia (VO_2max , EC_{12} , OBLA e VP), mas por outro lado não propiciou notáveis mudanças na PSE e na estratégia de corrida.

Os resultados descritos revelaram que o programa de TIAI com duração de quatro semanas promoveu alterações relevantes no VO_2max ($\text{ES} = 0,219$), OBLA ($\text{ES} = 0,489$), EC_{12} ($\text{ES} = -0,593$), e VP ($\text{ES} = 0,622$) em TINT. Essas mudanças corresponderam à melhoras de cerca de 3,0%, 12,0%, 5,6%, e 8,7%, respectivamente. Tais dados se assemelham à de vários outros estudos que demonstraram alterações similares de 4,3% para o VO_2max (BILLAT et al, 1999; SMITH et al, 1999; 2003), 5,1% para EC (BILLAT et al, 1999; SMITH et al, 2003; BURGOMASTER et al, 2008), e ~4,4% para vVO_2max (BILLAT et al, 1999; SMITH et al, 2003) após uma similar intervenção de quatro semanas de TIAI. Por outro lado, alguns estudos que utilizaram um programa de TIAI por um período maior relataram alterações mais marcantes para essas mesmas variáveis fisiológicas supracitadas (ESFARJANI & LAURSEN, 2007; HELGERUD et al, 2007). Por exemplo, Helgerud et al (2007) aplicaram um programa de oito semanas de TIAI e verificaram melhoras de 6,3% para VO_2max , e 9,6% para EC_{12} e OBLA, em média. Coletivamente, esses resultados reforçam a suposição de que um programa de TIAI com duração de quatro semanas é capaz de melhorar algumas variáveis fisiológicas relacionadas à estratégia de corrida, mas também sugerem que um período maior de intervenção pode promover mudanças mais expressivas.

O foco de várias investigações sobre o impacto de programas de treinamento físico sobre o desempenho esportivo tem sido direcionado, na maioria das vezes, para o desempenho geral da corrida (BILLAT et al, 1999; SMITH et al, 1999; 2003; BILLAT, 2001a; 2001b; DENADAI et al, 2006; ESFARJANI & LAURSEN, 2007; CICIONI-KOLSKY et al, 2013). No presente estudo, por sua vez, foi apresentado o

primeiro conjunto de dados referentes à análise da efetividade de um programa de treinamento sobre a estratégia de corrida adotada por corredores durante um evento de longa distância. Tem sido proposto que a estratégia de corrida pode ser controlada por um sistema de controle central que monitora a PSE a fim de minimizar o estresse fisiológico e prevenir o término prematuro do exercício / atividade física (TUCKER & NOAKES, 2009; TUCKER, 2009). De acordo com esse modelo teórico, o *feedback* aferente proveniente dos sistemas fisiológicos é interpretado pelo SNC, que por sua vez sinaliza para que seja ajustada a intensidade do exercício realizado pelo sistema musculoesquelético, com o intuito de evitar a instalação da fadiga prematura (LAMBERT et al, 2005). Diante desse cenário, a PSE representa a integração das alterações nos sistemas fisiológicos durante o exercício, sendo então considerada o regulador primário da estratégia de corrida (TUCKER, 2009). Neste sentido, alguns pesquisadores passaram a especular que as intervenções capazes de promover mudanças nas variáveis fisiológicas, como por exemplo, programas de treinamento e/ou dietas alimentares, poderiam influenciar a interpretação desses *feedbacks* aferentes, resultando assim em alterações na estratégia de corrida, bem como maximizando o desempenho (LAMBERT et al. 2005). Entretanto, os dados do presente estudo demonstraram que apesar do programa de TIAI ter promovido alterações relevantes em algumas variáveis fisiológicas (efeitos de magnitude moderada para grande), nem a estratégia de corrida e nem a PSE responderam similarmente a essas mudanças. Esses achados sugerem que atletas recreacionais não modificam a PSE tampouco a estratégia de corrida em sincronismo com as alterações observadas nas variáveis fisiológicas após um programa de TIAI. Isto implica que a regulação da intensidade do exercício no SNC pode não ser suficientemente sensível ao ponto de detectar melhoras discretas nas variáveis fisiológicas, o que resulta na não alteração da PSE e também da estratégia de corrida após um período de quatro semanas de intervenção. Portanto, futuros estudos são necessários para determinar se uma maior magnitude de mudanças nas variáveis fisiológicas seria capaz de alterar tanto a PSE como a estratégia de corrida.

Sabe-se que a estratégia de corrida tem influência sobre o desempenho aeróbio (ABBISS and LAURSEN 2008). Desta forma, a melhora não significativa (~2,4%) no desempenho dos 5 km observada em TINT após o programa de TIAI

parece ser reflexo de modificações não aparentes na estratégia de corrida. Tais resultados estão em consonância com estudos prévios que relataram pequenas melhoras no desempenho geral de corrida, em diferentes distâncias, após quatro semanas de TIAI (BILLAT et al, 1999; SMITH et al, 1999; 2003). SMITH et al (1999) encontraram melhoras de 2,7% no desempenho em 3 km de corrida diante de uma intervenção de TIAI, enquanto que o VO_2max e vVO_2max apresentaram percentuais de melhora mais relevantes (~4,9%). Smith et al (2003) verificaram que um programa de TIAI similar foi capaz de promover melhoras em torno de 6% no VO_2max e 5,2% na vVO_2max , ao mesmo tempo em que observaram mudanças não significativas de 2,3% no desempenho dos 5 km. O mesmo comportamento também foi observado em estudo de Billat et al (1999) que encontraram alterações discretas no desempenho dos 3 km após quatro semanas de TIAI. Tais achados, coletivamente, revelam que apesar das mudanças nas variáveis fisiológicas, os atletas não modificam a utilização dos recursos energéticos, o que resulta assim em pequenas melhoras no desempenho geral de corrida.

Neste momento é importante que algumas limitações do presente estudo sejam conhecidas. Primeiramente, deve-se considerar que a amostra utilizada era composta por corredores recreacionais de longa distância que tinham experiência somente em treinamento aeróbio contínuo de baixa intensidade. Desta forma, é plausível que se tenha cautela ao extrapolar os presentes resultados para atletas bem treinados ou de alto nível, já que é comum os mesmos realizarem frequentemente sessões de TIAI. Outro ponto a se considerar é o período de intervenção. Quatro semanas pode ter sido um período curto para que se chegasse a conclusões mais precisas acerca do impacto de um programa de TIAI sobre os parâmetros fisiológicos e a estratégia de corrida. Consequentemente, futuros estudos que utilizem períodos maiores de intervenção são necessários para se complementar os achados da presente investigação.

Em resumo, o presente estudo demonstrou que quatro semanas de TIAI (5x de 60% $\text{TlimvVO}_2\text{max}$ a 100% vVO_2max e recuperação a 50% vVO_2max , densidade 1:1) aplicadas em corredores recreacionais promoveram melhoras relevantes (efeitos de magnitude moderado para grande) nas variáveis fisiológicas associadas ao desempenho aeróbio (VO_2max , OBLA, VP e EC_{12}), porém as mesmas mudanças não puderam ser observadas na PSE e na estratégia de corrida. É possível que o

período de quatro semanas não tenha sido suficiente para que se pudessem observar alterações mais significativas, uma vez que estudos que aplicaram o TIAI por períodos mais prolongados obtiveram resultados mais marcantes para essas mesmas variáveis fisiológicas (ESFARJANI & LAURSEN, 2007; HELGERUD et al, 2007). Destaca-se também o fato de que a PSE e a estratégia de corrida não foram alteradas diante da referida intervenção. Possivelmente, as mudanças verificadas nas variáveis fisiológicas não foram suficientemente expressivas ao ponto de serem detectadas pelo SNC, resultando então na não alteração da PSE bem como da estratégia de corrida. Adicionalmente, tais achados revelam que apesar das mudanças nas variáveis fisiológicas após as quatro semanas de TIAI, atletas recreacionais não modificam a utilização dos recursos energéticos, o que se traduz em apenas pequenas melhoras no desempenho geral de corrida.

7 CONCLUSÃO

Com base nos resultados e limitações do presente estudo, pôde-se concluir que:

- a) Em relação às variáveis associadas ao desempenho aeróbio, um programa de TIAI com duração de quatro semanas é capaz de promover melhoras relevantes (efeito de magnitude moderada para grande) no VO_2max , na EC, na VP e no OBLA;
- b) A PSE e a estratégia de corrida adotada durante um teste contra-relógio de 5 km não apresentam alterações de magnitude similar às aquelas observadas nas variáveis fisiológicas após as quatro semanas de TIAI.

REFERÊNCIAS

ABBISS, C.R.; LAURSEN, P.B. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. **Sports Medicine**, Auckland, v. 38, n. 3, p. 239-252, 2008.

ABBISS, C.R.; LAURSEN, P.B. Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling **Sports Medicine**, Auckland, v. 35, n. 10, p. 865-898, 2005.

ABBISS, C.R.; QUOD, M.J.; MARTIN, D.T.; et al. Dynamic pacing strategies during the cycle phase of an Ironman triathlon. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v. 38, n. 4, p. 726-734, 2006.

ACEVEDO, E.O.; GOLDFARB, A.H. Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 21, n. 5, p. 563-568, 1989.

AISBETT, B.; LEROSIGNOL, P.; MCCONELL, G.K.; ABBISS, C.R.; SNOW, R. Influence of all-out and fast start on 5-min cycling time trial performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 41, n. 10, p. 1965-1971, 2009.

ALBERTUS, Y.; TUCKER, R.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, E.V.; HAMPSON, D.B.; NOAKES, T.D. Effect of distance feedback on pacing strategy and perceived exertion during cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 37, n. 3, p. 461–468, 2005.

ASTRAND, I.; ASTRAND, P.O.; CHRISTENSEN, E.H. Myohemoglobin as an oxygen-store in man. **Acta Physiological Scandinavia**, Stockholm, v. 25, n. 48, p. 454-460, 1960.

ASTRAND, P.O.; RODAHL, K. Textbook of work physiology. 3rd ed. New York (NY): **McGraw-Hill**, 1986.

ATKINSON, G.; PEACOCK, O.; GIBSON, A.S.; TUCKER, R. Distribution of power output during cycling: impact and mechanisms. **Sports Medicine**, Auckland, v. 37, n. 8, p. 647–667, 2007a.

ATKINSON, G.; PEACOCK, O.; LAW, M. Acceptability of power variation during a simulated hilly time trial. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 28, n. 2, p. 157–163, 2007b.

BABINEAU, C.; LÉGER, L. Physiological response of 5/1 intermittent aerobic exercise and its relationship to 5 km endurance performance. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 18, n. 1, p. 13-19, 1997.

BALSOM, P.D.; SEGER, J.Y.; SJÖDIN, B.; EKBLOM, B. Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 13, n. 7, p. 528-533, 1992.

BATTERHAM, A.M.; HOPKINS, W.G. Making meaningful inferences about magnitudes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, Champaign, v. 1, n. 1, p. 50–57, 2006.

BATTERHAM, A.M.; HOPKINS, W.G. Making meaningful inferences about magnitudes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, Champaign, v. 1, n. 1, p. 50–57, 2006.

BELCASTRO, A.N.; BONEN, A. Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 39, n. 6, p. 932-936, 1975.

BERGSTROM, J.; HERMANSEN, L.; HULTMAN, E.; SALTIN, B. Diet, muscle glycogen and physical performance. **Acta Physiological Scandinavia**, Stockholm, v. 71, n. 2, p. 140–150, 1967.

BERTUZZI R, LIMA-SILVA AE, DE O PIRES F, DAMASCENO MV, BUENO S, PASQUA LA, BISHOP DJ. Pacing Strategy Determinants During A 10-Km Running Time-Trial: Contributions Of Perceived Effort, Physiological, And Muscular Parameters. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign. 2013 (no prelo).

BILLAT, L.V. Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice Special Recommendations for Middle- and Long-Distance Running. Part I: Aerobic Interval Training. **Sports Medicine**, Auckland, v. 31, n. 1, p. 13–31, 2001a.

BILLAT, L.V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. **Sports Medicine**, Auckland, v. 31, n. 2, p. 75-90, 2001b.

BILLAT, L.V.; KORALSZTEIN, JP. Significance of the velocity at VO_{2max} and time to exhaustion at this velocity. **Sports Medicine**, Auckland, v. 22, n. 2, p. 90-108, 1996.

BILLAT, V.; DEMARLE, A.; PAIVA, M.; et al. Effect of training on the physiological factors of performance in elite marathon runners (males and runners). **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 23, n. 5, p. 335-341, 2002.

BILLAT, V.L. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. **Sports Medicine**, Auckland, v. 22, n. 3, p. 157-175, 1996.

BILLAT, V.L.; BEILLOT, J.; JAN, J.; ROCHCONGAR, P.; CARRE, F. Gender effect on the relationship of time limit at $100\%VO_{2max}$ with other bioenergetic characteristics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 28, n. 8, p. 1049-55, 1996.

BILLAT, V.L.; BERNARD, O.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, JP. Time to exhaustion at $VO_2\text{max}$ and lactate steady state velocity in sub elite long-distance runners. **Archives internationales de physiologie, de biochimie et de biophysique**, Liège, v. 102, n. 3, p. 215-219, 1994.

BILLAT, V.L.; BLONDEL, N.; BERTHOIN, N. Determination of the velocity associated with the longest time to exhaustion at maximal oxygen uptake. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v. 80, n. 2, p. 159-161, 1999.

BILLAT, V.L.; FLECHET, B.; PETIT, B.; MURIAUX, G.; KORALSZTEIN, J.P. Interval training at $VO_2\text{max}$: effects on aerobic performance and overtraining markers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 31, n. 1, p. 156-163, 1999.

BILLAT, V.L.; HILL, D.W.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, JP. Effect of protocol on determination of velocity at $VO_2\text{max}$ and on its time to exhaustion. **Archives of Physiology and Biochemistry**, Lisse, v. 104, n. 3, p. 313-321, 1996.

BILLAT, V.L.; MILLE-HAMARD, L.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, J.P. The role of cadence on the VO_2 slow component in cycling and running in triathletes. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 20, n. 7, p. 429-437, 1999.

BILLAT, V.L.; PINOTEAU, J.; PETIT, B. Calibration de la durée des repetitions d'une séance d'interval training à la vitesse associée a $VO_2\text{max}$ en référence au temps limite continu. **Science Motricite**, v. 28, p. 13-20, 1996.

BILLAT, V.L.; SLAWINSKI, J.; BOCQUET, V.; DEMARLE, A.; LAFITTE, L.; CHASSAING, P.; KORALSZTEIN, JP. Intermittent runs at $vVO_2\text{max}$ enables subjects to remain at $VO_2\text{max}$ for a longer time than submaximal runs. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 81, n. 3, 188-196, 2000.

BILLAT, V.L.; WESFREID, E.; KAPFER, C.; KORALSZTEIN, J.P.; MEYER, Y. Nonlinear dynamics of heart rate and oxygen uptake in exhaustive 10,000 m runs: Influence of constant vs. freely paced. **Japanese journal of physiology**, Tokio, v. 56, n. 1, p. 103–111, 2006.

BISHOP, D.; BONETTI, D.; DAWSON, B. The influence of pacing strategy on VO_2 and supramaximal kayak performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 34, n. 6, p. 1041–1047, 2002.

BISHOP, D.; GIRARD, O.; MENDEZ-VILLANUEVA, A. Repeated-Sprint Ability – Part II Recommendations for Training. **Sports Medicine**, Auckland, v. 41, n. 9, 2011.

BLOMQVIST, C.G.; SALTIN, B. Cardiovascular adaptations to physical training. **Annual review of physiology**, Palo Alto, v. 45, p. 169-189, 1983.

BOSKA, M. D.; MOUSSAVI, R. S.; CARSON, P. J.; WEINER, M. W.; MILLER, R. G. The metabolic basis of recovery after fatiguing exercise of human muscle. **Neurology**, Minneapolis, v. 40, n. 2, 240–244, 1990.

BROOKS, G.A.; FAHEY, T.D.; WHITE, T.P. Exercise physiology: human bioenergetics and its application. 2nd ed. Mountain View (CA): **Mayfield Publishing**, 1996, p. 191-195.

BROSNAN, M.J.; MARTIN, D.T.; HAHN, A.G.; GORE, C.J.; HAWLEY, J.A. Impaired interval exercise responses in elite female cyclists at moderate simulated altitude. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, 89, n. 5, p. 1819–1824, 2000.

BROZEK J, GRANDE F, ANDERSON JT, KEYS A. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. **Annals of New York Academy of Science**, v. 110, p. 113-140, 1963.

BURGOMASTER, K.A.; HOWARTH, K.R.; PHILLIPS, S.M.; RAKOBOWCHUK, M.; MACDONALD, M.J.; MCGEE, S.L.; GIBALA, M.J. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. **The Journal of physiology**, London, v. 586, n. 1, p. 151–160, 2008.

BURKE, L.M.; HAWLEY, J.A.; ANGUS, D.J.; COX, G.R.; CLARK, S.A.; CUMMINGS, N.K.; DESBROW, B.; HARGREAVES, M. Adaptations to short-term high-fat diet persist during exercise despite high carbohydrate availability. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 34, n. p. 83–91, 2002.

CAREY A.L.; STAUDACHER, H.M.; CUMMINGS, N.K.; SEPTO, N.K.; NIKOLOPOULOS, V.; BURKE, L.M.; HAWLEY, J.A. Effects of fat adaptation and carbohydrate restoration on prolonged endurance exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 91, n. 1, p. 115–122, 2001.

CARTER, H.; JONES, A.M.; BARSTOW, T.J.; BURNLEY, M.; WILLIAMS, C.; DOUST, J.H.; Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 89, n. 5, p. 1744-1752, 2000.

CHILIBECK, P.D.; BELL, G.J.; FARRAR, R.P.; MARTIN, T.P. Higher mitochondrial fatty acid oxidation following intermittent versus continuous endurance exercise training. **Canadian journal of physiology and pharmacology**, Ottawa, v. 76, n. 9, p. 891-894, 1998.

CICIONI-KOLSKY D, LORENZEN C, WILLIAMS MD, KEMP JG. Endurance and sprint benefits of high-intensity and supramaximal interval training. **European Journal of Sport Science**, Champaign, v. 13, n. 3, p. 304-311, 2013.

CONVERTINO, V.A.; GREENLEAF, J.E.; BERNAUER, E.M. Role of thermal and exercise factors in the mechanism of hypervolemia. **Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology**, Bethesda v. 48, n. 4, p. 657-664, 1980.

COSTILL, D.L.; FLYNN, M.G.; KIRWAN, J.P.; HOUMARD, J.A.; MITCHELL, J.B.; THOMAS, R.; PARK, S.H. Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 20, n. 3, 20, p. 249-254, 1988.

COSTILL, D.L.; THOMASON, H.; ROBERTS, E. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 5, n. 4, p. 248–252, 1973.

COYLE, E.F.; COGGAN, A.R. Effectiveness of carbohydrate feeding in delaying fatigue during prolonged exercise. **Sports Medicine**, Auckland v. 1, n. 6, p. 446-458, 1984.

COYLE, E.F.; HAGBERG, J.M.; HURLEY, B.F.; MARTIN, W.H.; EHSANI, A.A.; et al. Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. **Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology**, Bethesda, v. 55, n. 1, pt. 1, p. 230–235, 1983.

DANIELS, J.T.; SCARDINA, N. Interval training and performance. **Sports Medicine**, Auckland, v. 1, n. 4, p. 327-334, 1984.

DE FEO P, DI LORETO C, LUCIDI P, MURDOLO G, PARLANTI N, DE CICCO A, PICCIONI F, SANTEUSANIO F.J Metabolic Response To Exercise. **Journal of Endocrinological Investigation**, Milano, v. 26, n. 9, p. 851-854, 2003.

DE KONING, J.J.; BOBBERT, M.F.; FOSTER, C. Determination of optimal pacing strategy in track cycling with an energy flow model. **Journal Of Science And Medicine In Sport / Sports Medicine Australia**, Victoria, v. 2, n. 3, p. 266–277, 1999.

DE KONING, J.J.; FOSTER, C.; BAKKUM A, KLOPPENBURG S, THIEL, C.; JOSEPH, T.; COHEN, J.; PORCARI, J.P Regulation of Pacing Strategy during Athletic Competition. **Public Library of Science One**, San Francisco, v. 6, n. 1, p. 2011, e15863.

DEGROOT, M.; MASSIE, B. M.; BOSKA, M.; GOBER, J.; MILLER, R. G.; WEINER, M. W. Dissociation of $[H^+]$ from fatigue in human muscle detected by high time resolution ^{31}P -NMR. **Muscle and Nerve**, New York, v. 16, n. 1, p. 91–98, 1993.

DEMARIE, S.; KORALSZTEIN, J.P.; BILLAT, V.L. Time limit and time at VO_{2max} during a continuous and an intermittent running. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, Torino, v. 40, n. 2, p. 96-102, 2000.

DEMPSEY, J.A.; HANSON, P.G.; HENDERSON, K.S. Exercise-Induced arterial hypoxemia in healthy human subjects at sea level. **The Journal of physiology**, London, v. 355, p. 161-175, 1984.

DENADAI, B.S.; ORTIZ, M.J.; GRECO, C.C.; DE MELLO, M.T. Interval training at 95% and 100% of the velocity at VO_2 max: effects on aerobic physiological indexes and running performance. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, Ottawa, v. 31, n. 6, p. 737-43, 2006.

DENADAI, B.S.; ORTIZ, M.J.; MELLO, M.T. Physiological indexes associated with aerobic performance in endurance runners: effects of race duration. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, n. 10, p. 405–407, 2004.

DIAMANT, B.; KARLSSON, J.; SALTIN, B. Muscle tissue lactate after maximal exercise in man. **Acta Physiological Scandinavia**, Stockholm, v. 72, n. 3, p. 383–384, 1968.

EDWARDS, R.H.; EKELUND, L.G.; HARRIS, R.C.; HESSER, C.M.; HULTMAN, E.; MELCHER, A.; WIGERTZ, O. Cardiorespiratory and metabolic costs of continuous and intermittent exercise in man. **The Journal of physiology**, London, v. 234, n. 2, p. 48-497, 1973.

ESFARJANI, F.; LAURSEN, P.B. Manipulating high-intensity interval training: effects on VO₂max, the lactate threshold and 3.000 m running performance in moderately trained males. **Journal Of Science And Medicine In Sport / Sports Medicine Australia**, Victoria, v. 10, n. 1, p. 27-35, 2007.

ESSEN, B. Glycogen depletion of different fibre types in human skeletal muscle during intermittent and continuous exercise. **Acta Physiological Scandinavia**, Stockholm, v. 103, n. 4, p. 446-455, 1978.

ESSEN, B.; HAGENFELDT, L.; KAIJSER, L. Utilization of blood-borne and intramuscular substrates during continuous and intermittent exercise in man. **The Journal of physiology**, London, v. 265, n. 2, p. 489-506, 1977.

ETTEMA, J.H. Limits of human performance and energy production. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, n. 22, p. 45-54, 1966.

EVANGELISTA, A.L. Treinamento de corrida de rua. São Paulo: **Phorte**, 2009.

FABIATO, A.; FABIATO, F. Effects of pH on the myofilaments and the sarcoplasmic reticulum of skinned cells from the cardiac and skeletal muscles. **The Journal of physiology**, London, v. 276, p. 233–255, 1978.

FAULKNER, J.; PARFITT, G.; ESTON, R. The rating of perceived exertion during competitive running scales with time. **Psychophysiology**, Baltimore, v. 45, n. 6, p. 977–985, 2008.

FERRO, A.; RIVERA, A.; PAGOLA, I. et al.. Biomechanical analysis of the 7th World Championships in Athletics Seville 1999. *IAAF New Studies in Athletics* v. 16, p. 25–60, 2001.

FOSTER, C.; DE-KONING, J.J.; HETTINGA, F.; LAMPEN, J.; DODGE, C.; BOBBERT, M.; PORCARI, J.P. Effect of competitive distance on energy expenditure during simulated competition. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 25, n. 3, p. 198-204, 2004.

FOSTER, C.; DE-KONING, J.J.; HETTINGA, F.; LAMPEN, J.; LA CLAIR, K.L.; DODGE, C.; BOBBERT, M.; PORCARI, J.P. Pattern of energy expenditure during simulated competition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 35, n. 5, p. 826–831, 2003.

FOSTER, C.; HENDRICKSON, K.; PEYER, K.; REINIER, B.; DE KONING, J.J.; LUCIA, A.; BATTISTA, R.A.; HETTINGA, F.J.; PORCARI, J.P.; WRIGHT, G. Pattern of developing the performance template. **British journal of sports medicine**, London, v. 43, n. 10, p. 765–769, 2009.

FOSTER, C.; HOYOS, J.; EARNEST, C.; LUCIA, A. Regulation of energy expenditure during prolonged athletic competition. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v. 37, n. 4, p. 670-675, 2005.

FOSTER, C.; SCHRAGER, M.; SNYDER, A.C.; THOMPSON, N.N. Pacing strategy and athletic performance. **Sports Medicine**, Auckland, v. 17, n. 2, p. 77-85, 1994.

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

FOX, E.L.; BARTELS, R.L.; BILLING, C.E.; O'BRIEN, R.; BASON, R.; MATHEWS, D.K. Frequency and duration of interval training programs and changes in aerobic power. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 38, n. 3, p. 481-484, 1975.

FOX, E.L.; BARTELS, R.L.; KLINZING, J.; RAGG, K. Metabolic responses to interval training programs of high and low power output. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v. 9, n. 3, p. 191-196, 1977.

FRITZSCHE, R.G.; COYLE, E.F. Cutaneous blood flow during exercise is higher in endurance-trained humans. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 88, n. 2, p. 738-744, 2000.

GAESSER, G.A.; POOLE, D.C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and sport sciences reviews**, New York, v. 24, p. 35-71, 1996.

GONZALEZ-ALONSO, J.; TELLER, C.; ANDERSEN, S.L.; JENSEN, F.B.; HYLDIG, T.; NIELSEN, B. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 86, n. 3, p. 1032–1039, 1999.

GONZALEZ-ALONZO, J.; CRANDALL, C.G.; JOHNSON, J.M. The cardiovascular challenge of exercising in the heat. **The Journal of physiology**, London, v. 586, n. 1, p.45–53, 2008.

GOROSTIAGA, E.M.; WALTER, C.B.; FOSTER, C.; HICKSON, R.C. Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 63, n. 2, p. 101-107, 1991.

GREEN, H.J. Altitude acclimatization, training and performance. **Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia**, Victoria, v. 3, n. 3, p. 299-312, 2000.

GREEN, H.J.; JONES, L.L.; PAINTER, D.C. Effects of short-term training on cardiac function during prolonged exercise. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v. 22, n. 4, p. 488-493, 1990.

GREENHAFF, P.L.; GLEESON, M.; MAUGHAN, R.J. The effects of dietary manipulation on blood acid-base status and the performance of high intensity exercise. **European journal of applied physiology and occupational physiology, Berlin**, v. 56, n. 3, p. 331-337, 1987.

HARGREAVES, M.; FEBBRAIO, M. Limits to exercise performance in the heat. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 19, Sup. 2, p. S115-S116, 1998.

HARMER, A.R.; MCKENNA, M.J.; SUTTON, J.R.; SNOW, R.J.; RUELL, P.A.; BOOTH, J.; THOMPSON, M.W.; MACKAY, N.A.; STATHIS, C.G.; CRAMERI, R.M.; CAREY, M.F.; EAGER, D.M. Skeletal muscle metabolic and ionic adaptations during intense exercise following sprint training in humans. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 89, n. 5, p. 1793-1803, 2000.

HARRIS, R. C.; EDWARDS R. H.; HULTMAN, E.; NORDESJO, L. O.; NYLIND, B.; SAHLIN, K. The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. **Pflügers Archiv: European journal of physiology**, Berlin, v. 367, n. 2, p. 137–142, 1976.

HAVEMANN, L.; WEST, S.J.; GOEDECKE, J.H.; MACDONALD, I.A.; ST CLAIR GIBSON, A.; NOAKES, T.D.; LAMBERT, E.V. Fat adaptation followed by carbohydrate loading compromises high-intensity sprint performance. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 100, n. 1, p. 194-202, 2005.

HAWLEY, J.A.; MYBURGH, K.H.; NOAKES, T.D.; DENNIS, S.C. Training techniques to improve fatigue resistance and enhance endurance performance. **Journal of sports sciences**, London, v. 15, n. 3, p. 325-333, 1997.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4 mmol/L lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 6, n. 3, p. 117–130, 1985.

HELGERUD, J.; HØYDAL, K.; WANG, E.; KARLSEN, T.; BERG, P.; BJERKAAS, M.; SIMONSEN, T.; HELGESEN, C.; HJORTH, N.; BACH, R.; HOFF, J. Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 39, n. 4, p. 665-71, 2007.

HENRIKSSON, J. Effects of physical training on the metabolism of skeletal muscle. **Diabetes Care**, New York, v. 15, n. 11, p. 1701-1711, 1992.

HENRIKSSON, J.; REITMAN, J.S. Time course of changes in human skeletal muscle succinate dehydrogenase and cytochrome oxidase activities and maximal oxygen uptake with physical activity and inactivity. **Acta Physiological Scandinavia**, Stockholm, v. 99, n. 1, 91-97, 1977.

HERMANSEN, L. Muscle fatigue during maximal exercise of short duration. P. 45–52, 1981.

HERMANSEN, L.; STENSVOLD, I. Production and removal of lactate during exercise in man. **Acta Physiological Scandinavia**, Stockholm, v. 86, n. 2, p. 191-201, 1972.

HETTINGA, F.J.; DE KONING, J.J.; BROERSEN, F.T.; VAN GEFFEN, P.; FOSTER, C. Pacing strategy and the occurrence of fatigue in 4000-m cycling time trial. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v. 38, n. 8, p. 1484–1491, 2006.

HETTINGA, F.J.; DE-KONING, J.J.; MEIJER, E.; TEUNISSEN, L.; FOSTER, C. Biodynamics. Effect of pacing strategy on energy expenditure during a 1500-m cycling time trial. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 39, n. 12, p. 2212–2218, 2007.

HILL, D.W.; ROWELL, A.L. Responses to exercise at the velocity associated with VO₂max. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v. 29, n. 1, p. 113-116, 1997.

HOWLEY ET, BASSETT DR JR, WELCH HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 27, n. 9, p. 1292-1301, 1995.

JACOBS, I.; KAISER, P. Lactate in blood, mixed skeletal muscle, and FT or ST fibres during cycle exercise in man. **Acta Physiological Scandinavia**, Stockholm, v. 114, n. 3, p. 461–466, 1982.

JACOBS, I.; TESCH, P.A.; BAR-OR, O.; Lactate in human skeletal muscle after 10 and 30 s of supramaximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 55, n. 2, p. 365–367, 1983.

JENKINS, D.G.; QUIGLEY, B.M. Endurance training enhances critical power. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v. 24, n. 11, p. 1283-1289, 1992.

JENKINS, D.G.; QUIGLEY, B.M. The influence of high-intensity exercise training on the Wlim-Tlim relationship. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v. 25, n. 2, p. 275-282, 1993.

JONES, A.M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Medicine**, Auckland, v. 29, n. 6, p. 373-386, 2000.

JONES, A.M.; DOUST, J.H. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. **Journal of sports sciences**, London, v. 14, n. 4, p. 321-327, 1996.

JONES, A.M.; WILKERSON, D.P.; DIMENNA, F.; FULFORD, J.; POOLE, D.C. Muscle metabolic responses to exercise above the 'critical power' assessed using 31PMRS. **American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology**, Bethesda, v. 294, n. 2, p. R585-R593, 2007.

JONES, A.M.; WILKERSON, D.P.; VANHATALO, A.; BURNLEY, M. Influence of pacing strategy on O₂ uptake and exercise tolerance. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, Copenhagen, v. 18, n. 5, p. 615-26 2008.

JONES, A.M.; WILKERSON, D.P.; VANHATALO, A.; BURNLEY, M. Influence of pacing strategy on o₂ uptake and exercise tolerance. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, Copenhagen, v. 18, n. 5, p. 615-26 2008.

JOSEPH, T.; JOHNSON, B.; BATTISTA, R.A.; WRIGHT, G.; DODGE, C.; PORCARI, J.P.; DE KONING, J.J.; FOSTER, C. Perception of fatigue during simulated competition. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v. 40, n. 10, p. 381–386, 2008.

KARLSSON J, SALTIN B. Lactate, ATP, and CP in working muscles during exhaustive exercise in man. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 29, n. 5, p. 596–602, 1970.

KARLSSON, J.; SALTIN, B. Diet, muscle glycogen and endurance performance. **Journal of applied physiology**, Washington, v. 31, n. 2, p. 203-206, 1971.

KATAYAMA, K.; SATO, Y.; ISHIDA, K.; MORI, S.; MIYAMURA, M. The effects of intermittent exposure to hypoxia during endurance exercise training on the ventilatory response to hypoxia and hypercapnia in humans. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 63, n. 3, p. 101-107, 1998.

KAY, D.; MARINO, F.E.; CANNON, J.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, M.I.; NOAKES, T.D. Evidence for neuromuscular fatigue during highintensity cycling in warm, humid conditions. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 84, n. 1-2, p. 115–121, 2001.

KAYSER, B.; NARICI, M.; BINZONI, T.; GRASSI, B.; CERRETELLI, P. Fatigue and exhaustion in chronic hypobaric hypoxia: influence of exercising muscle mass. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 76, n. 2, p. 634–640, 1994.

LAKE, M.J.; CAVANAGH, P.R. Six weeks of training does not change running mechanics or improve running economy. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v. 28, n. 7, p. 860-869, 1996.

LAMBERT, E.V.; ST CLAIR GIBSON, A.; NOAKES, T.D. Complex systems model of fatigue: integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans. *British Journal Sports Medicine*, London, v. 39, n. 1, p. 52–62, 2005.

LANGFORT, J.; ZARZECZNY, R.; PILIS, W.; NAZAR, K.; KACIUBA-USCITKO, H. The effect of a low-carbohydrate diet on performance, hormonal and metabolic responses to a 30-s bout of supramaximal exercise. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, Berlin, v. 76, n. 2, p. 128-133, 1997.

LAURSEN, P.B. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, Copenhagen, v. 20, Suppl 2, p. 1-10, 2010.

LAURSEN, P.B.; BLANCHARD, M.A.; JENKINS, D.G. Acute high-intensity interval training improves Tvent and peak power output in highly trained males. **Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquée**, Champaign, v. 27, n. 4, p. 336-348, 2002.

LAURSEN, P.B.; JENKINS, D.G. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. **Sports Medicine**, Auckland, v. 32, n. 1, p. 53-73, 2002.

LAURSEN, P.B.; RHODES, E.C. Factors affecting performance in an ultraendurance triathlon. **Sports Medicine**, Auckland, v. 31, n. 3, p. 195-209, 2001.

LAURSEN, P.B.; RHODES, E.C.; LANGHILL, R.H. Exercise induced hypoxemia (EIH): a review of proposed mechanisms and recent findings. **Biology of sport / Institute of Sport**, Warszawa v. 18, p. 87-105, 2001.

LAURSEN, P.B.; WATSON, G.; ABBISS, C.R.; WALL, B.A.; NOSAKA, K. Hyperthermic fatigue preceeds a rapid reduction in serum sodium in an ironman triathlete: a case report. **International journal of sports physiology and performance**, Champaign, v. 4, n. 4, p. 533-537, 2009.

LIMA-SILVA, A.E.; BERTUZZI, R.C.; PIRES, F.O.; BARROS, R.V.; GAGLIARDI, J.F.; HAMMOND, J.; KISS, M.A.; BISHOP, D.J. Effect of performance level on pacing strategy during a 10-km running race. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 108, n. 5, p. 1045-1053, 2010.

LIMA-SILVA, A.E.; PIRES, F.O.; BERTUZZI, R.C.; LIRA, F.S.; CASARINI, D.; et al. Low carbohydrate diet affects the oxygen uptake on-kinetics and rating of perceived exertion in high intensity exercise. **Psychophysiology**, Baltimore, v. 48, p. 277–284, 2011.

LINDINGER, M. I. Potassium regulation during exercise and recovery in humans: implications for skeletal and cardiac muscle. **Journal of molecular and cellular cardiology**, London. v. 27, n. 4, p. 1011–1022, 1995.

LINOSSIER, M.T.; DENNIS, C.; DORMOIS, D.; GEYSSANT, A.; LACOUR. J.R. Ergometric and metabolic adaptation to a 5-s sprint training programme. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 67, n. 5, p. 408-414, 1993.

LINOSSIER, M.T.; DORMOIS, D.; BRÉGÈRE, P.; GEYSSANT, A.; DENIS, C. Effect of sodium citrate on performance and metabolism of human skeletal muscle during supramaximal cycling exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v. 76, n. 1, p. 48-54, 1997.

LONDEREE, B.R. Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v. 29, n. 6, p. 837-843, 1997.

LUCIA, A.; HOYOS, J.; CHICHARRO, J.L. The slow component of VO₂ in professional cyclists. *British Journal Sports Medicine*, London, v. 34, n. 5, p. 367-374, 2000.

MACDOUGALL, J.D.; HICKS, A.L.; MACDONALD, J.R.; MCKELVIE, R.S.; GREEN, H.J.; SMITH, K.M. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v. 84, n. 6, p. 2138-2142, 1998.

MARCORA, S.M. Do we really need a central governor to explain brain regulation of exercise performance? *European journal of applied physiology*, Berlin, v. 104, n. 5, p. 929-931, 2008.

MARCORA, S.M.; BOSIO, A.; DE MORREE, H.M. Locomotor muscle fatigue increases cardiorespiratory responses and reduces performance during intense cycling exercise independently from metabolic stress. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, Bethesda, v. 294, n. 3, p. R874-883, 2008.

MARINO, F.E.; LAMBERT, M.I.; NOAKES, T.D. Superior performance of African runners in warm humid but not in cool environmental conditions. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v. 96, n. 1, p. 124–130, 2004.

MARINO, F.E.; MBAMBO, Z.; KORTEKAAS, E.; WILSON, G.; LAMBERT, M.I.; NOAKES, T.D.; DENNIS, S.C. Advantages of smaller body mass during distance running in warm, humid environments. *Pflügers Archiv: European journal of physiology*, Berlin, v. 441, n. 1-3, p. 359–367, 2000.

MAUGHAN, R.J.; POOLE, D.C. The effects of a glycogen-loading regimen on the capacity to perform anaerobic exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Berlin, v. 46, n. 3, p. 211-219, 1981.

MCKENNA, M.J.; HARMER, A.R.; FRASER, S.F.; LI, J.L. Effects of training on potassium, calcium and hydrogen ion regulation in skeletal muscle and blood during exercise. **Acta Physiological Scandinavia**, Stockholm, v. 156, n. 3, p. 335-346, 1996.

MCLESTER, J.R. Jr. Muscle contraction and fatigue. The role of adenosine 5'-9' diphosphate and inorganic phosphate. **Sports Medicine**, Auckland, v. 23, n. 5, p. 287-305, 1997.

MEDBØ, J. I.; SEJERSTED, O. M. Plasma potassium changes with high intensity exercise. **The Journal of physiology**, London, v. 421, p. 105-122, 1990.

MILLET, G. Ultra-Trail Plaisir, Performance et Santé. Lyon: **Outdoor-editions**, 2012.

MIURA, A.; SATO, H.; WHIPP, B.J.; FUKUBA, Y. The effect of glycogen depletion on the curvature constant parameter of the power-duration curve for cycle ergometry. **Ergonomics**, Londres, v. 43, n. 1, p. 133-141, 2000.

MORITANI, T.; NAGATA, A.; DEVRIES, H.A.; MURO, M. Critical power as a measure of physical working capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, London, v. 24, n. 5, p. 339-350, 1981.

NEWSHOLM, E.A. Application of principles of metabolic control to the problem of metabolic limitations in sprinting, middle distance, and marathon running. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 7, Sup. 1, p. 66-70, 1986.

NIELSEN, B.; HYLDIG, T.; BIDSTRUP, F. Brain activity and fatigue during prolonged exercise in the heat. **Pflügers Archiv : European journal of physiology**, Berlin, v. 442, n. 1, p.41-48, 2001.

NIELSEN, B.; STRANGE, S.; CHRISTENSEN, N.J.; WARBERG, J.; SALTIN, B. Acute and adaptive responses in humans to exercise in a warm, humid environment. **Pflügers Archiv: European journal of physiology**, Berlin, v. 434, n. 1, p. 49-56, 1997.

NOAKES, T. Lore of Running. Champaign (IL): **Leisure Press**, 1991.

NOAKES, T.D. Linear relationship between the perception of effort and the duration of constant load exercise that remains. **Journal of applied physiology**, Bethesda, v. 96, n. 4, p. 1571–1572, 2004.

NOAKES, T.D.; PELTONEN, J.E.; RUSKO, H.K. Evidence that a central governor regulates exercise performance during acute hypoxia and hyperoxia. **The Journal of experimental biology**, London, v. 204, Pt. 18, p. 3225-3234, 2001.

NOAKES, T.D.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, E.V. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. **British Journal Sports Medicine**, London, v. 39, n. 2, p. 120–124, 2005.

NORTON, K.; OLDS, T. Anthropometrica. Sidney, Australia: **Southwood, Press**, 1996.

NUMMELA AT, HEATH KA, PAAVOLAINEN LM, LAMBERT MI, ST CLAIR GIBSON A, RUSKO HK, NOAKES TD. Fatigue during a 5-km running time trial. **International Journal of Sports Medicines**, Stuttgart, n. 29, v. 9, p. 738-745, 2008.

NUMMELA, A.; VUORIMAA, T.; RUSKO, H.K. Changes in force production, blood lactate and EMG activity in the 400-m sprint. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 10, n. 3, p. 217–228, 1992.

PANDOLF, K.B. Effects of physical training and cardiorespiratory physical fitness on exercise-heat tolerance: recent observations. **Medicine And Science In Sports**, Madison, v. 11, n. 1, 60-65, 1979.

PARRA, J.; CADEFAU, J.A.; RODAS, G.; AMIGÓ, N.; CUSSÓ, R. The distribution of rest periods affects performance and adaptations of energy metabolism induced by high-intensity training in human muscle. **Acta Physiological Scandinavia**, Stockholm, v. 169, n. 2, p. 157-165, 2000.

PELTONEN, J.E.; LEPPÄVUORI, A.P.; KYRÖ, K.P.; MÄKELÄ, P.; RUSKO, H.K. Arterial haemoglobin oxygen saturation is affected by FiO₂ at submaximal running velocities in elite athletes. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, Copenhagen, v. 9, n. 5, p. 265–271, 1999.

PELTONEN, J.E.; RANTAMÄKI, J.; NIITTYMÄKI, S.P.; SWEINS, K.; VIITASALO, J.T.; RUSKO, H.K. Effects of oxygen fraction in inspired air on rowing performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 27, n. 4, p. 573-579, 1995.

PELTONEN, J.E.; RUSKO, H.K.; RANTAMÄKI, J.; SWEINS, K.; NIITTYMÄKI, S.; VIITASALO, J.T. Effects of oxygen fraction in inspired air on force production and electromyogram activity during ergometer rowing. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v. 76, n. 6, p. 495-503, 1997.

POLLOCK, M.L.; JACKSON, A.S. Research progress in validation of clinical methods of assessing body composition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 16, n. 6, p. 606-15, 1984.

PRICE, M.; HALABI, K. The effects of work – rest duration on intermittent exercise and subsequent performance. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 23, n. 8, p. 835-842, 2005.

RAUCH, H.G.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, E.V.; NOAKES, T.D. A signalling role for muscle glycogen in the regulation of pace during prolonged exercise. *British Journal Sports Medicine*, London, v. 39, n. 1, p. 34–38, 2005.

ROBINSON, S.; ROBINSON, D.L.; MOUNTJOY, R.J.; BULLARD, R.W. Influence of fatigue on the efficiency of men during exhausting runs. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v. 12, n. 2, p. 197–201, 1958.

RODAS, G.; VENTURA, J.L.; CADEFAU, J.A.; CUSSÓ, R.; PARRA, J. A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v. 82, n. 5-6, p. 480-486, 2000.

ROELANDS, B.; DE-KONING, J.; FOSTER, C.; HETTINGA, F.; MEEUSEN, R. Neurophysiological determinants of theoretical concepts and mechanisms involved in pacing. *Sports Medicine*, Auckland, v. 43, n. 5, p. 301-311, 2013.

SALTIN, B.; ESSEN, B.; PEDERSEN, P.K. Intermittent exercise: its physiology and some practical applications. In: JOEKLE, E.; ANAND, R.L.; STOBOY, H.; editors. *Advances in exercise physiology*, v. 9, p. 23-51 (Medicine Sport; 5), Basel: **Karger**, 1976.

SEALEY, R.M.; SPINKS, W.L.; LEICHT, A.S.; SINCLAIR, W.H. Identification and reliability of pacing strategies in outrigger canoeing ergometry. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*, Victoria, v. 13, n. 2, p. 241-246, 2010.

SEILER, S.; HETLELID, K.J. The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. *Medicine and science in sports and exercise*, Madison, v. 37, n. 9, p. 1601-1607, 2005.

SHEPLEY, B.; MACDOUGALL, J.D.; CIPRIANO, N.; SUTTON, J.R.; TARNOPOLSKY, M.A.; COATES, G. Physiological effects of tapering in highly trained athletes. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 72, n. 2, p. 706-711, 1992.

SIMONEAU, J.A.; LORTIE, G.; BOULAY, M.R.; MARCOTTE, M.; THIBAUT, M.C.; BOUCHARD, C. Effects of two highintensity intermittent training programs interspaced by detraining on human skeletal muscle and performance. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 56, n. 5, p. 516-521, 1987.

SJODIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 2, n. 1, p. 23–26, 1981.

SMITH, T.P.; COOMBES, J.S.; GERAGHTY, D.P. Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O₂ uptake and the time for which this can be maintained. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 89, n. 3-4, p. 337-43, 2003.

SMITH, T.P.; MCNAUGHTON, L.R.; MARSHALL, K.J. Effect of 4-wk training using V_{max}/T_{max} on VO₂max and performance in athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison v. 31, n. 6, p. 892-6, 1999.

ST CLAIR GIBSON, A.; BADEN, D.A.; LAMBERT, M.I. et al. The conscious perception of the sensation of fatigue. **Sports medicine**, Auckland, v. 33, n. 3, p. 167-176, 2003.

ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, E.V.; RAUCH, L.H.G. et al. The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort. **Sports medicine**, Auckland, v. 36, n. 8, p. 705-722, 2006.

ST CLAIR GIBSON, A.; NOAKES, T.D. Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. *British Journal Sports Medicine*, London, v. 38, n. 6, p. 797–806, 2004.

ST CLAIR GIBSON, A.; SCHABORT, E.J.; NOAKES, T.D. Reduced neuromuscular activity and force generation during prolonged cycling. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, Bethesda, v. 281, n. 1, p. R187–196, 2001.

STEPTO, N.K.; MARTIN, D.T.; FALLON, K.E.; HAWLEY, J.A. Metabolic demands of intense aerobic interval training in competitive cyclists. *Medicine and science in sports and exercise*, Madison, v. 33, n. 2, p. 303-310, 2001.

STOCKHAUSEN, W.; GRATHWOHL, D.; BURKLIN, C.; SPRANZ, P.; KEUL, J. Stage duration and increase of work load in incremental testing on a cycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v. 76, n. 4, p. 295–301, 1997.

SWART, J.; LAMBERTS, R.P.; LAMBERT, M.I.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, E.V.; SKOWNO, J.; NOAKES, T.D. Exercising with reserve: evidence that the central nervous system regulates prolonged exercise performance. *British journal of sports medicine*, London, v. 43, n. 10, p. 782–788, 2009.

TABATA, I.; IRISAWA, K.; KOUZAKI, M.; NISHIMURA, K.; OGITA, F.; MIYACHI, M. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Medicine and science in sports and exercise*, Madison, v. 29, n. 3, p. 390-395, 1997.

TATTERSON, A.J.; HAHN, A.G.; MARTIN, D.T.; FEBBRAIO, M.A. Effects of heat stress on physiological responses and exercise performance in elite cyclists. *Journal Of Science And Medicine In Sport / Sports Medicine Australia*, Victoria, v. 3, n. 2, p. 186–193, 2000.

TAYLOR, A.D.; BRONKS, R.; SMITH, P.; HUMPHRIES, B. Myoelectric evidence of peripheral muscle fatigue during exercise in severe hypoxia: some references to m. vastus lateralis myosin heavy chain composition. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 75, n. 2, p. 151–159, 1997.

TAYLOR, D.J.; BORE, P.J.; STYLES, P.; GADIAN, D.G.; RADDA, G.K. Bioenergetics of intact human muscle. A ³¹P nuclear magnetic resonance study. **Molecular biology & medicine**, London, v. 1, n. 1, p. 77–94, 1983.

TERRADOS, N. Altitude training and muscular metabolism. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 13, Sup. 1, p. S206-S209, 1992.

THIEL, C.; FOSTER, C.; BANZER, W.; DE-KONING, J. Pacing in Olympic track races: Competitive tactics versus best performance strategy, **Journal of Sports Sciences**, London, v. 30, n. 11, p. 1107-1115, 2012.

THOMAS, K.; STONE, M.R.; THOMPSON, K.G.; ST CLAIR GIBSON, A.; ANSLEY, L. Reproducibility of pacing strategy during simulated 20-km cycling time trials in well-trained cyclists. **European journal of applied physiology**, Berlin, v. 112, n. 1, p. 223-229, 2012.

THOMPSON, K.G.; HALJAND, R.; MACLAREN, D.P. An analysis of selected kinematic variables in national and elite male and female 100-m and 200-m breaststroke swimmers. **Journal of sports sciences**, London, v. 18, n. 6, p. 421-431, 2000.

THOMPSON, K.G.; MACLAREN, D.P.; LEES, A. et al. The effect of even, positive and negative pacing on metabolic, kinematic and temporal variables during breaststroke swimming. **European journal of applied physiology**, Berlin, v. 88, n. 4-5, p. 438-443, 2003.

THOMPSON, K.G.; MACLAREN, D.P.; LEES, A.; ATKINSON, G. The effects of changing pace on metabolism and stroke characteristics during high-speed breaststroke swimming. **Journal of sports sciences**, London, v. 22, n. 2, p. 149–157, 2004.

TUCKER, R. The anticipatory regulation of performance: The physiological basis for pacing strategies and the development of a perception-based model for exercise performance. **British Journal of Sports Medicine**, London, v. 43, n. 6, p. 392–400, 2009.

TUCKER, R.; LAMBERT, M.I.; NOAKES, T.D. An analysis of pacing strategies during men's world-record performances in track athletics. **International journal of sports physiology and performance**, Champaign, v. 1, n. 1, p. 233–245, 2006.

TUCKER, R.; MARLE, T.; LAMBERT, E.V.; NOAKES, T.D. The rate of heat storage mediates an anticipatory reduction in exercise intensity during cycling at a fixed rating of perceived exertion. **The Journal of physiology**, London, v. 574, n. pt 3, p. 905–915, 2006.

TUCKER, R.; NOAKES, T. D. The physiological regulation of pacing strategy during exercise: a critical review. **British Journal Sports Medicine**, London, v. 43, n. 6, Epub 2009.

TUCKER, R.; RAUCH, L.; HARLEY, Y.X.; NOAKES, T.D. Impaired exercise performance in the heat is associated with an anticipatory reduction in skeletal muscle recruitment. **Pflügers Archiv: European journal of physiology**, Berlin, v. 448, n. 4, p. 422–430, 2004.

ULMER, H.V. Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. **Experientia**, Basel, v. 52, n. 2, p. 416–420, 1996.

WESTON, A.R.; MYBURGH, K.H.; LINDSAY, F.H.; DENNIS, S.C.; NOAKES, T.D.; HAWLEY, J.A. Muscle buffering capacity and endurance performance after high intensity training by well-trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 75, n. 1, p. 7-13, 1997.

ZAMPARO P, PERINI R, PEANO C, DI PRAMPERO PE. The Self Selected Speed Of Running In Recreational Long Distance Runners. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 22, n. 8, p. 598-604, 2001.

ZAVORSKY, G.S.; MONTGOMERY, D.L.; PEARSALL, D.J. Effect of intense interval workouts on running economy using three recovery durations. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v. 77, n. 3, p. 224-230, 1998.

ANEXOS

ANEXO I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL****1. DADOS DO SUJEITO**

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**

Impacto de 4 semanas de treinamento intervalado de alta intensidade sobre variáveis fisiológicas determinantes da aptidão aeróbia e a estratégia de corrida adotada durante um teste contra-relógio de 5 km.

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

2 meses

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

O presente estudo tem como objetivo verificar se o treinamento intervalado intensivo aplicado durante um mês (duas sessões por semana) em corredores amadores promove adaptações fisiológicas que venham influenciar na distribuição do *pacing* em uma corrida de 5000m. O estudo terá duração máxima de oito semanas. Na primeira visita ao laboratório, faremos sua composição corporal (peso, altura e percentual de gordura) e um teste progressivo até a exaustão. Na segunda sessão você irá realizar um teste de economia de corrida e um teste de tempo limite na velocidade de VO_{2max} . Ambos os testes serão realizados em esteira rolante e você estará utilizando uma máscara conectada a um analisador de gases, onde o consumo de oxigênio será aferido respiração a respiração. A terceira sessão será composta por um teste contra-relógio de 5 km de corrida em pista. No teste máximo até exaustão (sessão 1), inicialmente você irá realizar um aquecimento de cinco minutos a uma velocidade de 8 km.h^{-1} com 1% de inclinação. Em seguida, a velocidade será aumentada para 10 km.h^{-1} , e a partir deste momento, a cada três minutos, os pesquisadores irão aumentar a velocidade da esteira em 1 km.h^{-1} até que você atinja a exaustão voluntária. A frequência cardíaca será mensurada a cada 30 segundos e serão coletados 25 μl de sangue do lóbulo da orelha antes do início do teste, após o aquecimento, ao final de cada estágio e após o encerramento. No teste de economia de corrida, após um prévio aquecimento, você irá correr na esteira rolante por seis minutos a uma velocidade constante de 12 km.h^{-1} . Serão coletados 25 μl de sangue do lóbulo da orelha antes do início do teste, após o aquecimento e ao final do teste. A frequência cardíaca será mensurada a cada 30 segundos. Passados cinco minutos de intervalo, daremos início ao teste de tempo limite na velocidade de VO_{2max} , onde você deverá correr o maior tempo possível na menor velocidade em que o seu VO_{2max} é atingido, conforme valores obtidos no teste da sessão 1. Similarmente, a frequência cardíaca será mensurada a cada 30 segundos e também serão coletados 25 μl de sangue do lóbulo da orelha antes do início do teste e após o término. Durante todos os testes ficará uma pessoa em prontidão ao lado da esteira para sua segurança. Para o teste contra-relógio de 5 km em pista, você irá realizar um aquecimento livre de dez minutos, alongamento livre, e então, ao comando verbal do pesquisador, iniciará a corrida (5 km) tentando completá-la no melhor tempo possível. A frequência cardíaca, velocidade média e *pacing* estarão sendo aferidos durante o teste por um GPS de pulso que você estará usando. Você será informado acerca da distância percorrida a cada duas voltas. Antes do início e ao final do teste serão repetidas as coletas de sangue do lóbulo da orelha como previamente descrito. Todas as coletas realizadas serão utilizadas para a determinação das concentrações de lactato sanguíneo. Todo o material utilizado nas coletas é descartável. Todos os testes serão acompanhados por, no mínimo, dois pesquisadores com experiência nos procedimentos realizados. Passado esse período, iniciaremos quatro semanas de treinamento onde serão aplicadas duas sessões semanais de treinamento intervalado sob a orientação de um pesquisador. Após essas quatro semanas, serão aplicados novamente os mesmos testes das sessões 1, 2 e 3.

Existem poucos riscos e desconfortos relacionados aos procedimentos que serão aplicados. Dentre os possíveis desconfortos estão os relacionados aos testes progressivos até a exaustão voluntária, como náuseas, vômitos e enjôos. Adicionalmente, pode haver um leve desconforto na coleta de sangue no que se refere à inserção de uma lanceta no lóbulo da orelha. Entretanto, menos de 1% da população americana apresenta desconforto extremo durante este tipo de teste (American College of Sports Medicine). Além disso, esse tipo de teste é rotineiro em laboratórios de avaliação física, com poucos casos de desconforto excessivo por parte dos pacientes.

Ao final do estudo, você terá total acesso aos seus dados. Com os testes realizados, será fornecido um relatório com a composição corporal (peso, altura, percentual de gordura e de massa magra), os índices fisiológicos (VO_{2max} , limiares ventilatórios e de lactato, frequência cardíaca máxima), além de um comentário acerca de como utilizá-los na quantificação das cargas de treinamento ao longo de uma periodização, bem como os benefícios do treinamento intervalado para corredores de meio fundo e fundo.

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

1. 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 e/ou congressos científicos, não sendo mencionados dados pessoais. Caso deseje, você poderá pessoalmente tomar conhecimento dos resultados ao final 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.

Você poderá desistir ou interromper a sua 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 e/ou congressos científicos, através de média e desvio padrão (ou outras medidas de tendência central), sem que os dados pessoais sejam mencionados.

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

No caso de possível desconforto provocado pelos procedimentos desta pesquisa você será prontamente atendido no próprio local. Em casos mais cuidadosos, terá assistência médica no HU ou na 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
Av. Professor Mello Moraes, 65
Telefone: (11) 2985-6185
Rogério Carvalho da Silva
Endereço: Pça Prof Ademir Nor Nogueira, 86
Telefone: (11) 9878-8464

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)

ANEXO II

Ficha para controle de volume diário e semanal de treinos									
Histórico semanal de treino (Período pré-experimental)									
		2a	3a	4a	5a	6a	Sab	Dom	Total
S1	km								
	hr/min								
S2	km								
	hr/min								
S3	km								
	hr/min								
S4	km								
	hr/min								
Histórico semanal de treino (Período experimental - treinamento intervalado)									
		2a	3a	4a	5a	6a	Sab	Dom	Total
S1	km								
	hr/min								
S2	km								
	hr/min								
S3	km								
	hr/min								
S4	km								
	hr/min								

Treino por tempo preencher em "hr/min"; Treino por quilometragem preencher em "Km"

No campo "Total" preencher o volume total da semana (em Km ou em hr/min)