

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ASSOCIADO EM
EDUCAÇÃO FÍSICA – UEM/UEL

CECÍLIA SEGABINAZI PESERICO

**DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE
PICO A PARTIR DE DIFERENTES
PROTOCOLOS INCREMENTAIS:
REPRODUTIBILIDADE E
CORRELAÇÃO COM A
PERFORMANCE EM CORRIDAS DE
*ENDURANCE***

Maringá
2012

CECÍLIA SEGABINAZI PESERICO

**DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE PICO A
PARTIR DE DIFERENTES PROTOCOLOS
INCREMENTAIS: REPRODUTIBILIDADE E
CORRELAÇÃO COM A *PERFORMANCE* EM
CORRIDAS DE *ENDURANCE***

Dissertação de Mestrado
apresentada ao Programa de Pós-
Graduação Associado em Educação
Física – UEM/UEL, para obtenção do
título de Mestre em Educação Física.

Orientadora: Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado

Maringá
2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

P474d

Peserico, Cecília Segabinazi
Determinação da velocidade pico a partir de
diferentes protocolos incrementais :
reprodutibilidade e correlação com a performance em
corridas de endurance / Cecília Segabinazi Peserico.
-- Maringá, 2012.
111 f. : il., figs., tabs.

Orientadora: Prof.a Dr.a Fabiana Andrade Machado.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências da Saúde, Departamento
Educação Física, Programa de Pós-Graduação Associado
em Educação Física - UEM/UEL, Universidade Estadual
de Londrina, 2012.

1. Corrida. 2. Avaliação de desempenho. 3.
Exercício físico. I. Machado, Fabiana Andrade,
orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro
de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação
Associado em Educação Física - UEM/UEL. III.
Universidade Estadual de Londrina. Programa de Pós-
Graduação Associado em Educação Física - UEM/UEL.
IV. Título.

CDD 22.ed. 613.7172

SOI-000846

CECÍLIA SEGABINAZI PESERICO

**DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE PICO A
PARTIR DE DIFERENTES PROTOCOLOS
INCREMENTAIS: REPRODUTIBILIDADE E
CORRELAÇÃO COM A *PERFORMANCE* EM
CORRIDAS DE *ENDURANCE***

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL, na área de concentração em Desempenho Humano e Atividade Física, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 23 de novembro de 2012.



Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto



Profa. Dra. Solange Marta Franzói de
Moraes



Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado
(Orientadora)

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus familiares, especialmente à minha mãe, Beatriz M. S. Peserico e ao meu pai, Roberto Roge Peserico.

Agradecimentos

A concretização desta pesquisa tornou-se possível não apenas pelos meus esforços, mas graças a ajuda de muitas pessoas que de alguma forma fizeram parte deste momento em minha vida.

Primeiramente, agradeço a Deus por guiar todos os meus pensamentos e estar presente em todos os momentos que precisei.

À minha família pelo incentivo, em especial minha mãe, Beatriz M. S. Peserico, que sempre esteve ao meu lado me apoiando, incentivando e acompanhando todas as fases da minha pesquisa.

Ao meu namorado, Douglas Violin, pelo grande companheirismo e por me incentivar a ir em busca dos meus objetivos e sonhos.

À minha orientadora, Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado, pelo aprendizado, parceria em todos os momentos, pela confiança e pela dedicação neste trabalho. Com certeza com ela aprendi e tive experiências únicas que marcaram minha formação e serão levadas por toda a minha vida acadêmica.

Aos meus amigos Danilo, Ana Claudia, Paulo, Julio, que me auxiliaram e acompanharam a realização do meu projeto, em especial, ao Danilo que foi meu grande parceiro de trabalho, estudos e aprendizados.

A Profa. Dra. Solange Marta Franzói de Moraes que participou da minha formação, e em especial neste trabalho foi nossa parceira cedendo seu laboratório para realização das avaliações que fizeram parte deste estudo, e também por aceitar o convite para ser banca desta defesa.

Ao Prof. Alessandro Moura Zagatto que prontamente aceitou o convite para ser banca dessa defesa.

Por fim, agradeço a todos os corredores que participaram deste estudo pelo esforço dedicado durante os testes.

PESERICO, Cecília Segabinazi. **Determinação da velocidade pico a partir de diferentes protocolos incrementais: reprodutibilidade e correlação com a performance em corridas de endurance.** 2012.111f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Centro de Ciências da Saúde. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

RESUMO

A velocidade pico (V_{pico}) tem se mostrado uma efetiva preditora da *performance* em corridas de *endurance*, assim como outras variáveis fisiológicas (consumo máximo de oxigênio, limiares relacionados à resposta do lactato sanguíneo) é determinada a partir da realização de testes incrementais máximos. Além disso, o *design* do protocolo incremental influencia nas respostas destas variáveis. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar o melhor protocolo, a partir de testes incrementais com diferentes taxas de incremento ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), para determinação da V_{pico} . Participaram do estudo 20 corredores com idade de $25,3 \pm 3,1$ anos; massa corporal $76,2 \pm 8,5$ kg; estatura $178,5 \pm 0,1$ cm; índice de massa corporal $23,9 \pm 2,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$; percentual de gordura $13,5 \pm 3,2\%$ e com experiência em provas de 10 km (tempo de prática de $3,5 \pm 3,2$ anos). Os participantes realizaram, aleatoriamente em teste-reteste, três diferentes testes incrementais máximos de corrida em esteira ergométrica multiprogramável com velocidade inicial de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e estágios de três minutos de duração. Cada teste diferenciou-se em relação à taxa de incremento entre os estágios, sendo estes de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (protocolo leve), $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (protocolo médio) e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (protocolo pesado). Após os testes incrementais, os participantes realizaram duas *performances* de uma hora (*time trial*) de corrida, sendo a primeira realizada em esteira ergométrica e a segunda, em pista de atletismo de 400m. Durante os testes incrementais, ao final de cada estágio, foram monitoradas a frequência cardíaca (FC) e a percepção subjetiva de esforço (PSE), sendo os maiores valores de FC e PSE atingidos ao final do teste incremental máximo considerados como a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e a PSE máxima (PSE_{max}). A V_{pico} foi considerada a máxima velocidade atingida no teste incremental, sendo ajustada a partir da equação proposta por Kuipers et al. (2003), caso o participante não concluísse o último estágio do teste. Nas *performances* foram registradas as velocidades médias - VM (ritmo de corrida) a cada 15 minutos, e os valores de FC e PSE a cada 10 minutos para determinação da FC_{max} , frequência cardíaca média (FC_{med}) e PSE_{max} . No 5º minuto após o término de cada teste (incrementais e *performances*), foram coletadas amostras sanguíneas para a determinação da concentração pico de lactato sanguíneo (LA_{pico}). A reprodutibilidade teste-reteste foi representada pelos coeficientes de correlação intraclasse (CCI) e de correlação de Pearson (r), pelo erro padrão da medida (EPM), coeficiente de variação (CV) e análise de Bland-Altman. As variáveis obtidas nos três diferentes protocolos incrementais foram comparadas pela Anova de medidas repetidas; as *performances* foram comparadas pelo teste t para amostras pareadas. As relações entre as *performances* e a V_{pico} foram demonstradas pelo coeficiente de correlação de Pearson

(r), erro padrão da estimativa (EPE) e pela análise de regressão linear simples. Adotou-se, para todas as análises, nível de significância de $P < 0,05$. Os resultados demonstraram que os valores da V_{pico} foram estatisticamente diferentes entre os protocolos leve, médio e pesado ($14,6 \pm 0,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; $15,6 \pm 0,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; $16,5 \pm 0,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente). Além disso, a V_{pico} apresentou elevada reprodutibilidade nos três protocolos, com elevados valores de correlação ($r = 0,85$ a $0,96$; $\text{CCI} = 0,85$ a $0,94$) e baixos valores de EPM ($0,17$ a $0,30$) e CV ($1,13\%$ a $1,78\%$). As variáveis duração do teste, FC_{max} e PSE_{max} também apresentaram-se reprodutíveis; entretanto, o LA_{pico} pós-exercício não mostrou-se reprodutível, principalmente devido aos elevados valores de CV e baixos valores de CCI. A V_{pico} determinada no protocolo médio apresentou a mais elevada correlação ($r = 0,88$ e $0,83$ em esteira e pista, respectivamente) e o menor EPE (esteira = $0,38$; pista = $0,47$) com ambas as *performances*. A VM da prova realizada em esteira ($11,8 \pm 0,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) foi estatisticamente menor que na prova em pista ($12,2 \pm 0,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Em conclusão, a taxa de incremento utilizada no protocolo incremental influenciou as repostas da V_{pico} e de outras variáveis fisiológicas (FC_{max} , LA_{pico} pós-exercício, FC e PSE submáximas). Além disso, a V_{pico} apresentou elevada reprodutibilidade e correlação com as *performances* em provas de uma hora.

Palavras chave: Exercício, corrida, avaliação de desempenho.

PESERICO, Cecília Segabinazi. **Determination of peak running speed from different incremental protocols: reproducibility and correlation with endurance running performance.** 2012. 111f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Centro de Ciências da Saúde. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

ABSTRACT

Peak running speed (V_{peak}) has been shown to be an effective predictor of endurance running performance, and such as other physiological variables (maximal oxygen uptake and the thresholds related to blood lactate responses) is determined from maximal incremental tests. Furthermore, the *design* of the incremental protocol influences the responses of these variables. Thus, the objective of the present study was to verify the best protocol, from incremental tests with different rates of increment ($0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), for determining V_{peak} . Twenty runners participated aged 25.3 ± 3.1 years, body mass $76.2 \pm 8.5 \text{ kg}$, height $178.5 \pm 0.1 \text{ cm}$, body mass index $23.9 \pm 2.3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, body fat $13.5 \pm 3.2\%$, and experience in competing 10 km (practice time of 3.5 ± 3.2 years). Participants performed, randomly, in test-retest, three maximal running incremental testes on a motorized treadmill with an initial velocity of $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ and 3-min stages durations. Each test differed from the rate of increment between stages, which are $0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (slight protocol), $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (intermediate protocol) and $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (heavy protocol). After the incremental tests, participants performed two running performances in one hour time trial, in which the first was performed on a treadmill and the second in 400m athletics track. During the tests at the end of each stage, heart rate (HR) and rating of perceived exertion (RPE) were monitored, and the highest values of HR and RPE reached at the end of the maximal incremental test considered maximal heart rate (HR_{max}) and maximal rating of perceived exertion (RPE_{max}). The V_{peak} was considered the maximum speed attained in the incremental test, being adjusted from the equation proposed by Kuipers et al. (2003), if the participant didn't complete the last stage of the test. During the performances mean speed (race pace) were recorded every 15 minutes; the values of HR and RPE were recorded every 10 minutes to determine HR_{max} , mean heart rate (HR_{mean}) and RPE_{max} . At the fifth minute after tests (incremental tests and performances) blood samples were collected for the determination of the peak blood lactate concentration (LA_{peak}). The reproducibility test-retest was represented by intraclass correlation coefficient (ICC), Pearson's correlation coefficient (r), standard error of measurement (SEM), coefficient of variation (CV) and Bland and Altman analysis. The variables obtained in the three different incremental protocols were compared using a repeated measures ANOVA; performances were compared by Student's t test to related samples. The relationships between performances and V_{peak} were demonstrated by Pearson correlation coefficient (r), standard error of estimate (SEE) and by simple linear regression analysis. For all analysis significance level of $P < 0.05$ was adopted. The results showed that the values of V_{peak} were statistically different between slight, intermediate and heavy protocols ($14.6 \pm 0.7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; $15.6 \pm 0.7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; $16.5 \pm 0.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectively). Further, the V_{peak} showed high reproducibility in all three

protocols, with high correlation values ($r = 0.85$ to 0.96 ; $ICC = 0.85$ a 0.94) and low values of SEM (0.17 to 0.30) and CV (1.13% to 1.78%). The variables test duration, HR_{max} and PSE_{max} also presented as reproducible; however, the LA_{peak} post-exercise was not reproducible, mainly due to high CV values and low values of ICC. The V_{peak} determined in the intermediate protocol presented the highest correlation ($r = 0.88$ and 0.83 , treadmill and track, respectively) and lowest SEE (treadmill = 0.38 ; track = 0.47) with both performances. The mean speed of the one hour time trial performed on the treadmill ($11.8 \pm 0.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) was lower than in the track performance ($12.2 \pm 0.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). In conclusion, the rate of increment used in incremental protocol influenced the responses of V_{peak} and other physiological variables (HR_{max} , LA_{peak} post-exercise, submaximal HR and RPE). Furthermore, V_{peak} showed high reproducibility and correlation with running performance in one hour time trial.

Keywords: Exercise, running, performance evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 8.1 - Correlação entre a V_{pico} determinada no protocolo incremental médio e as <i>performances</i> nas provas de uma hora.....	84
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 - Comparação entre as variáveis obtidas durante os testes incrementais com taxas de incremento de 0,5 km·h ⁻¹ (leve), 1 km·h ⁻¹ (médio) e 2 km·h ⁻¹ (pesado) (n=20).....	38
Tabela 6.2 - Valores submáximos de FC e seus respectivos percentuais da FC _{max} para quatro intensidades (8,10,12,14 km·h ⁻¹) dos diferentes protocolos incrementais (n=20).....	39
Tabela 6.3 - Valores submáximos de PSE para quatro intensidades (8,10,12,14 km·h ⁻¹) durante os diferentes protocolos incrementais (n=20).....	39
Tabela 6.4 - Concentração de lactato pico (LA _{pico} , (mmol·L ⁻¹)) após testes incrementais com taxas de incrementos de 0,5 km·h ⁻¹ (leve), 1 km·h ⁻¹ (médio) e 2 km·h ⁻¹ (pesado) (n=11).....	40
Tabela 6.5 - Correlações entre as variáveis obtidas durante os três protocolos com diferentes taxas de incremento (n=20).....	40
Tabela 7.1 - Variáveis determinadas durante os testes incrementais com taxas de incremento de 0,5 km·h ⁻¹ (leve), 1 km·h ⁻¹ (médio) e 2 km·h ⁻¹ (pesado) realizados nos momentos teste-reteste (n=20).....	58
Tabela 7.2 - Análise de Bland-Altman das variáveis obtidas nos momentos teste-reteste para os protocolos leve, médio e pesado (n=20).....	59
Tabela 7.3 - Medidas de reprodutibilidade teste-reteste das variáveis determinadas durante os protocolos leve, médio e pesado representados pelos coeficientes de correlação de Pearson (r) e intraclasse (CCI), erro padrão da medida (EPM) e coeficiente de variação (CV) (n = 20).....	60
Tabela 7.4 - Valores submáximos de FC (bpm) obtidos em teste-reteste em quatro intensidades (8,10,12,14 km·h ⁻¹) durante os protocolos leve, médio e pesado (n=20)	61
Tabela 7.5 - Medidas de reprodutibilidade teste-reteste dos valores submáximos de FC obtidos nos protocolos leve, médio e pesado representados pela diferença absoluta, erro padrão da medida (EPM), coeficiente de variação (CV) e coeficiente de correlação intraclasse (CCI) (n = 20).....	61
Tabela 7.6 - Valores submáximos de PSE obtidos nos momentos teste-reteste em quatro intensidades (8,10,12,14 km·h ⁻¹) durante os protocolos leve, médio e pesado (n=20).....	62

Tabela 7.7 - Medidas de reprodutibilidade teste-reteste dos valores submáximos de PSE obtidos nos protocolos leve, médio e pesado representados pela diferença absoluta, erro padrão da medida (EPM), coeficiente de variação (CV) e coeficiente de correlação intraclassa (CCI) (n = 20).....	62
Tabela 8.1 - Variáveis obtidas durante os testes incrementais com taxas de incremento de 0,5 km·h ⁻¹ (leve), 1 km·h ⁻¹ (médio) e 2 km·h ⁻¹ (pesado) (n=19).....	83
Tabela 8.2 - Relações entre as velocidades médias (VM) das provas de uma hora e a velocidade pico (V _{pico}) obtida durante os testes incrementais com taxas de incremento de 0,5 km·h ⁻¹ (leve), 1 km·h ⁻¹ (médio) e 2 km·h ⁻¹ (pesado) (n=19).....	84
Tabela 8.3 - Comparações entre as variáveis obtidas nas provas de uma hora realizadas em esteira e pista (n=19).....	85
Tabela 8.4 Velocidades médias (VM), determinadas a cada 15 minutos, das provas de uma hora realizadas em esteira e pista (n=19).....	86
Tabela 8.5 - Valores de frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) obtidos a cada 10 minutos durante as provas de uma hora realizadas em esteira e pista (n=19).....	86

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CCI	Correlação intraclasse
cm	Centímetros
CV	Coeficiente de Variação
Dc	Densidade Corporal
D_{max}	Limiar de lactato determinado pelo método do máximo desvio
EC	Economia de Corrida
EPE	Erro Padrão da Estimativa
EPM	Erro Padrão da Medida
EPM_{ln}	Erro Padrão da Medida do logaritmo natural
FC	Frequência Cardíaca
FC_{max}	Frequência Cardíaca máxima
FC_{maxpred}	Frequência Cardíaca máxima predita
FC_{med}	Frequência Cardíaca média da <i>performance</i>
IMC	Índice de Massa Corporal
kg	Quilogramas
kg·m⁻²	Quilogramas por metro quadrado
km	Quilômetros
km·h⁻¹	Quilômetros por hora
LAn	Limiar Anaeróbio
LA_{pico}	Lactato pico
LC	Limites de concordância
LL	Limiar de Lactato
MFEL	Máxima Fase Estável de Lactato
m	Metros
min	Minutos
mL·kg⁻¹·min⁻¹	Mililitros por quilograma por minuto
mmol·L⁻¹	Milimol por litro
P_{pico}	Potência pico

PSE	Percepção subjetiva de esforço
PSE_{max}	Percepção subjetiva de esforço ao final do teste incremental
r	Coefficiente de correlação de Pearson
R²	Coefficiente de determinação
t_{lim}	Tempo limite
VM	Velocidade Média das <i>performances</i>
VO₂	Consumo de oxigênio
VO_{2max}	Consumo máximo de oxigênio
V_{pico}	Velocidade pico (de corrida)
%FC_{max}	Percentual da frequência cardíaca máxima
vVO_{2max}	Velocidade associada à ocorrência do consumo máximo de oxigênio
W	Watts
%G	Percentual de gordura corporal
%VO_{2max}	Intensidade relativa do consumo máximo de oxigênio
%FC_{max}	Percentual da frequência cardíaca máxima

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	03
2 JUSTIFICATIVA.....	06
3 OBJETIVOS	07
3.1 Objetivo geral	07
3.2 Objetivos específicos	07
4 REVISÃO DA LITERATURA	08
4.1 Variáveis fisiológicas preditoras da <i>performance</i> em corrida de <i>endurance</i>	08
4.1.1 Velocidade pico (V_{pico}) e sua relação com a <i>performance</i> em corrida de <i>endurance</i>	12
4.2 Métodos para a determinação da <i>performance</i> de <i>endurance</i>	13
4.2.1 Avaliação em campo e em laboratório.....	14
4.2.2 Protocolos de avaliação.....	15
4.3 Reprodutibilidade dos protocolos de testes para determinação da <i>performance</i> de <i>endurance</i>	19
5 MÉTODOS.....	23
5.1 Participantes.....	23
5.2 <i>Design</i> experimental	23
5.3 Avaliação Antropométrica	24
5.4 Proctocolos incrementais máximos	24
5.5 Determinação da velocidade pico (V_{pico}).....	25
5.6 Determinação da frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) submáximas e máximas.....	25
5.7 Determinação do lactato pico (LA_{pico}) pós exercício	26
5.8 <i>Performances</i> em provas de uma hora realizadas em pista (campo) e esteira (laboratório).....	26
5.9 Análise estatística	27
6 ARTIGO ORIGINAL I.....	29
7 ARTIGO ORIGINAL II.....	48
8 ARTIGO ORIGINAL III.....	72

9 CONCLUSÃO.....	97
REFERÊNCIAS.....	98
ANEXOS.....	106
APÊNDICE	110

1 INTRODUÇÃO

Em modalidades como corridas de longas distâncias (*endurance*), algumas variáveis predizem a *performance* e servem como parâmetros para prescrição e controle do treinamento. Dentre as mais estudadas, destacam-se o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), a velocidade correspondente à ocorrência do VO_{2max} (vVO_{2max}), a economia de corrida (EC), os limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (limiar de lactato -LL, limiar anaeróbio -LAn, máxima fase estável de lactato - MFEL) e a velocidade pico (V_{pico}) (MCLAUGHLIN et al., 2010; BASSET; HOWLEY, 2000).

A V_{pico} , ou seja, a máxima velocidade atingida em um protocolo incremental pode ser determinada em protocolos incrementais simples e sem a necessidade da utilização de equipamentos sofisticados ou técnicas invasivas (SCOTT; HOUMARD, 1994). Em relação ao poder de predição da *performance* em corridas de *endurance*, Noakes, Myburgh e Schall (1990) demonstraram que a V_{pico} , juntamente com o LL, foram os melhores preditores da *performance* de 43 maratonistas e ultra-maratonistas em provas de 10 até 90 km; os coeficientes de correlações da V_{pico} com os tempos das *performances* variaram de 0,89 a 0,94. De forma semelhante, Mclaughlin et al. (2010) investigaram a relação da V_{pico} e das variáveis fisiológicas VO_{2max} , LAn, EC com a *performance* em prova de 16 km; os resultados demonstraram que a V_{pico} apresentou elevada correlação com o tempo da prova de 16 km ($r = - 0,89$), assim como os demais índices fisiológicos. A *performance* em provas mais curtas (3 e 5 km) também vem sendo correlacionada com a V_{pico} (STRATTON et al., 2009; SLATTERY et al., 2006; SCOTT; HOUMARD, 1994).

Para a avaliação da *performance* em corrida de *endurance* os testes *time trial* são os mais utilizados, no qual os participantes percorrem uma distância fixa no menor tempo possível, ou ainda percorrem a maior distância possível em um tempo pré-estabelecido (LAURSEN et al., 2007). Nesse contexto, estudos têm utilizado o teste de uma hora para avaliação da *performance* em corrida de *endurance* (LOFTIN et al., 2009; ROLLO; WILLIAMS; NEVILL, 2008; LOFTIN et al., 2007; GAMELIN et al., 2006; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998) por representar bem as diferentes

competições (provas de 10 a 21 km) na qual os praticantes de corridas de longas distâncias participam (GAMELIN et al., 2006) e também por ser um teste reprodutível quando se avalia corredores de *endurance* (ROLLO; WILLIAMS; NEVILL, 2008; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998).

Além disso, tais avaliações podem ser realizadas tanto em campo quanto em ambiente laboratorial. Em geral, os resultados de testes em pista (campo) não são tão reprodutíveis quanto os realizados em esteira (laboratório), mas normalmente são mais válidos devido a sua melhor especificidade em relação às condições reais de treinamento e competição (NUMMELA; HAMALAINEN; RUSKO, 2007). Em testes realizados em esteira (laboratório) os benefícios estão relacionados a um melhor controle das condições ambientais e padronização dos protocolos (HIGHTON et al., 2012; MORIN; SEVE, 2011).

Grande parte das variáveis preditoras da *performance* de *endurance* são determinadas a partir da realização de testes incrementais. Sendo assim, o *design* do protocolo incremental a ser utilizado é de suma importância, visto que qualquer modificação no protocolo poderá afetar os resultados dos parâmetros máximos e submáximos obtidos ao final do teste (ROFFEY; BYRNE; HILLS, 2007; KUIPERS et al., 2003; BILLAT et al., 1996). Logo, um teste incremental pode ser modificado em relação às alterações na taxa de trabalho inicial (velocidade e/ou potência), duração dos estágios e taxa de incremento (BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007).

O efeito da duração do estágio de um teste incremental sobre as variáveis V_{pico} , VO_{2max} e limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo vem sendo reportado, sendo que cada variável possui um comportamento específico quando o protocolo de teste é modificado (MACHADO et al., 2012; ROFFEY; BYRNE; HILLS, 2007; BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003; KUIPERS et al., 2003; BISHOP; JENKINS; MACKINNON, 1998). De maneira distinta, pouco tem sido relatado em relação à taxa do incremento. Em dois estudos que manipularam a taxa dos incrementos, ainda que combinados com a duração dos estágios, verificou-se que o VO_{2max} permaneceu o mesmo independente do protocolo incremental utilizado (AMANN; SUBUDHI; FOSTER, 2004; BILLAT et al., 1996). Além disso, Amann, Subudhi e Foster (2004) relataram que a potência pico

(P_{pico}) mostrou-se maior no teste com maior incremento (50 W a cada três minutos) quando comparado ao teste de menor incremento (25 W a cada minuto).

A partir da necessidade da utilização de testes que forneçam medidas individuais, precisas e que sejam capazes de detectar significativas melhoras na *performance*, torna-se importante a avaliação da reprodutibilidade desses testes (CURRELL; JEUKENDRUP, 2008; HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001). A reprodutibilidade de um teste, ou de uma variável, representa a capacidade de se replicar o mesmo resultado em uma ou mais tentativas repetidas pelo mesmo sujeito em condições similares (HOPKINS, 2000).

Na literatura, grande parte dos estudos avaliou a reprodutibilidade da *performance* em provas com distâncias ou tempo pré-estabelecidos (testes *time trial*) (ROLLO; WILLIAMS; NEVILL, 2008; LAURSEN; SHING; JENKINS, 2003; SMITH et al., 2001; DOYLE; MARTINEZ, 1998; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998; BISHOP, 1997). Em relação à reprodutibilidade de variáveis determinadas durante protocolos incrementais, estudos já analisaram a reprodutibilidade do $VO_{2\text{max}}$ (LOURENÇO et al., 2011; BOSQUET; GAMELIN; BERTHOIN, 2008; ROFFEY; BYRNE; HILLS, 2007; HARLING; TONG; MICKLEBOROUGH, 2003) e dos limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (GRANT et al., 2002; COEN; URHAUSEN; KINDERMANN, 2001; MCLELLAN; JACOBS, 1993); entretanto, são escassos os estudos que analisaram a reprodutibilidade da V_{pico} .

Logo, até onde temos conhecimento não há estudos que analisaram a reprodutibilidade da V_{pico} , bem como a sua correlação com a *performance* em provas de uma hora de corrida (*time trial*) e verificaram o melhor protocolo, a partir de testes incrementais máximos com diferentes taxas de incrementos, para determinação da V_{pico} . Além disso, por ser uma variável simples e de baixo custo para ser avaliada, a V_{pico} pode ser considerada um meio viável para técnicos prescreverem e acompanharem o treinamento de seus atletas.

2 JUSTIFICATIVA

A proposta deste projeto de utilização da V_{pico} como parâmetro para a predição da *performance* em corrida de *endurance* e para a prescrição do treinamento de corredores é de grande importância para a comunidade científica e para técnicos e atletas, visto que sua determinação não necessita de equipamentos sofisticados nem técnicas invasivas facilitando assim, o acompanhamento frequente do desempenho. Além disso, existe uma lacuna quanto à definição do melhor protocolo incremental para a determinação desta variável sendo que, até onde temos conhecimento, não existem estudos que determinaram e compararam a reprodutibilidade de testes incrementais com diferentes taxas de incremento de velocidade.

Em relação à correlação da V_{pico} com a *performance* em corrida de *endurance*, grande parte dos estudos avalia a *performance* de corrida em distâncias fixas pré estabelecidas ao invés de um tempo predeterminado.

Além disso, sugere-se que os resultados obtidos no presente trabalho, em relação à reprodutibilidade dos protocolos testados (para determinação da V_{pico}) e sua correlação com a *performance* de *endurance* em corredores, contribuirão na preparação e no treinamento de corredores que competem em provas de longas distâncias.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Verificar, dentre três testes incrementais máximos com diferentes taxas de incremento ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), o melhor protocolo para determinação da velocidade pico (V_{pico}).

3.2 Objetivos Específicos

A partir da realização de três testes incrementais máximos (em teste-reteste) com estágios de três minutos e diferentes taxas de incremento ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), objetivou-se:

- Comparar a V_{pico} , o LA_{pico} pós-exercício e as respostas da FC e PSE submáximas e máximas determinadas durante os testes;
- Verificar a reprodutibilidade teste-reteste da V_{pico} e de variáveis fisiológicas determinadas durante os testes;
- Correlacionar a V_{pico} obtida nos testes com a *performance* de corrida em provas de uma hora (*time trial*) realizadas em pista de atletismo (campo) e em esteira (laboratório).
- Comparar o comportamento da velocidade média - VM (ritmo de corrida), FC e PSE durante as duas *performances* (pista e esteira).

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1. Variáveis fisiológicas preditoras da *performance* em corrida de *endurance*

A partir da década de 80, técnicos e atletas passaram a utilizar com mais frequência parâmetros fisiológicos para avaliação e prescrição do treinamento aeróbio e de corrida (BILLAT; KORALSZTEIN, 1996). A *performance* em corrida de *endurance* representa o desempenho em corridas de longas distâncias (com duração entre 5 a 240 minutos) sendo o sistema oxidativo o principal responsável pela produção de energia (JONES; CARTER, 2000). Dentre os fatores que influenciam a *performance* em corridas de longas distâncias destacam-se os índices fisiológicos, as variáveis antropométricas, os fatores genéticos, as características do treinamento (volume e intensidade) e a experiência do corredor (MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007; SAUNDERS et al., 2004; PATE et al., 1992). Além disso, fatores musculares (periféricos) e a aptidão do sistema cardiorrespiratório são fundamentais para a melhor *performance* do atleta (MCLAUGHLIN et al., 2010).

A predição da *performance* em corrida de *endurance* por meio de variáveis fisiológicas é dependente da duração da prova, sendo que cada índice fisiológico influencia no rendimento do corredor de maneira distinta dependendo da distância na qual o atleta está competindo (SOUZA et al., 2011; CAPUTO et al., 2009).

Dentre os índices fisiológicos mais estudados para a predição da *performance* em corrida de *endurance* destacam-se o VO_{2max} , a vVO_{2max} , a intensidade relativa do consumo máximo de oxigênio que pode ser sustentada durante a corrida ($\%VO_{2max}$), a EC e os limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (LL, LAn e MFEL) (MACHADO et al., 2011; MCLAUGHLIN et al., 2010; MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007). Além das variáveis fisiológicas, outro parâmetro que vem ganhando destaque como efetivo preditor da *performance* em corrida de *endurance* é a V_{pico} (MCLAUGHLIN et al., 2010; STRATTON et al., 2009; SLATTERY et al., 2006; SCOTT; HOUMARD, 1994; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990).

Em relação às variáveis fisiológicas apresentadas, por muito tempo o VO_{2max} foi e vem sendo relacionado com a *performance* de corredores em provas de média e longa distâncias. O VO_{2max} representa a mais alta taxa na qual o oxigênio pode ser captado, transportado e utilizado pelo corpo durante o exercício máximo, ou seja, é a medida da quantidade máxima de energia que pode ser produzida pelo metabolismo aeróbio em uma determinada unidade de tempo caracterizando assim, a potência aeróbia do indivíduo (BASSET; HOWLEY, 2000).

Quanto ao VO_{2max} , sua determinação se dá a partir de testes incrementais máximos, podendo ser determinado de forma mais exata pela medida direta com a análise de gases expirados, ou por métodos indiretos que utilizam-se de equações baseadas em outras variáveis submáximas ou máximas como: duração do teste, distância percorrida, frequência cardíaca entre outras (ACSM, 2006).

Tradicionalmente testes incrementais para determinação do VO_{2max} devem ter duração de oito a 12 minutos (KIRKEBERG et al., 2011; BUCHFUHRER et al., 1983). Entretanto, Midgley et al. (2008), em estudo de revisão sobre diferentes protocolos incrementais para determinação do VO_{2max} , concluíram que testes em esteira com duração entre cinco e 26 minutos são válidos para obtenção desta variável.

Elevadas correlações ($r = 0,74$ a $0,90$) são demonstradas entre o VO_{2max} e a *performance* em provas de 5 km até a maratona (MCLAUGHLIN et al., 2010; SCOTT; HOUMARD, 1994; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990). Entretanto, esta associação é evidente em grupos de corredores com diferentes níveis de *performance*. Em grupos de atletas de alto nível, com valores semelhantes de VO_{2max} , esta variável se torna menos sensível para a predição da *performance* (ARRESE; IZQUIERDO; GALINDO, 2006; CONLEY; KRAHENBUHL, 1980).

Após verificar que o VO_{2max} não era suficiente para distinguir e classificar atletas de elite, outros índices fisiológicos tornaram-se mais importantes para a predição da *performance*. Estudos passaram a verificar que os limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (LL e LAn) mostram-se mais sensíveis aos efeitos do treinamento, sendo considerados os mais eficazes preditores da *performance* em corrida de *endurance* (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; JONES, 2006; LONDEREE, 1997).

Os limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (LL e LAn) são caracterizados como uma intensidade de exercício a partir da qual ocorre um aumento exponencial das concentrações de lactato sanguíneo, sendo para muitos autores uma intensidade equivalente à carga de trabalho na MFEL, na qual existe um equilíbrio entre produção e remoção do lactato (HECK et al., 1985).

Em relação aos testes para determinação destas intensidades (LL e LAn), os protocolos incrementais com estágios de três minutos são os mais adequados e utilizados devido a manutenção de um estado estável de lactato em uma determinada intensidade de exercício (BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007; KUIPERS et al., 2003). Além disso, para a determinação desta variável vários são os métodos utilizados, no qual destacam-se a determinação da intensidade de exercício correspondente à concentração fixa de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ denominada “início” do acúmulo de lactato sanguíneo (SJODIN; JACOBS, 1981); a intensidade de exercício correspondente ao limiar anaeróbio individual (STEGMANN; KINDERMAN; SCHNABEL, 1981); o teste do lactato mínimo (TEGTBUR et al., 1993) e o método do máximo desvio (D_{max}) proposto por Cheng et al. (1992).

Estudos que correlacionaram variáveis fisiológicas com a *performance* em corrida de *endurance* demonstraram que os limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (LL e LAn) foram superiores ao $VO_{2\text{max}}$ tanto na avaliação da capacidade aeróbia de corredores como para predição da *performance* em provas de 3 a 42 km, no qual as correlações encontradas foram elevadas ($r = 0,83$ a $0,93$) (MCLAUGHLIN et al., 2010; SLATTERY et al., 2006; NICHOLSON; SLEIVERT, 2001; GRANT et al., 1997; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990).

Outra variável fisiológica que vem sendo sugerida como uma importante medida capaz de distinguir o nível de *performance* em corrida de *endurance* é a Economia de Corrida (EC). Este índice representa o consumo de oxigênio (VO_2) para uma dada velocidade submáxima de corrida, sendo que um baixo VO_2 significa uma melhor EC (DAVINSON; SOMEREN; JONES, 2009). Assim, quando outros fatores fisiológicos mostram-se semelhantes entre os atletas, o corredor mais econômico poderá atingir uma maior velocidade para um mesmo VO_2 , fazendo-o chegar ao final da prova primeiro (MCLAUGHLIN et al., 2010).

Os resultados encontrados em relação à EC e seu poder de predição da *performance* são contraditórios, alguns estudos mostraram elevadas correlações entre esta variável e a *performance* em corridas de longas distâncias ($r = 0,83$ e $r = 0,81$) (MCLAUGHLIN et al., 2010; CONLEY; KRAHENBUHL, 1980) enquanto outros não encontraram correlação significativa (STRATTON et al., 2009; SLATTERY et al., 2006; BILLAT et al., 2001; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990).

A interação entre EC e VO_{2max} determina a vVO_{2max} , que corresponde à mínima velocidade na qual o VO_{max} é atingido durante um teste incremental até exaustão (MCLAUGHLIN et al., 2010). Esta variável teria como principal vantagem a obtenção de um índice puramente aeróbio cujos parâmetros para sua determinação não seriam influenciados pela magnitude de incrementos do protocolo incremental; todavia, essa velocidade seria influenciada por variações biológicas diárias que têm impacto sobre o custo energético de corrida e VO_{2max} (HILL; ROWELL, 1996). Além disso, estudos vêm demonstrando que a vVO_{2max} se correlaciona com a *performance* em corrida de *endurance* sendo inclusive apontada como uma variável mais importante que o VO_{2max} e a EC, principalmente para a predição da *performance* de corredores de alto nível (BUCHHEIT et al., 2010; MCLAUGHLIN et al., 2010; MORGAN et al., 1989).

Tal como o VO_{2max} , os limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo, EC e vVO_{2max} , outro parâmetro que vem ganhando destaque como efetiva preditora da *performance* em corrida de *endurance* é a V_{pico} , ou seja, a máxima velocidade atingida em um protocolo incremental (MCLAUGHLIN et al., 2010). A partir da década de 90 passou-se a sugerir que a V_{pico} atingida por um atleta durante um teste incremental é tão boa preditora de *performance* quanto as variáveis fisiológicas (MCLAUGHLIN et al., 2010; STRATTON et al., 2009; COYLE, 1999; SCOTT; HOUMARD, 1994; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990).

Logo, considerando a busca contínua de atletas e técnicos pelos melhores resultados, é de grande importância a identificação dos fatores fisiológicos determinantes da *performance* aeróbia de corredores de *endurance*, e que estas variáveis possam servir como referência para o controle e prescrição do treinamento, de maneira a acompanhar a evolução dos atletas tanto nestas condições quanto em situações competitivas.

4.1.1. Velocidade pico (V_{pico}) e sua relação com a *performance* em corrida de *endurance*

A máxima taxa de trabalho obtida durante um teste incremental vem se tornando popular como preditora da *performance* de *endurance* tanto para a corrida como para o ciclismo sendo este termo substituído por “potência pico” (P_{pico}) no ciclismo e “velocidade pico” (V_{pico}) na corrida (MCLAUGHLIN et al., 2010; BENTLEY et al., 2001; BALMER; DAVISON; BIRD, 2000; SCOTT; HOUMARD, 1994; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990).

Na corrida, a V_{pico} , ou seja, a máxima velocidade atingida em um protocolo incremental (MCLAUGHLIN et al., 2010), é influenciada por componentes anaeróbios, visto que ela é superior ao limiar anaeróbio (HILL; ROWELL, 1996), e também pelo *design* do protocolo incremental (KUIPERS et al., 2003; MACHADO et al., 2012). Além disso, a V_{pico} pode ser ajustada a partir de equações quando o último estágio atingido durante o teste não for completado. Essas equações levam em consideração a velocidade do último estágio completado ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$), o tempo em que o participante permaneceu no estágio incompleto (segundos), a duração de cada estágio (segundos) e o incremento entre cada estágio ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) (KUIPERS et al., 2003).

Mclaughlin et al. (2010) avaliaram o poder de predição da *performance* em corridas de 16 km das variáveis $VO_{2\text{max}}$, $\%VO_{2\text{max}}$, LL, EC e V_{pico} , encontrando que esta última apresentou elevada correlação ($r = -0,89$) com a prova, assim como os outros índices. Noakes, Myburgh e Schall (1990) verificaram que a V_{pico} , juntamente com o LL, foram os melhores preditores do desempenho de 43 maratonistas e ultra-maratonistas em provas de 10 até 90 km; os pesquisadores encontraram correlações da V_{pico} com a *performance* que variaram de $-0,89$ até $-0,94$, concluindo que os fatores fisiológicos que determinam o resultado de provas de 10 a 90 km não são diferentes.

Scott e Houmard (1994) demonstraram que a V_{pico} apresentou elevada correlação com a velocidade média em provas de 5 km tanto para homens ($r = 0,83$) quanto para mulheres ($r = 0,80$). De modo semelhante, Stratton et al. (2009) analisaram alguns determinantes fisiológicos da *performance* nas provas de 5 km pré e após período de seis semanas de treinamento. Das variáveis analisadas, a que apresentou o

melhor coeficiente de correlação com a prova de 5 km foi a V_{pico} , tanto no momento pré ($r = 0,89$) quanto pós-treinamento ($r = 0,83$). Slattery et al. (2006), avaliando triatletas, verificaram que a V_{pico} foi a variável com melhor correlação com o tempo da *performance* de 3 km ($r = - 0,91$).

Além da boa correlação com a *performance* em corrida de *endurance*, a V_{pico} pode ser utilizada como parâmetro de avaliação do efeito do treinamento, no qual a melhora desta variável após um período se relaciona com mudanças no $VO_{2\text{max}}$, LL e EC (SAUNDERS et al., 2010). Outros autores ainda utilizam a V_{pico} como medida referencial para a prescrição do treinamento de corrida, tanto de forma contínua quanto intervalada (BUCHHEIT et al., 2010; MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007).

Em relação à determinação da V_{pico} , os protocolos incrementais que avaliam esta variável vêm normalmente acompanhados de coletas de sangue ou ainda utilizam equipamentos para determinação do $VO_{2\text{max}}$. Entretanto, a determinação da V_{pico} é simples e não necessita do uso de equipamentos de custo elevado e/ou técnicas invasivas, podendo ser considerada uma variável simples de ser avaliada e um meio viável para técnicos prescreverem e acompanharem o treinamento de seus atletas.

4.2. Métodos para a determinação da *performance* de *endurance*

A aplicação de testes físicos adequados durante a temporada esportiva é uma ferramenta útil para obtenção de variáveis fisiológicas que servem como parâmetro para a prescrição das intensidades de treinamento (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007). Além disso, os resultados obtidos permitem acompanhar o progresso dos atletas, ajudando a estabelecer objetivos de aptidão física a serem alcançados (SMITH; JONES, 2001; ACSM, 2000).

A avaliação da *performance* de *endurance* permite que pesquisadores simulem o desempenho esportivo ou aspectos relacionados a ele de uma maneira controlada, sendo possível a determinação de algumas variáveis e a verificação do impacto destas sobre a *performance* (CURRELL; JEUKENDRUP, 2008).

4.2.1. Avaliação em campo e em laboratório

As avaliações fisiológicas e de *performance* são conduzidas tanto em ambiente laboratorial como em ambiente extra laboratorial, que são chamadas avaliações de campo. Segundo Santos (2000), apesar dos testes em laboratório controlarem melhor determinadas variáveis (vento, umidade, temperatura) e as cargas utilizadas (incrementos), os dados obtidos em testes de campo são mais próximos à realidade competitiva e de treinamento do atleta.

Em geral, os resultados de testes de campo não são tão reprodutíveis quanto os realizados em laboratório, mas normalmente são mais válidos devido a sua melhor especificidade em relação às condições utilizadas (NUMMELA; HAMALAINEN; RUSKO, 2007). Em laboratório, os benefícios estão relacionados a um melhor controle das condições ambientais, padronização dos protocolos e a possibilidade do pesquisador ter a determinação de muitas medidas de *performance* no momento em que o participante está realizando o teste (HIGHTON et al., 2012; MORIN; SEVE, 2011).

Em relação à corrida, é importante ressaltar a diferença existente entre as superfícies, visto que em campo os testes são realizados, geralmente, em pista de atletismo onde a superfície é dura e coberta de concreto e borracha (emborrachada) e nos testes em esteira a superfície é mais complacente (SCHACHE et al., 2001).

Estudos que investigaram as diferenças no padrão de corrida entre essas duas condições de superfícies, encontraram resultados contraditórios. Enquanto alguns autores mostraram similaridade entre os resultados (RILEY et al., 2008; LEE; HIDLER, 2006) outros verificaram diferenças significativas, principalmente em relação ao padrão biomecânico da corrida (KIVI; MARAJ; GERVAIS, 2002; SCHACHE et al., 2001; NIGG; DE BOER; FISHER, 1995). Segundo Schache et al. (2001) existem muitas explicações para tais diferenças, como: a familiarização com a esteira, as diferenças na resistência do ar, as respostas biomecânicas do corredor e as propriedades específicas de cada superfície.

Consideráveis diferenças cinemáticas existem (MILGROM et al., 2003; ; NIGG; DE BOER; FISHER, 1995), sendo os mecanismos da marcha envolvidos na corrida em esteira diferentes daqueles da corrida em campo (FELLIN; MANAL; DAVIS, 2010). A

corrida em esteira seria uma repetição monótona da mesma cinemática do corpo, enquanto a corrida em campo pode envolver frequentes mudanças de direção, ritmo e comprimento de passada (MILGROM et al., 2003). Segundo Lakomy (1987) atletas atingem, normalmente, em teste laboratorial 80% da sua máxima velocidade em campo.

Outro aspecto importante demonstrado em alguns estudos é a diferença na percepção da velocidade de corrida. Kong, Candelaria e Tomaka (2009) e Kong et al. (2012) em seus estudos pediram aos participantes de seus testes que mantivessem as mesmas velocidades em campo e laboratório. Os resultados mostraram que nenhum participante foi capaz de reproduzir a mesma velocidade sendo esta, em média, 27,1% menor durante a corrida em esteira. A partir desses achados, os autores concluíram que a percepção da velocidade é influenciada por fatores biomecânicos, fisiológicos e psicológicos. Além disso, a necessidade de maior equilíbrio e coordenação, o aumento da demanda da atenção e visão e o medo de cair podem estar associados à percepção de uma maior velocidade na esteira (KONG al., 2012).

4.2.2. Protocolos de avaliação

Para a avaliação da *performance* de *endurance* os testes até exaustão como tempo limite (t_{lim}) e incrementais, e os testes *time trial* são os mais utilizados. Nos protocolos incrementais e de tempo limite (t_{lim}) os sujeitos são mantidos em teste até exaustão voluntária, sendo que no primeiro é mantida uma carga constante durante todo o teste e no segundo há incrementos progressivos de intensidade; nos testes *time trial* é pedido ao sujeito que conclua uma distância pré estabelecida o mais rápido possível, ou complete a maior distância ou trabalho que conseguir em um período de tempo predeterminado (LAURSEN et al., 2007).

Neste contexto, muitos estudos têm utilizado o teste de uma hora (*time trial*) para avaliação da *performance* em corrida de *endurance* (LOFTIN et al., 2009; ROLLO; WILLIAMS; NEVILL, 2008; LOFTIN et al., 2007; GAMELIN et al., 2006; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998) por representar bem as diferentes competições (provas de 10 a 21 km) na qual os corredores de longas distâncias participam (GAMELIN et al., 2006) e também por ser um método reprodutível quando se avalia corredores de

endurance (ROLLO; WILLIAMS; NEVILL, 2008; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998).

Em relação aos procedimentos para obtenção das variáveis fisiológicas preditoras da *performance* de *endurance* os testes incrementais de esforço máximo até exaustão são os mais utilizados e reportados pelos estudos na área fisiologia do exercício (BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007).

Atualmente os protocolos incrementais elaborados e validados são diversos. Tais testes variam de acordo com o objetivo da avaliação, no qual modificações ocorrem na taxa do incremento, na duração dos estágios e na velocidade ou potência iniciais dos testes (BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007; LUTTIKHOLT et al., 2006). Diante disso, muitas pesquisas enfatizaram o efeito da duração dos estágios sobre as variáveis fisiológicas, demonstrando que cada variável sofre influências específicas dos protocolos (MACHADO et al., 2012; ROFFEY; BYRNE; HILLS, 2007; BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003; KUIPERS et al., 2003; BISHOP; JENKINS; MACKINNON, 1998).

Bishop, Jenkins e Mackinnon (1998) avaliaram mulheres ativas em dois testes incrementais realizados em cicloergômetro no qual foram testados protocolos com estágios de um e três minutos de duração; os autores verificaram que a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) foi maior no protocolo mais longo e a potência pico (P_{pico}) atingida foi maior no protocolo curto, e que os valores de VO_{2max} não foram estatisticamente diferentes. Em estudo semelhante, Bentley e McNaughton (2003) avaliaram triatletas e não encontraram diferenças no VO_{2max} e FC_{max} entre os protocolos, entretanto a P_{pico} foi maior no protocolo com estágios de um minuto (curto).

Ainda comparando protocolos incrementais realizados em cicloergômetro, Roffey, Byrne e Hills (2007) avaliaram homens treinados em testes com diferentes durações de estágios (um e três minutos) e reportaram que a FC_{max} foi maior no protocolo com estágios mais longos (protocolo longo = 184 ± 9 bpm; protocolo curto: 180 ± 9 bpm); a P_{pico} foi maior quando obtida em testes incrementais com estágios de menor duração (protocolo curto = $329 \pm 46,8$ W; protocolo longo = $270,2 \pm 41,1$ W) e o VO_{2max} não se mostrou protocolo dependente.

Em relação à corrida, os estudos que compararam diferentes protocolos incrementais tiveram como foco as diferenças obtidas nos valores de VO_{2max} , FC_{max} e

LL (KIRKEBERG et al., 2011; KUIPERS et al., 2003; KANG et al., 2001; BILLAT et al., 1996). Kirkeberg et al. (2011) mostraram que o VO_{2max} não foi diferente entre três protocolos (curto, médio, longo) e a FC_{max} foi maior no protocolo longo ($188,8 \pm 7,1$ bpm) em relação ao curto ($187,7 \pm 9,6$ bpm) e ao de média duração ($186,5 \pm 9,7$ bpm) em corredores recreacionistas. Kuipers et al. (2003), comparando três protocolos incrementais em esteira, encontraram que a FC_{max} e o VO_{2max} não foram estatisticamente diferentes entre os protocolos com estágios de um, três e seis minutos visto que o LL foi menor no protocolo com estágios de seis minutos quando comparado ao protocolo de três minutos ($12,9 \pm 1,4$ km·h⁻¹ vs $14,4 \pm 1,4$, respectivamente), e a V_{pico} foi maior no protocolo com estágios de menor duração (protocolo curto = $18,3 \pm 1,9$ km·h⁻¹; médio = $17,1 \pm 1,6$ km·h⁻¹; longo = $15,1 \pm 1,5$ km·h⁻¹).

Machado et al. (2012), em estudo com corredores recreacionistas, compararam protocolos com estágios de um, dois e três minutos de duração (protocolo curto, médio e longo, respectivamente) e encontraram que quanto menor a duração do estágio, menor a duração do teste (protocolo curto = $11,1 \pm 1,6$ minutos; protocolo médio = $19,4 \pm 3$ minutos; protocolo longo $26,7 \pm 4,7$ minutos) e maior a V_{pico} atingida (protocolo curto = $18,1 \pm 1,6$ km·h⁻¹; protocolo médio = $16,7 \pm 1,5$ km·h⁻¹; protocolo longo = $15,9 \pm 1,6$ km·h⁻¹); além disso, a FC_{max} foi estatisticamente diferente entre os protocolos com estágios de um e dois minutos ($181,8 \pm 12,1$ bpm e $184,8 \pm 12,7$ bpm, respectivamente).

Como demonstrado acima, muitos estudos que comparam protocolos incrementais manipularam a duração dos estágios. De maneira distinta, pouco tem sido relatado em relação à taxa do incremento (AMANN, SUBUDHI; FOSTER, 2004; BILLAT et al., 1996). Amann, Subudhi e Foster (2004) compararam dois testes realizados em cicloergômetro com durações de estágios e taxas de incrementos diferentes (um com incremento de 25 W a cada minuto e outro com incremento de 50 W a cada três minutos), não encontrando diferença para o VO_{2max} obtido nos dois testes ($67,6 \pm 5,3$ mL·kg⁻¹·min⁻¹ e $66,6 \pm 5,6$ mL·kg⁻¹·min⁻¹, respectivamente); além disso, o teste com incremento de 50 W foi mais longo e resultou uma menor P_{pico} (363 ± 29 W) quando comparado ao teste de menor incremento (402 ± 35 W). Já Billat et al. (1996) compararam, em 15 corredores de *endurance*, dois protocolos de incrementos de

velocidades diferentes: um com aumento de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada dois minutos e outro com incremento de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada minuto, encontrando valores semelhantes tanto para o $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($69,3 \pm 3,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e $68,4 \pm 4,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente) como para a $v\text{VO}_{2\text{max}}$ ($20,7 \pm 1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $20,8 \pm 0,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente) entre os dois protocolos.

Entretanto, apesar dos estudos utilizarem diferentes durações de estágios durante os protocolos incrementais, estágios de três minutos são popularmente utilizados nos testes para determinação de valores pico e para a avaliação de sujeitos treinados, visto que parecem produzir medidas mais reprodutíveis, válidas e sensíveis às mudanças na *performance* após período de treinamento de *endurance* (BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007). Em estudos realizados em cicloergômetro, a P_{pico} obtida em protocolos com estágios de três minutos demonstrou melhor correlação com a *performance* de *endurance* do que os protocolos com estágios de um e dois minutos (MCNAUGHTON; ROBERTS; BENTLEY, 2006; BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003). Além disso, dados preliminares de trabalhos realizados em nosso laboratório com corredores recreacionistas (dados ainda não publicados), compararam três protocolos incrementais com diferentes durações de estágios (um, dois e três minutos) e mostraram que a V_{pico} obtida no protocolo longo (três minutos) foi a que melhor se correlacionou com as provas de 5 e 10 km. Diante disso, em nosso estudo foram utilizados estágios de três minutos durante os protocolos incrementais máximos.

Assim, é importante ressaltar a necessidade da escolha do melhor protocolo de avaliação, pois a medida da variável obtida servirá como parâmetro de prescrição do treinamento influenciando nas respostas fisiológicas agudas ao treino bem como nas adaptações em longo prazo (LUTTIKHOLT et al., 2006).

4.3. Reprodutibilidade dos protocolos de testes para determinação da *performance de endurance*

A reprodutibilidade de um teste, ou de uma variável, representa a capacidade de replicar o mesmo resultado em uma ou mais tentativas repetidas pelo mesmo sujeito em condições similares (HOPKINS, 2000); ou ainda é a quantidade de erro aceitável para uma prática efetiva, referindo-se à consistência das medidas obtidas em momentos diferentes de avaliações (WEIR, 2005; ATKINSON; NEVILL, 1998). Outros termos como: confiança, consistência, concordância, precisão são encontrados na literatura e possuem o mesmo significado (WEIR, 2005; ATKINSON; NEVILL, 1998).

Alguns procedimentos e cálculos estatísticos representam a magnitude da reprodutibilidade, sendo que uma medida ou teste para ser reprodutível necessita apresentar entre os momentos de avaliações uma elevada correlação intraclassa (CCI), elevado coeficiente de correlação (r), baixo coeficiente de variação (CV) e erro padrão da medida (EPM), e os limites de concordância obtidos pelo método de *Bland-Altman* (BLAND; ALTMAN, 1986) devem ser baixos (CURRELL; JEUKENDRUP, 2008; WEIR, 2005; ATKINSON; NEVILL, 1998).

Os principais fatores que influenciam na reprodutibilidade de um teste são: tipo de teste (*time trial* ou até exaustão voluntária), duração total do protocolo, nível de condicionamento do participante, gênero, familiarização com o teste e o ergômetro, fatores motivacionais, *feedback* dado ao participante, local de realização do teste (campo ou laboratório) e controle da dieta antes da realização dos testes, que deve ser semelhante para todos os momentos de avaliação (CURRELL; JEUKENDRUP, 2008; LAURSEN et al., 2007; RUSSELL et al., 2004; HOPKINS; SCHABORT, HAWLEY, 2001; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998).

Currell e Jeukendrup (2008) acrescentam que algumas condições são fundamentais durante a realização dos testes, destacando que nenhum *feedback* das *performances* deve ser dado durante ou após os testes até todos serem completados; não deve haver nenhuma distração como: música, vídeos ou conversas; temperatura, umidade, roupas e tênis devem ser os mesmos para todos os testes.

Além disso, o nível de condicionamento tem grande impacto nos resultados, no qual corredores mais treinados, experientes e mais velozes tendem a ser mais reprodutíveis (menos variáveis) do que corredores mais jovens ou menos experientes (HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998). Além disso, o CV de não atletas é 1,3 vezes maior do que o de atletas (HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001).

Outro fator de impacto na reprodutibilidade é a modalidade avaliada, sendo que testes em ciclismo tendem a ter CV menores, ou seja, a corrida em esteira parece ser menos reprodutível que o teste em cicloergômetro (SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998). A explicação exata para esses resultados diferentes ainda não é conhecida; no entanto, parece que a esteira não tem a mesma sensibilidade que o cicloergômetro, que permite rápidas mudanças na potência simplesmente por alterar a cadência da pedalada (ROLLO; WILLIAMS; NEVILL, 2008).

Em relação ao tipo de teste, tem sido encontrado que a *performance time trial* possui uma menor variabilidade e menor erro do que protocolos até exaustão voluntária, ou seja, aqueles que não possuem um tempo ou distância predeterminada (LAURSEN et al., 2007; HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998; JEUKENDRUP et al., 1996).

Jeukendrup et al. (1996) testaram a reprodutibilidade de três diferentes protocolos em seis momentos de avaliação em cicloergômetro, demonstrando que os dois protocolos *time trial* foram mais reprodutíveis (CV = 3,35% e 3,49%) em comparação direta com testes de carga constante até exaustão (CV = 26,6%). Da mesma maneira, só que com corredores, Laursen et al. (2007) verificaram que as *performances* de 5 e 1,5 km em esteira foram mais reprodutíveis (CV = 1,7% e 2,6%) do que os testes de tempo limite (t_{lim}) realizados nas velocidades médias dessas provas (CV = 11,2% e 10,2%, respectivamente). Dados de Currell e Jeukendrup (2008), sobre a reprodutibilidade das medidas de *performance*, mostram que o CV de protocolos até exaustão é maior que 10% enquanto os protocolos *time trial* apresentam valores de CV menores que 5%.

Muitos estudos avaliaram a reprodutibilidade da *performance* em provas com distâncias ou tempo pré-estabelecidos (testes *time trial*) (ROLLO; WILLIAMS; NEVILL,

2008; LAURSEN; SHING; JENKINS, 2003; SMITH et al., 2001; DOYLE; MARTINEZ, 1998; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998; BISHOP, 1997).

Bishop (1997) avaliando 20 ciclistas do gênero feminino ($28,1 \pm 10,7$ anos; VO_{2max} : $47,4 \pm 7,2$ mL·kg⁻¹·min⁻¹) em teste-reteste demonstraram que a *performance* em prova de uma hora em cicloergômetro foi reprodutível e válida para avaliação dessa população (P_{pico} : $180 \pm 18,1$ W e $180 \pm 20,6$ W, respectivamente; CV de 2,7%; CCI de 0,97). Laursen, Shing e Jenkins (2003) determinaram, em 43 ciclistas do gênero masculino (25 ± 6 anos; VO_{2max} : $64,8 \pm 5,2$ mL·kg⁻¹·min⁻¹), a reprodutibilidade da *performance* de 40 km em três momentos nos quais os tempos não foram estatisticamente diferentes entre si (58 min e 43 s; 57 min e 21s; 57 min e 12 s, respectivamente); entretanto, o CV foi menor entre o segundo e o terceiro teste ($0,9 \pm 0,7$ %) em relação ao primeiro e o segundo ($3 \pm 2,9$ %) comprovando assim, que a familiarização com o protocolo é importante para uma efetiva avaliação.

Em corrida Schabort, Hopkins e Hawley (1998) testaram em oito corredores (27 ± 7 anos; VO_{2max} : 66 ± 5 mL·kg⁻¹·min⁻¹) a reprodutibilidade da *performance* em prova de uma hora em esteira em três momentos de avaliação, no qual o participante auto-selecionava o seu ritmo de corrida, não encontrando diferenças entre as distâncias percorridas em cada teste ($16,2 \pm 1,4$ km; $15,9 \pm 1,4$ km; $16,1 \pm 1,2$ km), e obtendo CV de 2,7% (IC 95% = 1,8–4,0%) e CCI de 0,90 (IC 95% = 0,72–0,98). De forma semelhante Rollo, Williams e Nevill (2008) avaliaram 10 corredores (32 ± 10 anos; VO_{2max} : 61 ± 7 mL·kg⁻¹·min⁻¹) em prova de uma hora de corrida em esteira em três ocasiões, sendo a velocidade do sujeito controlada por um sensor acoplado à esteira, resultando em *performances* similares ($13,2 \pm 2,5$ km; $13,1 \pm 2,4$ km; $13,2 \pm 2,4$ km) e CV de 1,4%.

Em testes com distâncias fixas, Russell et al. (2004) verificaram a reprodutibilidade teste-reteste da *performance* de 10 km na esteira após uma pré-carga de 90 minutos a 65% do VO_{2max} em uma amostra de homens e mulheres, encontrando CV de 1%. Outro estudo que utilizou o protocolo com pré-carga (90 minutos a 70% do VO_{2max}) foi o de Doyle e Martinez (1998), que examinaram em 10 corredores a reprodutibilidade de um teste com distância média de 5,05 km e encontraram elevada correlação ($r = 0,93$) e CV de 4,4% entre os momentos de avaliação. Esses resultados

demonstraram que o teste com pré-carga vem sendo um método reprodutível para avaliar a *performance* em corrida de *endurance*.

Em relação à reprodutibilidade das variáveis determinadas durante protocolos incrementais máximos, grande parte dos estudos avaliou a reprodutibilidade do VO_{2max} (LOURENÇO et al., 2011; BOSQUET; GAMELIN; BERTHOIN, 2008; ROFFEY; BYRNE; HILLS, 2007; HARLING; TONG; MICKLEBOROUGH, 2003) e dos limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (GRANT et al., 2002; COEN; URHAUSEN; KINDERMANN, 2001; DICKHUTH et al., 1999; ZHOU; WESTON, 1997; MCLELLAN; JACOBS, 1993), sendo que os resultados demonstraram que estas variáveis fisiológicas são reprodutíveis.

Entretanto, são escassos os estudos que analisaram a reprodutibilidade da V_{pico} . Harling, Tong e Mickleborough (2003) demonstraram que a V_{pico} avaliada em teste-reteste é uma medida reprodutível para corredores recreacionistas; entretanto, uma limitação desse estudo foi a não utilização de uma equação para o ajuste da V_{pico} , o que poderia modificar os resultados finais.

Deste modo, as variáveis determinadas a partir de testes incrementais máximos relacionadas à predição da *performance* de *endurance* (VO_{2max} , LAn, LL e V_{pico}) devem ser altamente reprodutíveis para que se tenha medidas individuais precisas que sejam capazes de detectar significativas melhoras na *performance* (CURRELL; JEUKENDRUP, 2008; HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001; HOPKINS, 2000). Assim, protocolos com baixa reprodutibilidade são inapropriados para o controle das mudanças no desempenho entre avaliações em diferentes momentos ou ainda para a avaliação em um único momento (LOURENÇO et al., 2011).

5 MÉTODOS

5.1. Participantes

Participaram do estudo 20 corredores do gênero masculino ($25,3 \pm 3,1$ anos; massa corporal de $76,2 \pm 8,5$ kg; estatura de $178,5 \pm 0,1$ cm; índice de massa corporal - IMC de $23,9 \pm 2,3$ kg·m⁻² e percentual de gordura - %G de $13,5 \pm 3,2$ %). Todos os participantes possuíam experiência em provas de 10 km (tempo médio de $48,6 \pm 4,2$ minutos) e estavam envolvidos em treinamentos sistematizados (frequência de treino de 3 ± 1 vezes semanais; volume de treino de $26,2 \pm 16,4$ km semanais; tempo de prática de $3,5 \pm 3,2$ anos). Antes do início dos procedimentos todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e o protocolo de pesquisa foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa local (#719/2010) (ANEXO I).

A participação no estudo foi voluntária, isenta de qualquer recompensa ou ônus. Todos os participantes tomaram conhecimento prévio de todos os procedimentos experimentais a serem realizados e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO II). Antes do início das avaliações os participantes responderam a uma anamnese/ficha de identificação (APÊNDICE I) para verificar o estado de treinamento, a integridade física e o estado saudável em que se encontravam.

5.2. Design experimental

Primeiramente os participantes realizaram, em teste-reteste, três diferentes testes incrementais máximos de corrida em esteira ergométrica multiprogramável (Super ATL Inbrasport, Porto Alegre - Brasil) com inclinação fixa de 1%, em laboratório climatizado (temperatura entre 20°C e 24°C e umidade relativa entre 50% e 60%). Cada participante realizou o total de seis testes incrementais, sendo dois com incrementos de 0,5 km·h⁻¹, dois com incrementos de 1 km·h⁻¹ e dois com incrementos de 2 km·h⁻¹. A ordem de realização dos testes para cada participante foi aleatória e os protocolos foram intercalados entre si, com intervalo entre os testes de no mínimo 72 horas, sendo cada protocolo (teste-reteste) repetido com um intervalo de uma semana. Após 72 horas da finalização dos testes incrementais, os participantes realizaram duas

performances de uma hora (*time trial*), sendo a primeira em esteira ergométrica e a segunda, após uma semana, em pista de atletismo de 400 m.

Todos os testes foram realizados no período da manhã a fim de manter a similaridade das condições experimentais. Nenhum *feedback* dos resultados foi dado aos participantes até a finalização de todos os testes. Os participantes foram instruídos a comparecerem aos testes em estado hidratado e a continuarem sua dieta normal, mantendo o mesmo café da manhã antes de todos os testes, abstendo-se do consumo de álcool e cafeína nas 24 horas antes das avaliações. Além disso, foi pedido aos participantes que se abstivessem das suas rotinas de treinamento durante o período de testes.

5.3. Avaliação Antropométrica

No primeiro dia de avaliação, antes da realização do teste incremental, foi realizada a avaliação antropométrica dos participantes para a caracterização da amostra. Foram verificadas medidas antropométricas referentes à massa corporal (kg) e estatura (cm) para cálculo do índice de massa corporal - IMC ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), medidas de dobras cutâneas (tricipital, subescapular, peitoral, axilar média, suprailíaca, abdominal, coxa medial) para posterior determinação do percentual de gordura corporal (%G) utilizando para tal o protocolo de sete dobras de Jackson e Pollock (1978) para o cálculo da densidade corporal (D_c); o ajuste para %G foi realizado pela fórmula de Siri (1961):

$$D_c = (1,112) - (0,00043499 \text{ (somatório das 7 dobras)}) + 0,00000055 \text{ (somatório das 7 dobras)}^2 - 0,00028826 \text{ (idade)}$$

$$\%G = [(4,85/D_c) - 4,39] \times 100$$

5.4. Protocolos incrementais máximos

Os três testes incrementais foram precedidos de um aquecimento de três minutos a $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. A velocidade inicial dos testes foi de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e os estágios tiveram duração de três minutos. Cada teste diferenciou-se em relação à taxa de incremento

entre os estágios, sendo estas de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Os protocolos foram caracterizados de acordo com a taxa do incremento, sendo o protocolo com incrementos de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ denominado protocolo leve, o de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ médio e o de $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ pesado. A duração do teste foi calculada sem considerar o tempo de aquecimento. Os testes foram mantidos até a exaustão voluntária, sendo os participantes encorajados verbalmente a se manterem em exercício pelo maior tempo possível. Como critérios de exaustão foram considerados a frequência cardíaca máxima (FC_{maxpred}) entre ± 10 bpm do valor predito para a idade (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) maior que 18 na escala de Borg (BORG, 1982). Para as comparações entre os protocolos incrementais, verificação do efeito da taxa de incremento do protocolo sobre as variáveis e para as correlações com as *performances* foram utilizados os melhores testes (maior V_{pico} entre o teste e reteste) de cada protocolo (leve, médio e pesado).

5.5. Determinação da Velocidade Pico (V_{pico})

A V_{pico} foi considerada a máxima velocidade atingida no teste incremental; caso o participante não concluísse o último estágio do teste ajustou-se a V_{pico} a partir da equação proposta por Kuipers et al. (2003):

$$V_{\text{pico}} = V_{\text{completado}} + t/T \times \text{incremento de velocidade}$$

No qual $V_{\text{completado}}$ é a velocidade do último estágio completado ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$); t é o tempo (segundos) em que o participante permaneceu no estágio incompleto; T é a duração total (segundos) de cada estágio; e o incremento de velocidade é a taxa de aumento em cada estágio ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)

5.6. Determinação da Frequência cardíaca (FC) e Percepção subjetiva de esforço (PSE) submáximas e máximas

Durante os testes, ao final de cada estágio, foram monitoradas a frequência cardíaca (FC) por meio do monitor cardíaco (Polar RS800, Kempele - Finlândia) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) pela escala de Borg de pontuação entre 6 e 20

(BORG, 1982). Os maiores valores de FC e PSE atingidos ao final do teste incremental máximo foram considerados como a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e a PSE máxima (PSE_{max}). Para as intensidades submáximas foram considerados os valores de FC e PSE obtidos ao final dos estágios a 8, 10, 12 e 14 $km \cdot h^{-1}$ (em cada protocolo), visto que estas intensidades foram comuns aos três protocolos.

5.7. Determinação do lactato pico (LA_{pico}) pós-exercício

Amostras de sangue do lóbulo da orelha (25 μ l) foram coletadas no 5º minuto (LA_{5-min}) após o término de cada teste incremental e de cada *performance*, com os participantes em repouso, para a determinação da concentração pico de lactato sanguíneo (LA_{pico}). Para uma amostra parcial de 11 participantes também foram coletadas amostras no 3º (LA_{3-min}) e 7º (LA_{7-min}) minutos após os testes. O sangue foi coletado em um tubo capilar heparinizado e imediatamente acondicionado em um tubo tipo Ependorff contendo 50 μ l de fluoreto de sódio (NaF) a 1%. As amostras foram congeladas e posteriormente analisadas eletroquimicamente no equipamento YSI 2300 STAT (Yellow Springs Ind, Ohio – USA) para determinação da concentração de lactato sanguíneo pico pós-exercício.

5.8. Performances em provas de uma hora realizadas em pista (campo) e esteira (laboratório)

Os participantes realizaram duas *performances* de uma hora (*time trial*), sendo uma em pista de atletismo de 400 m e outra em esteira ergométrica. Nos dois testes houve um aquecimento prévio de cinco minutos, sendo que na pista o aquecimento foi livre e na esteira foi realizado na velocidade de 6 $km \cdot h^{-1}$. Nas duas *performances* foi pedido aos participantes que percorressem a maior distância possível durante o período de uma hora, no qual a distância foi registrada para o cálculo da velocidade média (VM). A cada 15 minutos foi registrada a VM do participante para a determinação do ritmo de corrida em quatro momentos durante a *performance* (0-15min; 15-30min; 30-45min; 45-60min). Durante os testes foram monitoradas a FC e a PSE, sendo que a cada 10 minutos foram registrados os valores dessas variáveis. A frequência cardíaca média (FC_{med}) foi considerada como a média dos valores de FC registrados e a FC_{max}

foi considerada o maior valor atingido durante toda a *performance*. O valor indicado de PSE ao final da *performance* foi considerado a PSE_{max} . As informações dadas aos participantes durante a realização dos testes foram limitadas, a fim de diminuir a influência de qualquer outra variável nos resultados (ROLLO; WILLIAMS; NEVILL, 2008; LAURSEN et al., 2007). Na *performance* em pista foi informado apenas o tempo decorrido do teste pelo pesquisador, e na *performance* em esteira ergométrica os participantes tiveram o *feedback* visual do tempo e da velocidade do teste, sendo que a velocidade foi auto selecionada pelo corredor, sendo mantida inclinação fixa de 1%. Durante as provas foram fornecidos copos com água para que os corredores se hidratassem tal como estão acostumados a fazer em provas de corridas de longas distâncias.

5.9. Análise estatística

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado a partir do *software* Gpower versão 3,1 (Düsseldorf, Germany) que demonstrou a necessidade de uma amostra de no mínimo 17 participantes para um tamanho de efeito médio (0,25), poder de 80% com um *alpha* de 0,05. Os dados estão apresentados em média \pm desvio padrão (DP); a normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. As variáveis obtidas nos três protocolos incrementais foram comparadas pela Anova de medidas repetidas seguido do *post hoc* de Bonferroni e correlacionadas utilizando o teste de correlação de Pearson. A suposição de esfericidade foi verificada pelo teste de Mauchly e, quando violada, os graus de liberdade foram corrigidos utilizando as estimativas de esfericidade do teste Greenhouse-Geisser. As variáveis do teste e reteste foram comparadas através do teste t de *Student* para amostras dependentes. Para análise da reprodutibilidade relativa foram calculados os coeficientes de correlação intraclass (CCI - dois fatores mistos; medidas únicas) e correlação de Pearson (r). A reprodutibilidade absoluta foi representada pelo erro padrão da medida (EPM) e o coeficiente de variação (CV). O EPM foi calculado através da divisão do DP das diferenças entre as variáveis do teste e reteste pela raiz quadrada do número de momentos avaliados (\sqrt{n}) (HOPKINS, 2000; HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001). O CV foi determinado obtendo-se primeiramente o EPM do logaritmo natural das

variáveis (EPM_{ln}), ou seja, através da divisão do DP das diferenças entre os logaritmos naturais das variáveis do teste e reteste pela $\sqrt{2}$. Feito isto, o CV foi calculado através da fórmula $CV = 100 * [\exp(EPM_{ln}) - 1]$, em que \exp é a função exponencial natural (HOPKINS, 2000). As análises foram realizadas com o auxílio do *Statistical Package for the Social Sciences* versão 17.0 (SPSS Inc. USA) e das planilhas disponibilizadas por Hopkins (<http://www.sportsci.org/>). Também foi utilizada a análise de Bland-Altman (1986) no qual foi calculado o viés (diferença entre as médias) entre as variáveis do teste e reteste com seus respectivos limites de concordância para um intervalo de 95%. As variáveis relacionadas às *performances* de pista e esteira foram comparadas pelo teste t para amostras pareadas. As relações entre as *performances* e a V_{pico} foram demonstradas pelo coeficiente de correlação de Pearson (r), coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão da estimativa (EPE). A análise de regressão linear simples foi utilizada para a determinação das equações preditivas das *performances*, no qual a V_{pico} foi a variável independente (x). Adotou-se, para todas as análises, nível de significância de $P < 0,05$. A partir da metodologia aplicada os resultados estão apresentados em forma de artigos inéditos.

6 ARTIGO ORIGINAL I

**EFEITO DA TAXA DE INCREMENTO EM VARIÁVEIS DETERMINADAS DURANTE
TESTES INCREMENTAIS MÁXIMOS DE CORRIDA**

Resumo

As respostas das variáveis determinadas a partir de testes incrementais como: consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (LL, LAn, MFEL), frequência cardíaca (FC), percepção subjetiva de esforço (PSE) e velocidade pico (V_{pico}) podem ser influenciadas pelo teste incremental utilizado. Os diferentes protocolos incrementais existentes podem ser modificados em relação à velocidade inicial do teste, a duração dos estágios e a taxa do incremento. Assim, o objetivo do presente estudo foi comparar a V_{pico} , a concentração pico de lactato (LA_{pico}) pós-exercício e as respostas da FC e PSE submáximas e máximas determinadas durante três diferentes testes incrementais máximos com estágios de três minutos e com diferentes taxas de incremento ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Participaram do estudo 20 corredores com idade $25,3 \pm 3,1$ anos, massa corporal $76,2 \pm 8,5$ kg, estatura $178,5 \pm 0,1$ cm, índice de massa corporal $23,9 \pm 2,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, percentual de gordura $13,5 \pm 3,2\%$, experientes em provas de distâncias de 10 km. Os participantes realizaram, aleatoriamente, três testes incrementais máximos em esteira com velocidade inicial de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e estágios de três minutos de duração. Cada teste diferenciou-se em relação à taxa de incremento entre os estágios, sendo estes de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (protocolo leve), $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (protocolo médio) e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (protocolo pesado). Durante os testes, ao final de cada estágio, foram monitoradas a FC e a PSE, sendo os maiores valores de FC e PSE atingidos ao final do teste incremental máximo considerados como a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e a percepção subjetiva de esforço máxima (PSE_{max}). No 5º minuto (LA_{5-min}) após o término de cada teste foram coletadas amostras sanguíneas para a determinação do LA_{pico} ; para uma amostra parcial ($n = 11$) também foram coletadas amostras no 3º (LA_{3-min}) e 7º (LA_{7-min}) minutos após o teste. A V_{pico} foi considerada a máxima velocidade atingida no teste incremental, sendo ajustada a partir da equação proposta por Kuipers et. al (2003), caso o participante não concluísse o último estágio do teste. As variáveis obtidas nos três protocolos foram comparadas pela Anova de medidas repetidas e correlacionadas pelo teste de correlação de Pearson, adotando-se nível de significância de $P < 0,05$. Os resultados demonstraram um efeito do protocolo incremental sobre a V_{pico} , duração do teste, FC_{max} e LA_{pico} pós-exercício. Os valores da V_{pico} foram estatisticamente diferentes entre os protocolos leve, médio e pesado ($14,6 \pm 0,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; $15,6 \pm 0,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; $16,5 \pm 0,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente). A FC_{max} foi estatisticamente maior no protocolo médio ($192,6 \pm 7,2$) quando comparada ao leve ($190,1 \pm 6,6$ bpm); o LA_{pico} pós-exercício foi menor no protocolo leve em relação aos demais protocolos. Em intensidades submáximas, os valores de FC, principalmente em velocidades mais elevadas (12 e $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), foram influenciados pela taxa de incremento do protocolo incremental; a PSE diferenciou-se entre os protocolos, no qual os menores valores foram reportados no protocolo pesado e os maiores índices no protocolo leve. Além disso, o lactato sanguíneo atingiu a concentração pico no 7º minuto pós-exercício nos protocolos médio e pesado, e no 3º minuto no protocolo leve. Foram demonstradas elevadas correlações entre os valores de V_{pico} , duração do teste e FC_{max} obtidos durante os três diferentes testes incrementais. Em conclusão, a taxa de incremento utilizada no protocolo incremental ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) influencia nas respostas da V_{pico} , FC_{max} , LA_{pico} pós-exercício, FC e PSE submáximas.

Palavras-chave: Exercício, medição de velocidade, avaliação de desempenho.

Abstract

The responses of the variables determined from incremental tests such as maximal oxygen uptake (VO_{2max}), thresholds related to blood lactate responses (LT, AT, MLSS), heart rate (HR), rating of perceived exertion (RPE) and peak running speed (V_{peak}) may be influenced by the incremental exercise test used. The different incremental protocols existing can be modified in relation to the initial velocity of the test, stage duration and rate of increments. Thus, the objective of the present study was to compare the V_{peak} , peak blood lactate concentration (LA_{peak}) post-test and the maximal and submaximal responses of HR and RPE determined during three different maximal incremental tests of 3-min stages durations and with different rate of increment ($0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Twenty runners participated aged 25.3 ± 3.1 years, body mass of 76.2 ± 8.5 kg, height of 178.5 ± 0.1 cm, body mass index of $23.9 \pm 2.3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, body fat of $13.5 \pm 3.2\%$, experienced in 10 km races. Participants performed, randomly, three maximal incremental treadmill tests with an initial velocity of $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ and 3-min stages durations. Each test differed from the rate of increment between stages, which are $0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (slight protocol), $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (intermediate protocol) e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (heavy protocol). During the tests at the end of each stage, HR and RPE were monitored, and the highest values of HR and PSE reached at the end of the maximal incremental test considered maximal heart rate (HR_{max}) and maximal rating of perceived exertion (PSE_{max}). At the fifth minute (LA_{5-min}) after tests blood samples were collected for the determination of LA_{peak} ; for a partial sample ($n=11$) were also collected samples at the third (LA_{3-min}) and seventh (LA_{7-min}) minutes after tests. The V_{peak} was considered the maximum speed attained in the incremental test, being adjusted from the equation proposed by Kuipers et. al (2003), if the participant didn't complete the last stage of the test. The variables obtained in the three protocols were compared using a repeated measures ANOVA and correlated using Pearson's correlation test, adopting significance level of $P < 0.05$. The results showed an effect of the incremental protocol on the V_{peak} , test duration, HR_{max} and LA_{pico} post-test. The values of V_{peak} were statistically different between slight, intermediate and heavy protocols ($14.6 \pm 0.7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; $15.6 \pm 0.7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; $16.5 \pm 0.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectively). The HR_{max} was statistically higher in the intermediate protocol (192.6 ± 7.2) compared to the slight protocol (190.1 ± 6.6 bpm); the LA_{peak} post-test was lower in the slight protocol in relation to other protocols. In submaximal intensities, the values of HR, mainly at higher velocities (12 e $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), were influenced by the rate of increment of the incremental protocol; the RPE differed between protocols, in which the lowest values were reported in the heavy protocol and the highest values in the slight protocol. Further, blood lactate reached peak concentration at the seventh minute after test for the intermediate and heavy protocols, and at third minute after test for the slight protocol. Very high correlations were showed between the values of V_{peak} , test duration and HR_{max} obtained during the three different incremental tests. Thus, the rate of increment used in the incremental protocol ($0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) influences the responses of V_{peak} , HR_{max} , LA_{peak} post-test and submaximal HR and PSE.

Keywords: Exercise, speed measurement, performance evaluation.

INTRODUÇÃO

Diversos são os protocolos incrementais elaborados e validados para determinação de variáveis relacionadas à *performance*, no qual modificações ocorrem na taxa do incremento, na duração dos estágios e na velocidade ou potência iniciais do teste (BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007). As respostas das variáveis determinadas a partir de testes incrementais como: consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), velocidade correspondente à ocorrência do VO_{2max} (vVO_{2max}), limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (limiar de lactato - LL, limiar anaeróbio - LAn, máxima fase estável de lactato – MFEL), frequência cardíaca (FC), percepção subjetiva de esforço (PSE), velocidade pico (V_{pico}) e lactato pico (LA_{pico}) pós-exercício podem ser influenciadas pelo protocolo utilizado (MACHADO et al., 2012; KUIPERS et al., 2003; BILLAT et al., 1996). Por serem utilizadas como parâmetro de prescrição e monitoramento do treinamento é de suma importância verificar como a modificação de um protocolo incremental pode afetar as respostas destas variáveis.

Vem sendo demonstrado que a modificação na duração do estágio de um teste incremental afeta o comportamento das variáveis fisiológicas (MACHADO et al., 2012; ROFFEY; BYRNE; HILLS, 2007; BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003; KUIPERS et al., 2003; BISHOP; JENKINS; MACKINNON, 1998). Estudos que compararam protocolos com diferentes durações de estágios verificaram que a V_{pico} (na corrida) e potência pico (no ciclismo) são maiores quando obtidas em testes incrementais com estágios de menor duração, diferentemente do VO_{2max} que não parece ser protocolo dependente (ROFFEY; BYRNE; HILLS, 2007; AMANN; SUBUDHI; FOSTER, 2004; KUIPERS et al., 2003; BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003; BISHOP; JENKINS; MACKINNON, 1998); além disso os limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (LL e LAn) também demonstraram-se dependentes da duração do estágio do protocolo incremental (KUIPERS et al., 2003; BENTLEY; MCNAUGHTON; BATTERHAM, 2001).

A resposta da frequência cardíaca máxima (FC_{max}) aos diferentes protocolos incrementais ainda não está bem esclarecida. Bentley e Mcnaughton (2003) e Kuipers et al. (2003), comparando protocolos com estágios de um e três minutos de duração, não encontraram diferenças nos valores de FC_{max} obtidos ao final dos testes. Entretanto, grande parte dos estudos vem demonstrando que a FC_{max} é protocolo

dependente, mostrando-se normalmente maior nos protocolos com estágios de maior duração (MACHADO et al., 2012; ROFFEY; BYRNE; HILLS, 2007; BISHOP; JENKINS; MACKINNON, 1998).

Poucos estudos têm reportado o efeito da modificação do protocolo incremental sobre o LA_{pico} pós-exercício e a PSE. Roffey, Byrne e Hills (2007) avaliando homens treinados em cicloergômetro e Billat et al. (1996) avaliando corredores, verificaram que o LA_{pico} pós-exercício não sofreu efeito do protocolo incremental utilizado, diferentemente de Machado et al. (2012) que, em corrida, observaram que o LA_{pico} pós-exercício mostrou-se protocolo dependente. Diferentemente, a PSE obtida ao final do teste (PSE_{max}) parece não ser influenciada pelo protocolo incremental (MACHADO et al., 2012; ROFFEY; BYRNE; HILLS, 2007).

Muitas pesquisas enfatizaram o efeito da duração dos estágios sobre variáveis fisiológicas (MACHADO et al., 2012; ROFFEY; BYRNE; HILLS, 2007; KUIPERS et al., 2003; BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003); entretanto, pouco tem sido relatado em relação ao incremento entre os estágios. Billat et al. (1996), avaliando corredores, manipularam, além da duração dos estágios, a taxa de incremento em dois diferentes testes incrementais: um com aumento de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada dois minutos e outro com incremento de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada minuto, encontrando valores semelhantes tanto para o VO_{2max} ($69,3 \pm 3,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e $68,4 \pm 4,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente) como para a vVO_{2max} ($20,7 \pm 1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $20,8 \pm 0,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente) entre os dois protocolos. Amann, Subudhi e Foster (2004) compararam dois testes realizados em cicloergômetro, um com incremento de 25 W a cada minuto e outro com incremento de 50 W a cada três minutos, não encontrando diferença para o VO_{2max} obtido nos dois testes ($67,6 \pm 5,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e $66,6 \pm 5,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente); além disso, o teste com incremento de 50 W foi mais longo e resultou uma menor potência pico (P_{pico}) ($363 \pm 29 \text{ W}$) quando comparado ao teste de menor incremento ($402 \pm 35 \text{ W}$).

Diante disso, até onde temos conhecimento não há estudos que manipularam apenas a magnitude do incremento sem modificar a duração do estágio de testes incrementais e compararam as respostas das variáveis máximas e submáximas determinadas em tais testes. Além disso, estágios de três minutos são popularmente

utilizados em protocolos incrementais para determinação de valores pico (V_{pico} e FC_{max}) e para a avaliação de sujeitos treinados, visto que parecem produzir medidas mais reprodutíveis, válidas e sensíveis às mudanças na *performance* após período de treinamento de *endurance* (BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007).

Assim, o objetivo do presente estudo foi comparar a V_{pico} , o LA_{pico} pós-exercício e as respostas da FC e PSE submáximas e máximas determinadas durante três diferentes testes incrementais máximos com estágios de três minutos e com diferentes taxas de incremento ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Nossa hipótese é de que as diferentes taxas de incremento influenciam no comportamento dessas variáveis.

METODOLOGIA

Participantes

Participaram do estudo 20 corredores do gênero masculino ($25,3 \pm 3,1$ anos; massa corporal de $76,2 \pm 8,5$ kg; estatura de $178,5 \pm 0,1$ cm; índice de massa corporal – IMC de $23,9 \pm 2,3$ kg·m⁻² e percentual de gordura - %G de $13,5 \pm 3,2$ %). Todos os participantes possuíam experiência em provas de 10 km (tempo médio de $48,6 \pm 4,2$ minutos) e estavam envolvidos em treinamentos sistematizados (frequência de treino de 3 ± 1 vezes semanais; volume de treino de $26,2 \pm 16,4$ km semanais; tempo de prática de $3,5 \pm 3,2$ anos). Antes do início dos procedimentos todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e o protocolo de pesquisa foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa local (#719/2010).

Design experimental

Os participantes realizaram aleatoriamente, três testes incrementais máximos de corrida em esteira ergométrica multiprogramável (Super ATL Inbrasport, Porto Alegre - Brasil) com inclinação fixa de 1%. Foi respeitado entre todos os testes um intervalo mínimo de 72 horas. Os participantes foram instruídos a comparecerem aos testes em estado hidratado e a continuarem sua dieta normal, mantendo o mesmo café da manhã antes de todos os testes, abstendo-se do consumo de álcool e cafeína nas 24 horas antes das avaliações. Além disso, foi pedido aos participantes que se abstivessem das suas rotinas de treinamento durante o período de testes. Todos os testes foram realizados no período da manhã, com o objetivo de manter a similaridade das condições experimentais, e em laboratório climatizado (temperatura entre 20°C e 24°C e umidade relativa entre 50 e 60%).

Protocolos incrementais máximos

Os três testes incrementais foram precedidos de um aquecimento de três minutos a 6 km·h⁻¹. A velocidade inicial dos testes foi de 8 km·h⁻¹ e os estágios tiveram duração de três minutos. Cada teste diferenciou-se em relação à taxa de incremento entre os estágios, sendo estes de $0,5$ km·h⁻¹, 1 km·h⁻¹ e 2 km·h⁻¹. Os protocolos foram

caracterizados de acordo com a taxa do incremento, sendo o protocolo com incrementos de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ denominado protocolo leve, o de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ médio e o de $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ pesado. A duração do teste foi calculada sem considerar o tempo de aquecimento. Os testes foram mantidos até a exaustão voluntária, sendo os participantes encorajados verbalmente a se manterem em exercício pelo maior tempo possível. Como critérios de exaustão foram considerados FC_{maxpred} entre ± 10 bpm do valor predito para a idade (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001) e PSE maior que 18 na escala de Borg (BORG, 1982).

Determinação da frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) submáximas e máximas

Durante os testes, ao final de cada estágio, foram monitoradas FC por meio do monitor cardíaco (Polar RS800, Kempele - Finlândia) e a PSE pela escala de Borg de pontuação entre 6 e 20 (BORG, 1982). Os maiores valores de FC e PSE atingidos ao final do teste incremental máximo foram considerados como a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e a PSE máxima (PSE_{max}). Para as intensidades submáximas foram considerados os valores de FC e PSE obtidos ao final dos estágios a 8, 10, 12 e 14 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ (em cada protocolo), visto que estas intensidades foram comuns aos três protocolos.

Determinação do lactato pico (LA_{pico}) pós-exercício

Amostras de sangue do lóbulo da orelha ($25\mu\text{l}$) foram coletadas no 5º minuto ($LA_{5\text{-min}}$) após o término de cada teste, com os participantes em repouso, para a determinação da concentração pico de lactato sanguíneo pós-exercício (LA_{pico}). Para uma amostra parcial ($n = 11$) também foram coletadas amostras no 3º ($LA_{3\text{-min}}$) e 7º ($LA_{7\text{-min}}$) minutos após o teste. O sangue foi coletado em um tubo capilar heparinizado e imediatamente acondicionado em um tubo tipo Ependorff contendo $50\mu\text{l}$ de fluoreto de sódio (NaF) a 1%. As amostras foram congeladas e posteriormente analisadas eletroquimicamente no equipamento YSI 2300 STAT (Yellow Springs Ind, Ohio – USA) para determinação da concentração de lactato sanguíneo.

Determinação da velocidade pico (V_{pico})

A V_{pico} foi considerada a máxima velocidade atingida no teste incremental; caso o participante não concluísse o último estágio do teste ajustou-se a V_{pico} a partir da equação proposta por Kuipers et al. (2003):

$$V_{\text{pico}} = V_{\text{completado}} + t/T \times \text{incremento de velocidade}$$

No qual $V_{\text{completado}}$ é a velocidade do último estágio completado ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$); t é o tempo (segundos) em que o participante permaneceu no estágio incompleto; T é a duração total (segundos) de cada estágio; e o incremento de velocidade é a taxa de aumento em cada estágio ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)

Análise estatística

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado a partir do *software* Gpower versão 3,1 (Düsseldorf, Germany) que demonstrou a necessidade de uma amostra de, no mínimo, 17 participantes para um tamanho de efeito médio (0,25), poder estatístico de 80% com um alpha de 0,05. Os dados estão apresentados em média \pm desvio padrão (DP); a normalidade dos dados foi verificada pelo teste Shapiro-Wilk. As variáveis obtidas nos protocolos incrementais máximos foram comparadas pela Anova de medidas repetidas seguido do *post hoc* de Bonferroni e correlacionadas utilizando o teste de correlação de Pearson. A suposição de esfericidade foi verificada pelo teste de Mauchly e, quando violada, os graus de liberdade foram corrigidos utilizando as estimativas de esfericidade do teste Greenhouse-Geisser. As análises foram realizadas com o auxílio do *Statistical Package for the Social Sciences* versão 17.0 (SPSS Inc. USA). Adotou-se, para todas as análises, nível de significância de $P < 0,05$.

RESULTADOS

As comparações entre as variáveis V_{pico} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$), duração do teste (min), FC_{max} (bpm), PSE_{max} (6-20) e LA_{pico} pós-exercício ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) estão apresentadas na tabela 6.1. Foi observado efeito do protocolo incremental sobre todas as variáveis exceto para a PSE_{max} que não se diferenciou entre os três protocolos. Os valores da V_{pico} e da duração do teste foram estatisticamente diferentes entre os três protocolos. A FC_{max} foi estatisticamente maior no protocolo médio quando comparada ao leve e o LA_{pico} pós-exercício foi menor no protocolo leve em relação aos demais protocolos.

Tabela 6.1. Comparação entre as variáveis obtidas durante os testes incrementais com taxas de incremento de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (leve), $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (médio) e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (pesado) ($n=20$)

Protocolo	Leve	Médio	Pesado
V_{pico} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	$14,6 \pm 0,7$	$15,6 \pm 0,7^a$	$16,5 \pm 0,8^{a,b}$
Duração do teste (min)	$42,6 \pm 4,2$	$25,8 \pm 2,0^a$	$15,7 \pm 1,2^{a,b}$
FC_{max} (bpm)	$190,1 \pm 6,6$	$192,6 \pm 7,2^a$	$190,6 \pm 6,7$
PSE_{max} (6-20)	$19,8 \pm 0,5$	$19,9 \pm 0,3$	$19,6 \pm 0,8$
LA_{pico} ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	$6,3 \pm 1,6$	$8,3 \pm 2,5^a$	$8,2 \pm 2,0^a$

^a $P < 0,05$ em relação ao protocolo leve

^b $P < 0,05$ em relação ao protocolo médio

Os valores absolutos submáximos de FC e seus respectivos valores percentuais ($\%\text{FC}_{\text{max}}$) para as intensidades de 8, 10, 12 e $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ de cada protocolo estão apresentados na tabela 6.2. As comparações entre os protocolos demonstraram um efeito da taxa de incremento nos valores de FC e $\%\text{FC}_{\text{max}}$ principalmente em intensidades mais elevadas.

Tabela 6.2. Valores submáximos de FC e seus respectivos percentuais da FC_{max} para quatro intensidades (8,10,12,14 $km \cdot h^{-1}$) dos diferentes protocolos incrementais (n=20)

	FC (bpm)			% FC_{max}		
	Leve	Médio	Pesado	Leve	Médio	Pesado
8 $km \cdot h^{-1}$	126,0 ± 9,4	129,1 ± 11,1 ^a	127,8 ± 8,6	66,3 ± 4,7	67,0 ± 4,8	67,1 ± 3,9
10 $km \cdot h^{-1}$	148,1 ± 9,4	148,2 ± 11,2	144,5 ± 10,5 ^b	77,9 ± 4,2	76,9 ± 4,2	75,8 ± 4,6 ^a
12 $km \cdot h^{-1}$	166,7 ± 9,2	165,7 ± 10,3	162,0 ± 9,5 ^{a,b}	87,6 ± 3,5	86,0 ± 3,2 ^a	84,9 ± 4,1 ^a
14 $km \cdot h^{-1}$	184,5 ± 8,3	180,4 ± 9,5 ^a	176,0 ± 7,9 ^{a,b}	97,0 ± 2,1	93,6 ± 2,6 ^a	92,4 ± 2,6 ^{a,b}

^a $P < 0,05$ em relação ao protocolo leve

^b $P < 0,05$ em relação ao protocolo médio

A tabela 6.3 traz os valores de PSE referentes às quatro intensidades submáximas (8,10,12,14 $km \cdot h^{-1}$). A partir da análise dos resultados observa-se que a PSE a partir de 10 $km \cdot h^{-1}$ mostra-se protocolo dependente, sendo que nas intensidades de 12 e 14 $km \cdot h^{-1}$ quanto maior a taxa de incremento (ou seja, quanto menor a duração do teste), menor a PSE.

Tabela 6.3. Valores submáximos de PSE para quatro intensidades (8,10,12,14 $km \cdot h^{-1}$) durante os diferentes protocolos incrementais (n=20)

	PSE (6-20)		
	Leve	Médio	Pesado
8 $km \cdot h^{-1}$	7,0 ± 1,2	7,3 ± 1,3	7,2 ± 1,3
10 $km \cdot h^{-1}$	10,3 ± 2,0	9,5 ± 2,0	8,7 ± 1,9 ^a
12 $km \cdot h^{-1}$	14,3 ± 1,7	12,5 ± 2,4 ^a	10,9 ± 2,3 ^{a,b}
14 $km \cdot h^{-1}$	18,2 ± 1,7	16,0 ± 2,3 ^a	14,2 ± 3,0 ^{a,b}

^a $P < 0,05$ em relação ao protocolo leve

^b $P < 0,05$ em relação ao protocolo médio

O efeito do protocolo na concentração de lactato sanguíneo pós-exercício é demonstrado na tabela 6.4 para uma amostra parcial de 11 participantes. Os resultados revelaram que o LA_{pico} pós-exercício sofre influência do protocolo incremental utilizado, da mesma forma que o momento no qual o pico de concentração de lactato acontece.

Para os protocolos médio e pesado o LA_{pico} ocorreu ao 7º minuto enquanto que para o protocolo leve, ocorreu ao 3º minuto pós-exercício.

Tabela 6.4. Concentração de lactato pico (LA_{pico} , (mmol·L⁻¹)) após testes incrementais com taxas de incrementos de 0,5 km·h⁻¹ (leve), 1 km·h⁻¹ (médio) e 2 km·h⁻¹ (pesado) (n=11)

	Leve	Médio	Pesado
LA_{3-min} (mmol·L ⁻¹)	6,6 ± 1,2	7,8 ± 1,6	8,1 ± 1,4 ^a
LA_{5-min} (mmol·L ⁻¹)	6,5 ± 0,7	8,4 ± 1,7 ^a	9,1 ± 1,5 ^{a,b}
LA_{7-min} (mmol·L ⁻¹)	6,2 ± 0,7	8,5 ± 2,5	9,3 ± 1,9 ^a

^a $P < 0,05$ comparado ao protocolo leve

^b $P < 0,05$ comparado ao LA_{3-min}

Na tabela 6.5 encontram-se os valores das correlações verificadas entre os protocolos para cada variável obtida durante os testes incrementais. As variáveis V_{pico} , duração do teste e FC_{max} foram expressivamente correlacionadas entre si para todos os protocolos.

Tabela 6.5. Correlações entre as variáveis obtidas durante os três protocolos com diferentes taxas de incremento (n=20)

	V_{pico} (km·h ⁻¹)	Duração (min)	FC_{max} (bpm)	LA_{pico} (mmol·L ⁻¹)	PSE_{max} (6-20)
Leve x Médio	0,92*	0,92*	0,88*	0,47*	0,52
Leve x Pesado	0,77*	0,77*	0,77*	0,52*	0,17
Médio x Pesado	0,82*	0,82*	0,82*	0,40	0,46

* $P < 0,05$

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo comparar a V_{pico} , o LA_{pico} pós-exercício e as respostas da FC e PSE submáximas e máximas determinadas durante três diferentes testes incrementais com estágios de três minutos e com diferentes taxas de incremento ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). O principal achado foi que a V_{pico} e a duração dos testes foram estatisticamente diferentes entre os três protocolos e se relacionaram diretamente com o aumento da taxa de incremento, ou seja, quanto maior o incremento na velocidade maior a V_{pico} obtida e menor a duração do teste. A FC_{max} foi maior no protocolo médio em comparação ao leve; e os valores de FC submáximos em intensidades mais elevadas, como a $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, se diferiram entre os três protocolos. Além disso, o LA_{pico} pós-exercício demonstrou-se protocolo dependente, apresentando os menores valores no protocolo com menor taxa de incremento.

O comportamento da duração do teste e da V_{pico} nos diferentes protocolos incrementais deste estudo demonstrou, como já era esperado, que estas variáveis são protocolo-dependentes (MACHADO et al., 2012; KUIPERS et al., 2003; BILLAT et al., 1996). Machado et al. (2012) comparando protocolos com estágios de um, dois e três minutos de duração (protocolo curto, médio e longo, respectivamente) encontraram que quanto menor a duração do estágio, menor a duração do teste (protocolo curto = $11,1 \pm 1,6$ minutos; protocolo médio = $19,4 \pm 3$ minutos; protocolo longo $26,7 \pm 4,7$ minutos) e maior a V_{pico} atingida (protocolo curto = $18,1 \pm 1,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; protocolo médio = $16,7 \pm 1,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; protocolo longo = $15,9 \pm 1,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). De forma semelhante, Kuipers et al. (2003) compararam três protocolos com diferentes durações de estágios (um, três e seis minutos) e demonstraram que a V_{pico} foi maior no protocolo com estágios de menor duração ($18,3 \pm 1,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; $17,1 \pm 1,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; $15,1 \pm 1,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente).

Billat et al. (1996) verificaram em dois protocolos incrementais, um com aumento de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada dois minutos e outro com incremento de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada minuto, que o primeiro foi mais longo ($16,5 \pm 2,1$ minutos) do que o segundo ($15,6 \pm 1,8$ minutos); contudo, a $vVO_{2\text{max}}$ não foi diferente entre os dois protocolos ($20,7 \pm 1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $20,8 \pm 0,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente).

Diferentemente da V_{pico} , a FC_{max} em nosso estudo foi estatisticamente diferente apenas entre os protocolos médio e o leve, sendo o maior valor obtido no protocolo médio. Os estudos que examinaram a resposta da FC_{max} em diferentes testes incrementais manipularam a duração do estágio e encontraram resultados que não determinaram um padrão para o comportamento desta variável. Especificamente em cicloergômetro Roffey, Byrne e Hills (2007) avaliaram homens treinados em protocolos com diferentes durações de estágios (um e três minutos) e reportaram que a FC_{max} foi maior no protocolo com estágios mais longos (protocolo longo = 184 ± 9 bpm; protocolo curto: 180 ± 9 bpm). De forma semelhante Bishop, Jenkins e Mackinnon (1998), comparando os resultados de dois protocolos (estágios de um e três minutos), demonstraram que a FC_{max} foi maior no protocolo com estágios de maior duração ($190,4 \pm 7,2$ bpm e $184,1 \pm 8,3$ bpm, respectivamente).

Em corrida, Machado et al. (2012) encontraram que o valor de FC_{max} foi estatisticamente diferente entre os protocolos com estágios de um e dois minutos ($181,8 \pm 12,1$ bpm e $184,8 \pm 12,7$ bpm, respectivamente). Entretanto, outros estudos não encontraram diferenças para a FC_{max} determinada em diferentes protocolos incrementais. Bentley e Mcnaughton (2003) comparando dois protocolos em cicloergômetro com estágios de um e três minutos não encontraram diferenças nos valores de FC_{max} ($177,3 \pm 7,6$ bpm e $174,2 \pm 7$ bpm, respectivamente). Kuipers et al. (2003), avaliando três protocolos incrementais em esteira, encontraram que a FC_{max} não foi estatisticamente diferente entre os protocolos com estágios de um, três e seis minutos (183 ± 6 bpm; 187 ± 5 bpm; 189 ± 5 bpm, respectivamente). Semelhante a esses achados Billat et al. (1996), comparando dois protocolos incrementais, não encontraram diferenças nos valores de FC_{max} atingidos no protocolo com estágios de dois minutos e incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (191 bpm) e no protocolo com estágios de um minuto e incrementos de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (189 bpm).

Desse modo, estudos que mostraram que a FC_{max} é protocolo dependente, encontraram que protocolos com estágios mais longos levam a maiores valores de FC_{max} . Uma possível explicação para este comportamento seria o “*drift*” cardiovascular que ocorre em exercícios que excedem a duração de 10 a 15 minutos devido às mudanças termorregulatórias, alterações na utilização de substratos energéticos e

aumento do fluxo sanguíneo (COYLE, 1998; BUCHFUHRER et al., 1983). Entretanto, em nosso estudo não foi observado tal comportamento, sendo que a FC_{max} foi menor no protocolo mais longo (protocolo leve). Além disso, não podemos comparar as respostas de nosso estudo com as de outros que apenas manipularam a duração do estágio, visto que a taxa de incremento parece ter uma influência diferente na resposta da FC_{max} .

A análise dos valores submáximos de FC revelou que este parâmetro é influenciado pela taxa de incremento, sendo que em intensidades mais elevadas (12 e 14 $km \cdot h^{-1}$) tal diferença mostra-se mais evidente. Machado et al. (2012) mostraram que em intensidades relativas à FC_{max} ($\%FC_{max}$) verifica-se um efeito da duração do estágio, sendo que a diferença aumenta em intensidades mais elevadas. Em nosso estudo os valores absolutos de FC no protocolo pesado (curta duração) foram significativamente menores nas intensidades de 12, 14 e 16 $km \cdot h^{-1}$ quando comparados aos protocolos médio e leve (longa duração).

Assim, visto que os percentuais da V_{pico} e da FC_{max} são parâmetros utilizados para a prescrição das cargas de treinamento (BUCHHEIT et al., 2010; MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007; ACHTEN; JEUKENDRUP, 2003; JEUKENDRUP; VANDIEMEN, 1998) uma diferente resposta dessas variáveis nos protocolos leva a uma diferente prescrição e conseqüentemente diferentes adaptações fisiológicas. Sendo assim, o uso de protocolos consistentes é importante para diminuir o erro durante a prescrição do treinamento (ROFFEY; BYRNE; HILLS, 2007).

Em relação à PSE_{max} , nossos achados vão de encontro aos de Machado et al. (2012) e Roffey, Byrne e Hills (2007) que não encontraram diferença significativa para esta variável entre três diferentes protocolos incrementais. Contudo, nenhum estudo demonstrou a resposta da PSE em intensidades submáximas durante diferentes protocolos incrementais. Nosso estudo revelou que em intensidades mais elevadas a resposta da PSE se diferencia entre os protocolos, sendo os menores valores para esta variável reportados no protocolo de maior taxa de incremento (pesado) e os maiores índices no protocolo de menor taxa de incremento (leve) para a mesma intensidade. Tal comportamento pode ser explicado pela duração do protocolo leve que, por exemplo, a 14 $km \cdot h^{-1}$ era de 39 minutos enquanto que no teste com incrementos de 2 $km \cdot h^{-1}$ era de

apenas 12 minutos. Sendo assim, parece que a quantidade de estágios do protocolo influencia na percepção de fadiga durante o teste incremental.

Outro importante resultado deste estudo é que o valor de LA_{pico} pós-exercício no protocolo leve (longo) foi estatisticamente diferente e menor quando comparado aos valores observados nos protocolos médio e pesado (curto). Semelhante ao nosso estudo, Machado et al. (2012) encontraram que o LA_{pico} pós-exercício foi menor no protocolo longo quando comparado com o protocolo curto e médio e as concentrações de lactato foram próximas às encontradas neste trabalho (protocolo longo = $7,9 \pm 2,2$ mmol·L⁻¹; protocolo médio = $9,2 \pm 1,9$ mmol·L⁻¹; protocolo curto = $9,4 \pm 2,2$ mmol·L⁻¹). Entretanto, diferentemente, Roffey, Byrne e Hills (2007) não encontraram diferenças no LA_{pico} pós-exercício em dois protocolos incrementais com estágios de um e três minutos ($12,14 \pm 2,18$ mmol·L⁻¹ e $11,69 \pm 3,07$ mmol·L⁻¹, respectivamente); da mesma forma Billat et al. (1996) não encontraram diferenças entre o LA_{pico} obtido após dois testes incrementais, um com estágios de dois minutos e incrementos de 1 km·h⁻¹ e outro com incremento de 0,5 km·h⁻¹ a cada minuto ($7,3$ mmol·L⁻¹ e $7,5$ mmol·L⁻¹, respectivamente), sugerindo que o LA_{pico} pós-exercício não é protocolo dependente.

Em relação ao momento em que a concentração de lactato atingiu o pico após o término do teste, nossos resultados mostraram que este evento ocorreu ao 7º minuto após os protocolos médio e pesado e ao 3º minuto após o protocolo leve. Amostras sanguíneas coletadas em diferentes momentos pós-exercício são importantes, pois as concentrações de lactato sanguíneo podem variar diariamente. As respostas metabólicas ao exercício, como a produção de lactato, são influenciadas pelo nível de glicogênio pré-teste ou pela dieta consumida antes do teste (HAUSER et al., 2012; LANGFORT et al., 2001) e por fatores termorregulatórios, sendo que durante o exercício realizado em elevadas temperaturas as concentrações de lactato sanguíneo tendem a ser maiores devido ao aumento da glicólise anaeróbia em resposta à diminuição do fluxo sanguíneo para os músculos em atividade (CHIBA et al., 2011). Assim, apesar de alguns estudos mostrarem que o maior valor de lactato pós-exercício ocorreu até o 7º minuto (MACHADO et al., 2012; BENEKE et al., 2005; GASS; ROGERS; MITCHELL, 1981) não se pode afirmar categoricamente o momento exato em que o pico de lactato acontece após testes incrementais máximos. Entretanto, uma

das limitações deste estudo foi não ter amostras sanguíneas nos três momentos pós-exercício (três, cinco e sete minutos) para todos os 20 participantes da amostra, e também não ter a coleta de sangue logo após o término do teste incremental máximo.

As correlações apresentadas neste trabalho entre as variáveis obtidas durante os diferentes protocolos incrementais foram semelhantes às do estudo de Billat et al. (1996) que demonstraram correlações significativas, entre os dois protocolos incrementais avaliados, para os valores de FC_{max} ($r = 0,90$), vVO_{2max} ($r = 0,80$) e LA_{pico} ($r = 0,60$).

Diante do exposto, conclui-se que a taxa de incremento utilizada no protocolo incremental ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) influencia nas respostas da V_{pico} , FC_{max} , LA_{pico} pós-exercício e FC e PSE submáximas. Além disso, os diferentes valores de FC_{max} e V_{pico} obtidos durante os protocolos incrementais devem ser utilizados com cautela para a prescrição e controle das intensidades do treinamento, sendo de suma importância que pesquisadores e técnicos padronizem o melhor protocolo incremental para a avaliação de tais variáveis.

Referências Bibliográficas

Achten J, Jeukendrup A. Heart rate monitoring: Applications and Limitations. *Sports Med.* 2003; 33 (7): 517-38.

Amann M, Subudhi A, Foster C. Influence of testing protocol on ventilatory thresholds and cycling performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36 (4): 613-22.

Beneke R, Hutler M, Jung M, Leithauser RM. Modeling the blood lactate kinetics at maximal short-term exercise conditions in children, adolescents, and adults. *J Appl Physiol.* 2005; 99 (2):499–504.

Bentley DJ, McNaughton LR. Comparison of W_{peak} , VO_{2peak} and the ventilation threshold from two different incremental exercise tests: relationship to endurance performance. *J Sci Med Sport.* 2003; 6(4): 422-35.

Bentley DJ, Newell J, Bishop D. Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Med.* 2007; 37:575–86.

Bentley DJ, Mcnaughton LR, Batterham, AM. Prolonged stage duration during incremental cycle exercise: effects on the lactate threshold and onset of blood lactate accumulation. *Eur J Appl Physiol.* 2001; 85 (3-4): 351-7.

Billat VL, Hill DW, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Effect of protocol on determination of velocity at VO_{2max} and on its time to exhaustion. *Arch Physiol Biochem.* 1996; 104 (3): 313-21.

Bishop D, Jenkins DG, Mackinnon LT. The effect of stage duration on the calculation of peak VO_2 during cycle ergometry. *J Sci Med Sport.* 1998; 1 (3): 171-8.

Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982; 14(5):377–81.

Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Suedy DY, Wasserman MJ, Whipp BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol.* 1983; 55: 1558-64.

Buchheit M, Chivot A, Parouty J, Mercier D, Al Haddad H, Laursen PB, et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 108 (6): 1153-67.

Chiba T, Ishii H, Takahashi S, Yano T. Relationship between blood lactate and hyperventilation during high-intensity constant-load exercise in heat. *Biol Sport.* 2011; 28: 159-3.

Coyle EF. Cardiovascular drift during prolonged exercise and the effects of dehydration. *Int J Sports Med.* 1998; 19 (2): 121–4.

Gass GC, Rogers S, Mitchell R. Blood lactate concentration following maximum exercise in trained subjects. *Br J Sports Med.* 1981; 15 (3): 172–176.

Hauser T, Bartsch D, Baumgartel L, Schulz H. Reliability of Maximal Lactate Steady State. *Int J Sports Med.* 2012; 12 (9).

Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978; 40: 497-504.

Jeukendrup A, Van Diemen A. Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *J Sports Sci.* 1998; 16: 91-9.

Kuipers H, Rietjens G, Verstappen F, Schoenmakers H, Hofman G. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. *Int J Sports Med.* 2003; 24(7):486–91.

Langfort JL, Zarzeczny R, Nazar K. The effect of low-carbohydrate diet on the pattern of hormonal changes during incremental, graded exercise in young men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001; 11 (2): 248-57.

Machado FA, Kravchychyn ACP, Peserico CS, Silva DF, Mezzaroba PV. Effect of stage duration on maximal heart rate and post-exercise blood lactate concentration during incremental treadmill tests. *J Sci Med Sport* (2012). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2012.08.003>.

Midgley AW, McNaughton LR, Jones AM. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? *Sports Med.* 2007; 37(10):857–80.

Roffey DM, Byrne NM, Hills AP. Effect of stage duration on physiological variables commonly used to determine maximum aerobic performance during cycle ergometry. *J Sports Sci.* 2007; 25 (12): 1325-35.

Siri WE. Techniques for measuring body composition. Washington (DC): National Academy Press; 1961.

Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(1):153–6.

7 ARTIGO ORIGINAL II

**REPRODUTIBILIDADE DA VELOCIDADE PICO E DE VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS
DETERMINADAS DURANTE TESTES INCREMENTAIS MÁXIMOS**

Resumo

Variáveis relacionadas à *performance* como o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), os limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (LL, LAn, MFEL) e a velocidade pico (V_{pico}) devem apresentar elevada reprodutibilidade para que se tenha medidas capazes de detectar e controlar as mudanças na *performance* de atletas. A V_{pico} tem se mostrado uma efetiva preditora da *performance* em corrida de *endurance*; entretanto, a sua reprodutibilidade permanece desconhecida. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a reprodutibilidade teste-reteste da V_{pico} e de variáveis fisiológicas determinadas durante três diferentes testes incrementais máximos com diferentes taxas de incremento ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Participaram do estudo 20 corredores com idade de $25,3 \pm 3,1$ anos, massa corporal $76,2 \pm 8,5$ kg, estatura $178,5 \pm 0,1$ cm, índice de massa corporal $23,9 \pm 2,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, percentual de gordura $13,5 \pm 3,2\%$, e com experiência em provas de 10 km (tempo de prática de $3,5 \pm 3,2$ anos). Os participantes realizaram aleatoriamente, em teste-reteste, três diferentes testes incrementais máximos em esteira com velocidade inicial de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e estágios de três minutos de duração. Cada teste diferenciou-se em relação à taxa de incremento entre os estágios, sendo estes de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (protocolo leve), $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (protocolo médio), $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (protocolo pesado). Durante os testes, ao final de cada estágio, foram monitoradas a FC e a PSE, sendo os maiores valores de FC e PSE atingidos ao final do teste incremental máximo considerados como a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e a PSE máxima (PSE_{max}). No 5º minuto após o término de cada teste, foram coletadas amostras sanguíneas para a determinação da concentração pico de lactato sanguíneo (LA_{pico}). A V_{pico} foi considerada a máxima velocidade atingida no teste incremental, sendo ajustada a partir da equação proposta por Kuipers et al. (2003), caso o participante não concluísse o último estágio do teste. As variáveis do teste e reteste foram comparadas através do teste t de *Student* para amostras dependentes; a reprodutibilidade foi representada pelos coeficientes de correlação intraclasse (CCI) e de correlação de Pearson (r), pelo erro padrão da medida (EPM), coeficiente de variação (CV) e análise de Bland-Altman. Adotou-se, para todas as análises, nível de significância de $P < 0,05$. As comparações entre teste-reteste não demonstraram diferenças estatisticamente significantes entre as variáveis V_{pico} , duração do teste, FC_{max} , PSE_{max} e LA_{pico} pós-exercício para os três protocolos. Além disso, a V_{pico} apresentou elevada reprodutibilidade nos três protocolos, com elevados valores de correlação ($r = 0,85$ a $0,96$; CCI = $0,85$ a $0,94$) e baixos valores de EPM ($0,17$ a $0,30$) e CV ($1,13\%$ a $1,78\%$). As variáveis duração do teste, FC_{max} e PSE_{max} também demonstraram elevada reprodutibilidade. Diferentemente, o LA_{pico} pós-exercício apresentou baixa reprodutibilidade (CCI = $0,53$ a $0,60$; CV = $16,1\%$ a $18,46\%$). A análise de Bland-Altman revelou boa concordância entre os momentos teste-reteste para os três protocolos. Em relação à reprodutibilidade dos valores submáximos de FC e PSE, os resultados demonstraram que a FC é uma medida reprodutível, mostrando tendência de melhor reprodutibilidade em intensidades mais elevadas; já a PSE apresentou reprodutibilidade limitada. Em conclusão, a V_{pico} demonstrou-se reprodutível, assim como a FC_{max} , PSE_{max} e os valores de FC submáximos determinados durante os testes incrementais.

Palavras-chave: Exercício, corrida, avaliação de desempenho.

Abstract

Variables related to performance such as maximal oxygen uptake (VO_{2max}), the thresholds related to blood lactate responses (LT, AT, MLSS) and peak running speed (V_{peak}) must provide high reproducibility in order to have measures to detect and monitor changes in athletes performance. The V_{peak} has been shown to be a good predictor of endurance running performance, however its reproducibility remains unknown. Thus, the objective of the present study was to verify the test-retest reproducibility of V_{peak} and physiological variables determined during three different maximal incremental tests with different rate of increments ($0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Twenty runners participated aged 25.3 ± 3.1 years, body mass 76.2 ± 8.5 kg, height 178.5 ± 0.1 cm, body mass index $23.9 \pm 2.3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, body fat of $13.5 \pm 3.2\%$, and experience in competing 10 km (practice time of 3.5 ± 3.2 years). Participants performed randomly, in test-retest, three maximal incremental treadmill tests with an initial velocity of $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ and 3-min stages durations. Each test differed from the rate of increment between stages, which are $0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (slight protocol), $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (intermediate protocol) e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (heavy protocol). During the tests at the end of each stage, heart rate (HR) and rating of perceived exertion (RPE) were monitored, and the highest values of HR and PSE reached at the end of the maximal incremental test considered maximal heart rate (HR_{max}) and maximal rating of perceived exertion (PSE_{max}). At the fifth minute after tests blood samples were collected for the determination of the peak blood lactate concentration (LA_{peak}). The V_{peak} was considered the maximum speed attained in the incremental test, being adjusted from the equation proposed by Kuipers et al. (2003), if the participant didn't complete the last stage of the test. The test-retest variables was compared through Student's t test to related samples; the reproducibility was represented by intraclass correlation coefficient (ICC), Pearson's correlation coefficient (r), standard error of measurement (SEM), coefficient of variation (CV) and Bland and Altman analysis. For all analysis significance level of $P < 0.05$ was adopted. Comparisons between test-retest showed no statistically significant differences between the variables V_{peak} , test duration, HR_{max} , PSE_{max} and LA_{peak} post-exercise for all three protocols. Further, the V_{peak} showed high reproducibility in all three protocols, with high correlation values ($r = 0.85$ a 0.96 ; $ICC = 0.85$ a 0.94) and low values of SEM (0.17 a 0.30) and CV (1.13% a 1.78%). The variables test duration, HR_{max} and PSE_{max} also presented as reproducible. However, the LA_{peak} post-exercise was not reproducible, mainly due to high CV values and low values of ICC. The Bland and Altman analysis revealed good agreement between the test-retest moments for all three protocols. In relation to the reproducibility of submaximal values of HR and RPE, the results showed that HR is a reproducible measure, showing a tendency of better reproducibility at higher intensities; whereas the RPE showed limited reproducibility. In conclusion, V_{peak} showed reproducible, as HR_{max} , RPE_{max} and submaximal values of HR and RPE determined during incremental tests.

Keywords: Exercise, running, performance evaluation.

INTRODUÇÃO

A reprodutibilidade de um teste, ou de uma variável, representa a capacidade de replicar o mesmo resultado em uma ou mais tentativas repetidas pelo mesmo sujeito em condições similares (HOPKINS, 2000). As variáveis determinadas a partir de testes incrementais máximos relacionadas à predição da *performance* de *endurance*, como o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), os limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (limiar de lactato -LL, limiar anaeróbio -LAN, máxima fase estável de lactato -MFEL) e a velocidade pico (V_{pico}) devem apresentar elevada reprodutibilidade para que se tenha medidas individuais precisas e que sejam capazes de detectar significativas melhoras na *performance* (CURRELL; JEUKENDRUP, 2008; HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001; HOPKINS, 2000). Deste modo, uma baixa reprodutibilidade destas variáveis pode levar a erros nas interpretações dos resultados de um estudo por parte de técnicos ou pesquisadores (ALBERTY et al., 2006).

Vários são os fatores que influenciam a reprodutibilidade de um teste como: tipo de teste (*time trial* ou até exaustão), duração total do protocolo, nível de condicionamento do participante, familiarização com o teste e o ergômetro, fatores motivacionais, *feedback* dado ao participante, local de realização das avaliações (campo ou laboratório) e controle da dieta antes da realização dos testes (CURRELL; JEUKENDRUP, 2008; LAURSEN et al., 2007; RUSSELL et al., 2004; HOPKINS; SCHABORT, HAWLEY, 2001; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998).

Muitos estudos avaliaram a reprodutibilidade da *performance* em provas com distâncias ou tempo pré-estabelecidos (testes *time trial*) (ROLLO; WILLIAMS; NEVILL, 2008; LAURSEN; SHING; JENKINS, 2003; SMITH et al., 2001; DOYLE; MARTINEZ, 1998; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998; BISHOP, 1997); além disso, outros autores investigaram também a reprodutibilidade de testes realizados em intensidades constantes até exaustão, encontrando que tais protocolos mostram-se menos reprodutíveis do que testes *time trial* (LAURSEN et al.; 2007; JEUKENDRUP et al., 1996).

Em relação às variáveis determinadas durante protocolos incrementais máximos, o foco da maioria dos estudos foi a análise da reprodutibilidade do VO_{2max} (LOURENÇO et al., 2011; BOSQUET; GAMELIN; BERTHOIN, 2008; ROFFEY; BYRNE; HILLS, 2007;

HARLING; TONG; MICKLEBOROUGH, 2003) e dos limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (GRANT et al., 2002; COEN; URHAUSEN; KINDERMANN, 2001; DICKHUTH et al., 1999; ZHOU; WESTON, 1997; MCLELLAN; JACOBS, 1993). Além disso, apenas o estudo de Roffey, Byrne e Hills (2007) testou a reprodutibilidade (teste-reteste) de variáveis obtidas em diferentes protocolos incrementais em cicloergômetro com diferentes durações de estágios (um e três minutos), verificando que o protocolo mais curto (estágios de um minuto) resultou em valores de VO_{2max} e potência pico (P_{pico}) mais reprodutíveis.

A velocidade pico (V_{pico}) atingida em um protocolo incremental máximo em esteira mostra-se uma boa variável preditora da *performance* em corridas de *endurance* (MCLAUGHLIN et al., 2010; STRATTON et al., 2009; SLATTERY et al., 2006; SCOTT; HOUMARD, 1994; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990), e pode ser determinada de forma simples e sem a necessidade da utilização de equipamentos sofisticados ou técnicas invasivas (SCOTT; HOUMARD, 1994). No único estudo encontrado que analisou a reprodutibilidade desta variável, Harling, Tong e Mickleborough (2003) demonstraram que a V_{pico} avaliada em teste-reteste é uma medida reprodutível para corredores recreacionistas; entretanto, os autores definiram a V_{pico} como a maior velocidade atingida e sustentada por 1 min durante o teste, de maneira que a V_{pico} apenas apresentou valores integrais (e.g., 16,0; 17,0; 18,0 $km \cdot h^{-1}$), e que não diferiram entre o teste-reteste ou diferiram em exatamente 1 $km \cdot h^{-1}$. Assim, essa definição da V_{pico} pode ter influenciado na reprodutibilidade encontrada.

Kuipers et al. (2003) definiram a V_{pico} proporcionalmente como a velocidade do último estágio completo adicionada à fração do estágio incompleto. Esta definição aparenta ser a menos arbitrária, visto que a V_{pico} de um atleta que sustente uma velocidade por 58 ou 59 s deve ser semelhante à de um atleta que a sustente por 60 s. Além disso, em dados preliminares de trabalhos realizados em nosso laboratório (dados não publicados) com corredores recreacionistas foram comparadas essas diferentes definições da V_{pico} e concluiu-se que a V_{pico} proporcional é a que apresenta a maior correlação e concordância estatística com a *performance* de *endurance* em provas de 5 e 10 km. Nesse mesmo trabalho foi demonstrado que um teste incremental com incrementos a cada três minutos é melhor que um teste com incrementos a cada um ou

dois minutos para se predizer a *performance de endurance*. Diante disso, neste estudo foram utilizados protocolos incrementais com estágios de três minutos de duração e a V_{pico} foi determinada proporcionalmente conforme Kuipers et al. (2003).

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a reprodutibilidade, teste-reteste, da V_{pico} e de variáveis fisiológicas determinadas durante três diferentes testes incrementais máximos com diferentes taxas de incremento ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Até onde temos conhecimento, não há estudos que avaliaram a reprodutibilidade da V_{pico} determinada a partir de protocolos incrementais “limpos”, ou seja, sem a utilização de quaisquer equipamentos a não ser o frequencímetro utilizado para o monitoramento da FC durante o teste.

METODOLOGIA

Participantes

Participaram do estudo 20 corredores do gênero masculino ($25,3 \pm 3,1$ anos; massa corporal de $76,2 \pm 8,5$ kg; estatura de $178,5 \pm 0,1$ cm; índice de massa corporal - IMC de $23,9 \pm 2,3$ kg·m⁻² e percentual de gordura - %G de $13,5 \pm 3,2$ %). Todos os participantes possuíam experiência em provas de 10 km (tempo médio de $48,6 \pm 4,2$ minutos) e estavam envolvidos em treinamentos sistematizados (frequência de treino de 3 ± 1 vezes semanais; volume de treino de $26,2 \pm 16,4$ km semanais; tempo de prática de $3,5 \pm 3,2$ anos). Antes do início dos procedimentos todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e o protocolo de pesquisa foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa local (#719/2010).

Design experimental

Os participantes realizaram aleatoriamente, em teste-reteste, três diferentes testes incrementais máximos de corrida em esteira ergométrica multiprogramável (Super ATL Inbrasport, Porto Alegre - Brasil) com inclinação fixa de 1%. Cada participante realizou o total de seis testes incrementais, sendo dois com incrementos de $0,5$ km·h⁻¹, dois com incrementos de 1 km·h⁻¹ e dois com incrementos de 2 km·h⁻¹. Foi respeitado entre todos os testes um intervalo mínimo de 72 horas, sendo os protocolos intercalados entre si, no qual cada protocolo (teste-reteste) foi repetido com um intervalo de uma semana. Os participantes foram instruídos a comparecerem ao laboratório em estado hidratado e a continuarem sua dieta normal, mantendo o mesmo café da manhã antes de todos os testes, abstendo-se da prática de exercícios físicos intensos e consumo de álcool e cafeína nas 24 horas antes das avaliações. Todos os testes foram realizados no período da manhã com o objetivo de manter a similaridade das condições experimentais. Nenhum *feedback* dos resultados foi dado aos participantes até a finalização de todos os testes. Todas as avaliações foram realizadas em laboratório climatizado (temperatura entre 20°C e 24°C e umidade relativa entre 50 e 60%).

Protocolos incrementais máximos

Os três testes incrementais foram precedidos de um aquecimento de três minutos a $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. A velocidade inicial dos testes foi de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e os estágios tiveram duração de três minutos. Cada teste diferenciou-se em relação à taxa de incremento entre os estágios, sendo estes de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Os protocolos foram caracterizados de acordo com a taxa do incremento, sendo o protocolo com incrementos de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ denominado protocolo leve, o de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ médio e o de $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ pesado. A duração do teste foi calculada sem considerar o tempo de aquecimento. Os testes foram mantidos até a exaustão voluntária, sendo os participantes encorajados verbalmente a se manterem em exercício pelo maior tempo possível. Como critérios de exaustão foram considerados a frequência cardíaca máxima (FC_{maxpred}) entre ± 10 bpm do valor predito para a idade (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) maior que 18 na escala de Borg (BORG, 1982).

Determinação da frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) submáximas e máximas

Durante os testes, ao final de cada estágio, foram monitoradas a frequência cardíaca (FC) por meio do monitor cardíaco (Polar RS800, Kempele - Finlândia) e a PSE pela escala de Borg de pontuação entre 6 e 20 (BORG, 1982). Os maiores valores de FC e PSE atingidos ao final do teste incremental máximo foram considerados como a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e a PSE máxima (PSE_{max}). Para as intensidades submáximas foram considerados os valores de FC e PSE obtidos ao final dos estágios a 8, 10, 12 e $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (em cada protocolo), visto que estas intensidades foram comuns aos três protocolos.

Determinação do lactato pico (LA_{pico}) pós-exercício

Amostras de sangue do lóbulo da orelha ($25\mu\text{l}$) foram coletadas no 5º minuto após o término de cada teste, com os participantes em repouso, para a determinação da concentração pico de lactato sanguíneo pós-exercício (LA_{pico}). O sangue foi coletado em um tubo capilar heparinizado e imediatamente acondicionado em um tubo tipo

Ependorff contendo 50µl de fluoreto de sódio (NaF) a 1%. As amostras foram congeladas e posteriormente analisadas eletroquimicamente no equipamento YSI 2300 STAT (Yellow Springs Ind, Ohio – USA) para determinação da concentração de lactato sanguíneo.

Determinação da velocidade pico (V_{pico})

A V_{pico} foi considerada a máxima velocidade atingida no teste incremental; caso o participante não concluísse o último estágio do teste ajustou-se a V_{pico} a partir da equação proposta por Kuipers et. al. (2003):

$$V_{\text{pico}} = V_{\text{completado}} + t/T \times \text{incremento de velocidade}$$

No qual $V_{\text{completado}}$ é a velocidade do último estágio completado ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$); t é o tempo (segundos) em que o participante permaneceu no estágio incompleto; T é a duração total (segundos) de cada estágio; e o incremento de velocidade é a taxa de aumento em cada estágio ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)

Análise estatística

Os dados estão apresentados em média \pm desvio padrão (DP); a normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. As variáveis do teste e reteste foram comparadas através do teste t de *Student* para amostras dependentes. Para análise da reprodutibilidade relativa foram calculados os coeficientes de correlação intraclass (CCI (dois fatores mistos; medidas únicas) e de correlação de Pearson (r). A reprodutibilidade absoluta foi representada pelo erro padrão da medida (EPM) e o coeficiente de variação (CV). O EPM foi calculado através da divisão do DP das diferenças entre as variáveis do teste e reteste pela raiz quadrada do número de momentos avaliados (\sqrt{n}) (HOPKINS, 2000; HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001). O CV foi determinado obtendo-se primeiramente EPM do logaritmo natural das variáveis (EPM_{\ln}), ou seja, através da divisão do DP das diferenças entre os logaritmos naturais das variáveis do teste e reteste pela raiz quadrada \sqrt{n} . Feito isto, o CV foi calculado através da fórmula $\text{CV} = 100 \cdot [\exp(\text{EPM}_{\ln}) - 1]$, em que \exp é a função

exponencial natural (HOPKINS, 2000). As análises foram realizadas com o auxílio do *Statistical Package for the Social Sciences* versão 17.0 (SPSS Inc. USA) e das planilhas disponibilizadas por Hopkins (<http://www.sportsci.org/>). Também foi utilizada a análise de Bland-Altman (1986) no qual foi calculado o viés (diferença entre as médias) entre as variáveis do teste e reteste com seus respectivos limites de concordância (LC) para um intervalo de 95%. Adotou-se, para todas as análises, nível de significância de $P < 0,05$.

RESULTADOS

Na tabela 7.1 estão apresentados os valores referentes às comparações entre teste-reteste das variáveis: V_{pico} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$), duração do teste (min), FC_{max} (bpm), PSE_{max} (6-20) e LA_{pico} pós-exercício ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) obtidas durante os protocolos leve, médio e pesado. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre o teste e reteste para todas as variáveis nos três protocolos.

Tabela 7.1. Variáveis determinadas durante os testes incrementais com taxas de incremento de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (leve), $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (médio) e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (pesado) realizados nos momentos teste-reteste ($n=20$)

	Leve		Médio		Pesado	
	Teste	Reteste	Teste	Reteste	Teste	Reteste
V_{pico} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	$14,4 \pm 0,8$	$14,6 \pm 0,6$	$15,5 \pm 0,7$	$15,5 \pm 0,6$	$16,2 \pm 0,7$	$16,4 \pm 0,8$
Duração (min)	$41,7 \pm 4,7$	$42,3 \pm 3,8$	$25,5 \pm 2$	$25,5 \pm 1,9$	$15,4 \pm 1,1$	$15,5 \pm 1,2$
FC_{max} (bpm)	$190,0 \pm 6,6$	$190,6 \pm 6,7$	$193,3 \pm 6,6$	$191,8 \pm 6,8$	$190,5 \pm 6,6$	$190,4 \pm 7$
PSE_{max} (6-20)	$19,8 \pm 0,7$	$19,8 \pm 0,5$	$19,6 \pm 0,7$	$19,8 \pm 0,4$	$19,4 \pm 1$	$19,7 \pm 0,7$
LA_{pico} ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	$6,5 \pm 1,9$	$6,3 \pm 1,5$	$7,8 \pm 1,9$	$8,2 \pm 2,3$	$8,1 \pm 1,8$	$8,3 \pm 2,2$

As diferenças entre as médias (viés) e os limites de concordância (LC) de cada variável (V_{pico} , duração do teste, FC_{max} , PSE_{max} e LA_{pico} pós-exercício) obtidos a partir da análise de Bland-Altman (BLAND; ALTMAN, 1986) entre os momentos teste-reteste encontram-se na tabela 7.2. As diferenças entre as médias das variáveis determinadas nos três protocolos foram pequenas, assim como a amplitude dos LC, demonstrando uma boa concordância dos resultados entre os momentos teste-reteste.

Tabela 7.2. Análise de Bland-Altman das variáveis obtidas nos momentos teste-reteste para os protocolos leve, médio e pesado (n=20)

	Leve		Médio		Pesado	
	Viés	LC	Viés	LC	Viés	LC
V_{pico} (km·h ⁻¹)	0,10	-0,39 – 0,60	-0,02	-0,50 – 0,46	0,13	-0,70 – 0,95
Duração (min)	0,60	-3,60 – 2,30	-0,05	-1,50 – 1,39	0,19	-1,04 – 1,43
FC _{max} (bpm)	0,70	-5,00 – 6,30	-1,45	-9,50 – 1,45	-0,10	-5,70 – 5,50
PSE _{max} (6-20)	0,05	-0,82 – 0,72	0,25	-1,00 – 1,50	0,30	-1,27 – 1,87
LA _{pico} (mmol·L ⁻¹)	-0,10	-3,10 – 2,80	0,40	-3,40 – 4,20	0,14	-3,70 – 4,00

Viés = diferença das médias (reteste-teste);

LC = limites de concordância inferior e superior

A tabela 7.3 traz as medidas de reprodutibilidade teste-reteste representadas pelas correlações de Pearson (r) e intraclass (CCI), erro padrão da medida (EPM) e coeficiente de variação (CV) das variáveis V_{pico} (km·h⁻¹), duração do teste (min), FC_{max} (bpm), PSE_{max} (6-20) e LA_{pico} pós-exercício (mmol·L⁻¹) obtidos nos protocolos leve, médio e pesado. A V_{pico} apresentou elevada reprodutibilidade nos três protocolos, devido aos elevados valores de correlação (r e CCI) e baixos valores de EPM e CV. As variáveis duração do teste e FC_{max} também demonstraram elevada reprodutibilidade. Diferentemente, o LA_{pico} pós-exercício apresentou baixa reprodutibilidade, principalmente devido aos elevados valores de CV e baixos valores de CCI.

Tabela 7.3. Medidas de reprodutibilidade teste-reteste das variáveis determinadas durante os protocolos leve, médio e pesado representados pelos coeficientes de correlação de Pearson (r) e intraclass (CCI), erro padrão da medida (EPM) e coeficiente de variação (CV) (n = 20)

	r	CCI (IC 95%)	EPM (IC 95%)	CV (IC 95%)
V_{pico} (km·h⁻¹)				
Leve	0,96*	0,94 (0,85-0,97)*	0,18 (0,14-0,26)	1,24 (0,94-1,82)
Médio	0,93*	0,93 (0,83-0,97)*	0,17 (0,13-0,25)	1,13 (0,86-1,66)
Pesado	0,85*	0,85 (0,65-0,94)*	0,3 (0,23-0,43)	1,78 (1,35-2,62)
Duração (min)				
Leve	0,96*	0,94 (0,85-0,97)*	1,07 (0,81-1,56)	2,64 (2,00-3,88)
Médio	0,93*	0,93 (0,83-0,97)*	0,52 (0,40-0,76)	2,08 (1,58-3,05)
Pesado	0,85*	0,85 (0,65-0,94)*	0,45 (0,34-0,64)	2,80 (2,12-4,12)
FC_{max} (bpm)				
Leve	0,91*	0,90 (0,78-0,96)*	2,06 (1,60-3,0)	1,09 (0,83-1,60)
Médio	0,81*	0,81 (0,59-0,92)*	2,91 (2,21-4,24)	1,50 (1,14-2,21)
Pesado	0,91*	0,91 (0,79-0,96)*	2,02 (1,54-2,96)	1,06 (0,80-1,55)
PSE_{max} (6-20)				
Leve	0,81*	0,78 (0,53-0,91)*	0,28 (0,81-1,56)	1,50 (1,14-2,20)
Médio	0,38	0,32 (-0,13-0,66)	0,45 (0,34-0,66)	2,39 (1,81-3,50)
Pesado	0,65*	0,61 (0,23-0,82)*	0,57 (0,43-0,83)	3,07 (2,32-4,51)
LA_{pico} (mmol·L⁻¹)				
Leve	0,62*	0,60 (0,23-0,82)*	1,07 (0,21-0,41)	16,10 (12,03-24,37)
Médio	0,60*	0,60 (0,22-0,82)*	1,36 (1,03-1,98)	18,22 (13,57-27,69)
Pesado	0,54*	0,53 (0,12-0,78)*	1,39 (1,06-2,04)	18,46 (13,75-28,07)

* $P < 0,05$

IC 95% = intervalo de confiança de 95%.

As comparações entre teste-reteste dos valores absolutos submáximos de FC para as intensidade de 8, 10,12 e 14 km·h⁻¹ de cada protocolo incremental estão apresentadas na tabela 7.4. Foram identificadas diferenças estatisticamente significantes apenas na intensidade de 12 km·h⁻¹ nos protocolos médio e pesado.

Tabela 7.4. Valores submáximos de FC (bpm) obtidos em teste-reteste em quatro intensidades (8,10,12,14 km·h⁻¹) durante os protocolos leve, médio e pesado (n=20)

	Leve		Médio		Pesado	
	Teste	Reteste	Teste	Reteste	Teste	Reteste
8 km·h ⁻¹	127,7 ± 9,3	126,0 ± 9,3	132,4 ± 10,8	128,8 ± 10,4	128,4 ± 9,1	127,1 ± 9
10 km·h ⁻¹	149,8 ± 8,8	149,0 ± 9,9	151,2 ± 8,5	147,8 ± 11,4	145,8 ± 9,1	144,8 ± 11,1
12 km·h ⁻¹	168,1 ± 9,0	168,1 ± 9,2	167,8 ± 7,8	164,8 ± 10,3*	163,1 ± 8,6	161,3 ± 9,4*
14 km·h ⁻¹	185,4 ± 8,2	185,5 ± 7,9	182,2 ± 7,8	180,5 ± 8,9	176,5 ± 7,2	175,7 ± 8,2

**P* < 0,05 em relação ao teste

Na tabela 7.5 encontram-se as respectivas medidas de reprodutibilidade (diferença absoluta, EPM, CV e CCI) teste-reteste da FC para as intensidades submáximas em cada protocolo. A partir da análise da diferença absoluta entre as médias do CCI, EPM e CV verifica-se que em intensidades submáximas a FC apresenta elevada reprodutibilidade.

Tabela 7.5. Medidas de reprodutibilidade teste-reteste dos valores submáximos de FC obtidos nos protocolos leve, médio e pesado representados pela diferença absoluta, erro padrão da medida (EPM), coeficiente de variação (CV) e coeficiente de correlação intraclasse (CCI) (n = 20)

	Diferença absoluta			EPM (bpm)			CV (%)			CCI		
	Leve	Médio	Pesado	Leve	Médio	Pesado	Leve	Médio	Pesado	Leve	Médio	Pesado
8 km·h ⁻¹	-1,65	-3,55	-1,30	4,86	7,34	3,40	4,00	5,77	2,76	0,73	0,52	0,86
10 km·h ⁻¹	-0,80	-3,45	-1,00	3,82	5,71	2,38	2,60	3,94	1,70	0,83	0,68	0,94
12 km·h ⁻¹	0,05	-3,00	-1,80	3,32	3,97	2,53	2,02	2,43	1,58	0,87	0,81	0,92
14 km·h ⁻¹	0,1	-1,70	-0,75	2,78	3,65	2,45	1,54	2,07	1,41	0,88	0,81	0,90

Diferença absoluta = média do reteste-média do teste

Nas tabelas 7.6 e 7.7 estão demonstrados, respectivamente, os valores de PSE referentes às quatro intensidades submáximas (8, 10, 12 e 14 km·h⁻¹) e as respectivas medidas de reprodutibilidade (diferença absoluta, EPM, CV e CCI). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os momentos teste-reteste para os valores de PSE nos três protocolos. Além disso, o protocolo pesado apresentou-se mais reprodutível em relação à PSE do que os protocolos leve e médio, devido aos baixos valores da diferença entre as médias, EPM e CV, e elevados valores do CCI.

Tabela 7.6. Valores submáximos de PSE obtidos nos momentos teste-reteste em quatro intensidades (8,10,12,14 km·h⁻¹) durante os protocolos leve, médio e pesado (n=20)

	PSE (6-20)					
	Leve		Médio		Pesado	
	Teste	Reteste	Teste	Reteste	Teste	Reteste
8 km·h ⁻¹	6,9 ± 0,8	7,1 ± 1,2	7,4 ± 1,3	7,1 ± 1,0	7,3 ± 1,3	7,3 ± 1,5
10 km·h ⁻¹	10,6 ± 2,1	10,4 ± 1,0	9,6 ± 1,8	9,5 ± 1,9	8,8 ± 2,0	8,8 ± 1,9
12 km·h ⁻¹	14,3 ± 2,0	14,5 ± 1,6	13,0 ± 1,6	12,3 ± 2,2	11,2 ± 2,3	11,0 ± 2,3
14 km·h ⁻¹	18,4 ± 1,7	18,4 ± 1,6	16,3 ± 1,7	16,4 ± 2,6	14,1 ± 2,7	14,2 ± 3,0

Tabela 7.7. Medidas de reprodutibilidade teste-reteste dos valores submáximos de PSE obtidos nos protocolos leve, médio e pesado representados pela diferença absoluta, erro padrão da medida (EPM), coeficiente de variação (CV) e coeficiente de correlação intraclassa (CCI) (n = 20)

	Diferença absoluta			EPM (bpm)			CV (%)			CCI		
	Leve	Médio	Pesado	Leve	Médio	Pesado	Leve	Médio	Pesado	Leve	Médio	Pesado
8 km·h ⁻¹	0,20	-0,35	0	0,75	0,80	0,51	10,02	10,97	6,50	0,44	0,52	0,87
10 km·h ⁻¹	-0,20	-0,10	0	0,99	1,30	0,61	10,75	15,27	7,80	0,77	0,51	0,90
12 km·h ⁻¹	0,20	-0,75	-0,20	1,23	1,30	0,93	8,71	11,88	8,77	0,55	0,55	0,83
14 km·h ⁻¹	0	0,10	0,10	0,89	1,12	1,02	5,22	7,21	7,21	0,72	0,75	0,87

Diferença absoluta = média do reteste-média do teste

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo verificar a reprodutibilidade teste-reteste da V_{pico} e de variáveis fisiológicas determinadas durante três diferentes testes incrementais máximos com diferentes taxas de incremento ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). O principal achado foi que a V_{pico} apresentou elevada reprodutibilidade independentemente da taxa de incremento do protocolo incremental. Além disso, a FC_{max} , PSE_{max} e os valores de FC submáximos também apresentaram elevada reprodutibilidade; entretanto, o LA_{pico} pós-exercício demonstrou baixa reprodutibilidade.

Assim, como os limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo, a V_{pico} vem se mostrando uma efetiva preditora da *performance* em corrida de *endurance* (MCLAUGHLIN et al., 2010; STRATTON et al., 2009; SLATTERY et al., 2006; SCOTT; HOUMARD, 1994; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990). Noakes, Myburgh e Schall (1990) avaliaram corredores em uma bateria de testes para obtenção de diferentes parâmetros fisiológicos e encontraram que o melhor preditor da *performance* para as distâncias de 10, 21, 42 e 90 km foi a V_{pico} (variando de $r = -0,84$ a $r = -0,94$). De forma semelhante, Mclaughlin et al. (2010) investigaram o poder de predição da *performance* da V_{pico} e das variáveis fisiológicas $VO_{2\text{max}}$, LL, EC; os resultados demonstraram que a V_{pico} apresentou elevada correlação com o tempo da prova de 16 km ($r = -0,89$), assim como os outros índices fisiológicos. Além disso, a V_{pico} vem sendo utilizada como parâmetro de avaliação do efeito do treinamento e para a prescrição do treino em corrida, tanto de forma contínua quanto intervalada (BUCHHEIT et al., 2010; SAUNDERS et al., 2010; STRATTON et al., 2009; MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007).

Os estudos que verificaram a reprodutibilidade da V_{pico} tiveram como principal foco a determinação de outras variáveis fisiológicas como o $VO_{2\text{max}}$ e os limiares relacionados às concentrações de lactato sanguíneo (BOSQUET; GAMELIN; BERTHOIN, 2008; HARLING; TONG; MICKLEBOROUGH, 2003; COEN; URHAUSEN; KINDERMANN, 2001). Coen, Urhausen e Kindermann (2001) avaliaram a reprodutibilidade teste-reteste do limiar de lactato (LL) determinado em protocolo incremental de corrida, demonstrando que a V_{pico} atingida não foi diferente entre os dois

momentos (teste = $18,40 \pm 1,41 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; reteste = $18,5 \pm 1,38 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Bosquet, Gamelin e Berthoin (2008) analisaram a reprodutibilidade teste-reteste de variáveis obtidas em testes incrementais máximos, encontrando que a V_{pico} não foi estatisticamente diferente entre o teste-reteste (teste = $16,15 \pm 1,86 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; reteste = $16,32 \pm 1,85 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$); além disso, as medidas de reprodutibilidade (CCI = 0,95 e EPM = $0,38 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) indicaram que a V_{pico} foi uma medida reprodutível nesse estudo.

Harling, Tong e Mickleborough (2003) examinaram a reprodutibilidade teste-reteste de um protocolo incremental para determinação do $VO_{2\text{max}}$ e V_{pico} . Em relação a V_{pico} , esta não foi diferente entre os momentos teste-reteste ($17,5 \pm 1,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $17,4 \pm 1,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente), o EPM foi de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e a análise de Bland-Altman revelou um viés de $0,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ com LC entre $-1,5$ e $1,3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; os autores concluíram que a V_{pico} atingida durante um teste incremental para determinação do $VO_{2\text{max}}$ é uma medida reprodutível para corredores recreacionistas. Entretanto, os protocolos incrementais dos estudos de reprodutibilidade utilizaram analisadores de gases ou realizaram coletas sanguíneas durante os testes (BOSQUET; GAMELIN; BERTHOIN, 2008; HARLING; TONG; MICKLEBOROUGH, 2003; COEN; URHAUSEN; KINDERMANN, 2001), diferentemente de nosso estudo que utilizou um protocolo incremental “limpo” com objetivo de determinação da V_{pico} .

O efeito do *design* do protocolo incremental na reprodutibilidade já foi estudado por Roffey, Byrne e Hills (2007) durante testes em cicloergômetro. Os resultados encontrados, a partir da análise de Bland-Altman e da comparação entre as variáveis fisiológicas nos momentos teste-reteste, verificaram que houve reprodutibilidade e boa concordância da potência pico (P_{pico}) e $VO_{2\text{max}}$ nos protocolos com menor duração de estágio (um minuto). Entretanto, no protocolo longo (estágios de três minutos) foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os momentos teste-reteste para a duração do teste, P_{pico} e $VO_{2\text{max}}$, sendo considerado um protocolo pouco reprodutível. Contudo, diferentemente, nossos resultados demonstraram que todos os protocolos (leve, médio e pesado) possibilitaram a determinação de valores reprodutíveis de V_{pico} .

Além da V_{pico} , a FC e a PSE também são parâmetros referenciais de prescrição e controle das cargas de treinamento (ESTON, 2012; IMPELLIZZERI et al., 2004;

ACHTEN; JEUKENDRUP, 2003; JEUKENDRUP; VAN DIEMEN, 1998) sendo importante que essas medidas apresentem elevada reprodutibilidade.

As medidas de reprodutibilidade referentes à FC_{max} demonstradas em nosso estudo ($CV \leq 1,5\%$; $CCI =$ de 0,81 à 0,91; $EPM =$ de 2 à 2,91 bpm) são semelhantes às reportadas em outros trabalhos (LOURENÇO et al. 2011; STRUPLER; MUELLER; PERRET, 2009; BOSQUET; GAMELIN; BERTHOIN, 2008). Lourenço et al. (2011) examinaram a reprodutibilidade (em quatro testes) de um protocolo incremental para determinação de variáveis ventilatórias em corredores amadores e encontraram que o CV para a FC_{max} foi de 3,2%. Bosquet, Gamelin e Berthoin (2008) demonstraram que a FC_{max} obtida a partir de um protocolo incremental em teste-reteste foi reprodutível ($CCI = 0,93$; $EPM = 4,12$ bpm) sem apresentar diferenças entre os dois momentos de avaliação (teste = 185 ± 11 bpm; reteste = 185 ± 10 bpm). Strupler, Mueller e Perret (2009) verificaram a reprodutibilidade de testes para determinação do lactato mínimo, encontrando elevada reprodutibilidade para a FC_{max} obtida ao final dos testes ($CV = 1,7\%$).

A FC em intensidades submáximas apresentou elevada reprodutibilidade em nosso estudo, mostrando tendência de melhor reprodutibilidade de seus valores em intensidades mais elevadas. Estudos vêm mostrando que em intensidades correspondentes aos limiares relacionados às concentrações de lactato sanguíneo (LL e LAn) a FC mostra-se reprodutível; além disso, assim como nossos achados, os valores de FC tendem a ser menores no momento reteste (STRUPLER; MUELLER; PERRET, 2009; GRANT et al., 2002; COEN; URHAUSEN; KINDERMANN, 2001; HEITKAMP; HOLDT; SCEIB, 1991). Grant et al. (2002) examinaram a reprodutibilidade teste-reteste de um protocolo incremental de determinação do LL e não encontraram diferenças estatisticamente significantes entre os dois momentos de avaliação para os valores de FC correspondentes a intensidade do LL, sendo este valor $5,8 \pm 0,3$ bpm menor no momento reteste.

Outro estudo que também verificou uma tendência de menores valores de FC no reteste foi o de Coen, Urhausen e Kindermann (2001) que avaliaram a reprodutibilidade nos momentos teste-reteste do LL (FC no LL teste = 171 bpm; FC no LL reteste = 168 bpm). Uma possível explicação para este fato seria o efeito do aprendizado da corrida

na esteira após a realização do primeiro teste, que resultaria em uma diminuição do custo (demanda) de oxigênio, conseqüentemente levando a uma redução da FC (GRANT et al., 2002; HEITKAMP; HOLDT; SCEIB, 1991).

Em relação à PSE_{max} nossos achados mostraram que o protocolo leve (longo) apresentou os valores mais reprodutíveis (viés = 0,05; $r = 0,81$; CCI = 0,78; CV = 1,5%; EPM = 0,28). Diferentemente, Roffey, Byerne e Hills (2007) demonstraram que apenas o protocolo curto apresentou correlação significativa entre os momentos teste-reteste ($r = 0,61$) e diferença entre as médias de -0,2. Para valores de PSE submáximos nossos resultados são semelhantes aos de outros estudos que mostraram uma reprodutibilidade limitada desta variável (GRANT et al., 2002; LAMB, ESTON; CORNS, 1999). Grant et al. (2002) verificaram que os coeficientes de correlação não foram tão elevados para a PSE referente ao LL ($r = 0,69$); os LC determinados pelo método de Bland-Altman também foram amplos (LC = -3,47- (2,63)).

Lamb, Eston e Corns (1999) avaliaram a reprodutibilidade teste-reteste da PSE observada ao final de quatro estágios durante um protocolo incremental de corrida realizado em esteira, encontrando que as correlações diminuía com o aumento da intensidade, sugerindo assim uma menor reprodutibilidade ($r = 0,81$; 0,72; 0,65; 0,60 e CCI = 0,82; 0,80; 0,77; 0,75, representando, respectivamente, o primeiro, segundo, terceiro e quarto estágios). Os autores concluíram que a reprodutibilidade da PSE avaliada durante teste incremental é questionável. Entretanto, diferentemente, Garcin, Wolff e Bejma (2003) analisando a reprodutibilidade da PSE obtida ao final de cada estágio de um protocolo incremental de incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada dois minutos realizado em pista, encontraram que esta é uma variável reprodutível ($r =$ entre 0,95 e 1,0).

Os resultados referentes à reprodutibilidade do LA_{pico} pós-exercício são semelhantes aos de outros estudos que demonstraram que as concentrações de lactato sanguíneo obtidas durante testes incrementais apresentam baixa reprodutibilidade (STRUPLER; MUELLER; PERRET, 2009; COEN; URHAUSEN; KINDERMANN, 2001). Strupler, Mueller e Perret (2009) encontraram que o CV entre quatro momentos de avaliação da máxima concentração de lactato obtida durante o teste e da concentração de lactato na intensidade do lactato mínimo foram 15,5% e 17,4%, respectivamente.

Coen, Urhausen e Kindermann (2001) demonstraram que a concentração de lactato referente ao LL foi estatisticamente diferente nos momentos teste-reteste ($3,07 \pm 0,51$ mmol·L⁻¹ e $2,81 \pm 0,53$ mmol·L⁻¹, respectivamente) apresentando correlação de 0,55. Estudo de Hauser et al. (2012) verificou a reprodutibilidade da máxima fase estável de lactato (MFEL) em testes realizados em cicloergômetro; os resultados mostraram que apesar da intensidade da MFEL ser reprodutível as concentrações de lactato tiveram alta variabilidade durante os momentos teste-reteste (CV = 16,6 %; CCI = 0,71).

Logo, a baixa reprodutibilidade das concentrações de lactato pós-exercício encontrada em nosso estudo pode ser explicada pelos inúmeros fatores que influenciam o metabolismo do lactato como: a dieta pré-teste (nutrição), fatores termorregulatórios (temperatura ambiente), as sessões de treinamento entre os dias de testes que influenciam no nível de glicogênio disponível antes do teste e as condições hormonais dos participantes (HAUSER et al., 2012; CHIBA et al., 2011; STRUPLER; MUELLER; PERRET, 2009).

Diante disso, conclui-se que a V_{pico} apresenta elevada reprodutibilidade, assim como a FC_{max} , PSE_{max} e os valores de FC submáximos obtidos durante os testes incrementais. Além disso, por ser uma medida de elevada reprodutibilidade é possível afirmar que a V_{pico} é sensível para detectar e monitorar mudanças na *performance* podendo ser utilizada como parâmetro para a prescrição do treinamento de corredores. Os achados deste estudo contribuem com a literatura por ser o primeiro a avaliar a reprodutibilidade de protocolos incrementais “limpos” para determinação da V_{pico} , pois até então os estudos que avaliaram esta variável realizaram testes com analisadores de gases ou coletas de sangue.

Referências Bibliográficas

Achten J, Jeukendrup A. Heart rate monitoring: Applications and Limitations. *Sports Med.* 2003; 33 (7): 517-38.

Alberty M, Sidney M, Huot-Marchand F, Dekerle J, Bosquet L, Gorce P, Lensele G. Reproducibility of performance in three types of training test in swimming. *Int J Sports Med.* 2006; 27(8):623-8
Bishop D. Reliability of a 1-h endurance performance test in trained female cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29 (4): 554-9.

Bishop D. Reliability of 1-h endurance performance test in trained female cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29 (4): 554-9.

Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986; 1: 307–10.

Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982; 14(5):377–81.

Bosquet L, Gamelin FX, Berthoin S. Reliability of postexercise heart rate recovery. *Int J Sports Med.* 2008; 29 (3): 238-43.

Buchheit M, Chivot A, Parouty J, Mercier D, Al Haddad H, Laursen PB, et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 108 (6): 1153-67.

Chiba T, Ishii H, Takahashi S, Yano T. Relationship between blood lactate and hyperventilation during high-intensity constant-load exercise in heat. *Biol Sport.* 2011; 28: 159-3.

Coen B, Urhausen A, Kindermann W. Individual anaerobic threshold: methodological aspects of its assessment in running. *Int J Sports Med.* 2011; 22 (1): 8–16.

Currell K, Jeukendrup AE. Validity, Reliability and Sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Med.* 2008; 38 (4): 297-316.

Dickhuth HH, Yin L, Niess A, Rucker K, Mayer F, Heitkamp HC, Horstmann T. Ventilatory, Lactate-derived and catecholamine thresholds during incremental treadmill running: relationship and reproducibility. *Int J Sports Med.* 1999; 20 (2): 122-7.

Doyle JA, Martinez AL. Reliability of a protocol for testing endurance performance in runners and cyclists. *Res Q Exerc Sport.* 1998; 69 (3): 304-7.

Eston R. Use of ratings of perceived exertion in sports. *Int J Sports Physiol Perform.* 2012; 7 (2): 175-82.

Garcin M, Wolff M, Bejma T. Reliability of rating scales of perceived exertion and heart rate during progressive and maximal constant load exercises till exhaustion in physical education students. *Int J Sports Med.* 2003; 24 (4):285-90.

Grant S, Mcmillan K, Newell J, Wood L, Keatley S, Simpson D, et al. Reproducibility of the blood lactate threshold, 4 mmol.l marker, heart rate and ratings of perceived exertion during incremental treadmill exercise in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2002; 87 (2):159–66.

Harling SA, Tong RJ, Mickleborough TD. The oxygen uptake response running to exhaustion at peak treadmill speed. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35 (4): 663-8.

Hauser T, Bartsch D, Baumgartel L, Schulz H. Reliability of Maximal Lactate Steady State. *Int J Sports Med.* 2012; 12 (9).

Heitkamp H, Holdt M, Sceib K. The reproducibility of a 4 mmol.L⁻¹ lactate threshold in trained and untrained women. *Int J Sports Med.* 1991; 12 (4): 363–368.

Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 2000; 30 (1) 1-15.

Hopkins WG, Schabert EJ, Hawley JA. Reliability of power in physical performance tests. *Sports Med.* 2001; 31 (3): 211-34.

Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36 (6):1042-7.

Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978; 40: 497-504.

Jeukendrup A, Saris WH, Brouns F, Kester AD. A new validated endurance performance test. *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28 (2): 266-70.

Jeukendrup A, Van Diemen A. Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *J Sports Sci.* 1998; 16: 91-9.

Kuipers H, Rietjens G, Verstappen F, Schoenmakers H, Hofman G. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. *Int J Sports Med.* 2003; 24(7):486–91.

Lamb KL, Eston RG, Corns D. Reliability of ratings of perceived exertion during progressive treadmill exercise. *Br J Sports Med.* 1999; 33 (5): 336-9.

Laursen PB, Francis GT, Abbiss CR, Newton MJ, Nosaka K. Reliability of time-to-exhaustion versus time-trial running tests in runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39 (8): 1374-9.

Laursen PB, Shing CM, Jenkins DG. Reproducibility of a laboratory-based 40km cycle time-trial on a stationary wind-trainer in highly trained cyclists. *Int J Sports Med.* 2003; 24 (7): 481-5.

Lourenço TF, Martins LEB, Tessutti, LS, Brenzikofer R, Macedo DV. Reproducibility of an incremental treadmill VO₂max test with gas exchange analysis for runners. *J Strength Cond Res.* 2011; 25 (7): 1994-9.

McLaughlin JE, Howley ET, Bassett DRJR, Thompson DL, Fitzhugh EC. Test of the Classic Model for Predicting Endurance Running Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2010; 42 (5): 991-997.

McLellan TM, Jacobs I. Reliability, reproducibility and validity of the individual anaerobic threshold *Eur J Appl Physiol.* 1993; 67 (2): 125-31.

Midgley AW, McNaughton LR, Jones AM. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? *Sports Med.* 2007; 37(10):857–80.

Noakes TD, Myburgh KH, Schall R. Peak treadmill running velocity during the VO₂max test predicts running performance. *J Sports Sci.* 1990;8(1):35–45.

Roffey DM, Byrne NM, Hills AP. Effect of stage duration on physiological variables commonly used to determine maximum aerobic performance during cycle ergometry. *J Sports Sci.* 2007; 25 (12): 1325-35.

Rollo I, Williams C, Nevill A. Repeatability of scores on a novel test of endurance running performance. *J Sports Sci.* 2008; 26 (13): 1379-86.

Russell RD, Redmann SM, Ravussin E, Hunter GR, Larson-Meyer E. Reproducibility of endurance performance on a treadmill using a preloaded time trial. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36 (4); 717-24.

Saunders PU, Cox AJ, Hopkins WG, Pyne DB. Physiological measures tracking seasonal changes in peak running speed. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010; 5: 230-8.

Schabort EJ, Hopkins WG, Hawley JA. Reproducibility of self-paced treadmill performance of trained endurance runners. *Int J Sports Med.* 1998;19(1):48–51.

Scott BK, Houmard JA. Peak running velocity is highly related to distance running performance. *Int J Sports Med.* 1994; 15(8):504–7.

Siri WE. Techniques for measuring body composition. Washington (DC): National Academy Press; 1961.

Slattery K, Wallace L, Murphy A, Coutts A. Physiological determinants of three kilometer running performance in experienced triathletes. *J Strength Cond Res.* 2006;20(1):47–52.

Smith MF, Davison RCR, Balmer J, Bird SR. Reliability of mean power recorded during indoor and outdoor self-paced 40 km cycling time-trials. *Int J Sports Med.* 2001; 22: 270-4.

Stratton E, O'Brien BJ, Harvey J, Blitvich J, McNicol AJ, Janissen D, et al. Treadmill velocity best predicts 5000-m run performance. *Int J Sports Med.* 2009; 30(1):40–5.

Strupler M, Mueller G, Perret C. Heart rate-based lactate minimum test: a reproducible method. *Br J Sports Med.* 2009; 43 (6): 432-6.

Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(1):153–6.

Zhou S, Weston SB. Reliability of using the D-max method to define physiological responses to incremental exercise testing. *Physiol Meas.* 1997; 19 (2):145-54.

8 ARTIGO ORIGINAL III

RELAÇÃO ENTRE A VELOCIDADE PICO DETERMINADA POR DIFERENTES PROTOCOLOS E A *PERFORMANCE* DE CORRIDA EM PROVAS DE UMA HORA REALIZADAS EM PISTA E ESTEIRA (CAMPO E LABORATÓRIO)

Resumo

Tal como as variáveis fisiológicas: consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e os limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (LL, LAn, MFEL), a velocidade pico (V_{pico}) tem se mostrado uma boa preditora da *performance* em corridas de endurance. Além disso, tais *performances* podem ser avaliadas tanto em pistas de atletismo (campo) ou em esteira (laboratório). Assim, o objetivo do presente estudo foi correlacionar a V_{pico} obtida em testes incrementais máximos com diferentes taxas de incremento ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), com a *performance* de corrida em provas de uma hora (*time trial*) realizadas em pista de atletismo (campo) e em esteira (laboratório); e comparar o comportamento da velocidade média (ritmo de corrida), frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) durante as duas *performances* (pista e esteira). Participaram do estudo 19 corredores com idade de $25,3 \pm 3,2$ anos, massa corporal de $76,6 \pm 8,5$ kg, estatura de $178,5 \pm 0,1$ cm, índice de massa corporal de $24,0 \pm 2,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, percentual de gordura de $13,6 \pm 3,2$ % e com experiência em provas de 10 km (tempo de prática de $3,7 \pm 3,2$ anos). Os participantes realizaram, aleatoriamente, três testes incrementais máximos de corrida em esteira com velocidade inicial de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e estágios de três minutos de duração. Cada teste diferenciou-se em relação à taxa de incremento entre os estágios, sendo estes de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (protocolo leve), $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (protocolo médio) e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (protocolo pesado). Após os testes incrementais, os participantes realizaram duas *performances* de uma hora de corrida (*time trial*), sendo a primeira realizada em esteira ergométrica e a segunda, em pista de atletismo de 400 m. Durante os testes incrementais, ao final de cada estágio, foram monitoradas a FC e a PSE, sendo os maiores valores de FC e PSE atingidos ao final do teste incremental máximo considerados como a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e a PSE máxima (PSE_{max}). A V_{pico} foi considerada a máxima velocidade atingida no teste incremental, sendo ajustada a partir da equação proposta por Kuipers et. al (2003), caso o participante não concluísse o último estágio do teste. Durante as *performances* foram registradas as velocidades médias - VM (ritmo de corrida) a cada 15 minutos, e os valores de FC e PSE a cada 10 minutos para determinação da FC_{max} , frequência cardíaca média (FC_{med}) e PSE_{max} . No 5º minuto após o término de cada teste (incrementais e *performances*), foram coletadas amostras sanguíneas para a determinação da concentração pico de lactato sanguíneo (LA_{pico}). As variáveis obtidas nos três protocolos foram comparadas pela Anova de medidas repetidas; as *performances* foram comparadas pelo teste t para amostras pareadas. As relações entre as *performances* e a V_{pico} foram demonstradas pelo coeficiente de correlação de Pearson (r), erro padrão da estimativa (EPE) e pela análise de regressão linear simples. Adotou-se, para todas as análises, nível de significância de $P < 0,05$. Os resultados demonstraram que a V_{pico} determinada no protocolo médio apresentou a mais elevada correlação ($r = 0,88$ e $0,83$, esteira e pista, respectivamente) e o menor EPE (esteira = $0,38$; pista = $0,47$) com ambas as *performances*; e explicou, respectivamente, 77% e 70%, da variabilidade da *performance* em esteira e pista. Além disso, a VM da prova de uma hora realizada em esteira ($11,8 \pm 0,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) foi estatisticamente menor que na prova em pista ($12,2 \pm 0,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$); os valores de FC_{med} e FC_{max} das duas *performances* foram estatisticamente diferentes ($FC_{med} = 174,3 \pm 8,7$ bpm e $178,3 \pm 7,5$ bpm e $FC_{max} = 187,6 \pm 7,4$ bpm e $184,3 \pm 8,1$ bpm, esteira e pista, respectivamente). O ritmo de corrida adotado durante as provas foi diferente, no qual a VM da *performance*

em esteira aumentou progressivamente durante a prova; entretanto, na pista a VM mantida foi constante, com uma diminuição do ritmo de corrida na terceira parte do teste (30^o ao 45^o minutos). Em conclusão, a V_{pico} determinada a partir do protocolo incremental médio é a que melhor se correlaciona e prediz a *performance* em provas de uma hora. Além disso, as diferenças verificadas entre as provas de uma hora (esteira e pista) indicam que o local e a superfície influenciam nos resultados obtidos em testes de avaliação da *performance*.

Palavras-chave: Exercício, medição de velocidade, avaliação de desempenho.

Abstract

Such as the physiological variables maximal oxygen uptake ($VO_{2\text{max}}$) and the thresholds related to blood lactate responses (LT, AT, MLSS), the peak running speed (V_{peak}) has been shown to be a good predictor of endurance running performance. Further, these performances can be evaluated in the treadmill (laboratory) or athletics track (field). Thus, the objective of the present study was correlate the V_{peak} obtained during maximal incremental tests with different rates of increments ($0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), with running performance in one hour time trial performed on the athletics track (field) and treadmill (laboratory); and compare the behavior of the mean speed (race pace), heart rate (HR) and rating of perceived exertion (RPE) during the two performances (track and treadmill). Nineteen runners participated aged 25.3 ± 3.2 years, body mass of $76.6 \pm 8.5 \text{ kg}$, height of $178.5 \pm 0.1 \text{ cm}$, body mass index of $24.0 \pm 2.3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, body fat of $13.6 \pm 3.2\%$, and experience in competing 10 km (practice time of 3.7 ± 3.2 years). Participants performed, randomly, three maximal incremental treadmill tests with an initial velocity of $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ and 3-min stages durations. Each test differed from the rate of increment between stages, which are $0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (slight protocol), $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (intermediate protocol) e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (heavy protocol). After the incremental tests, participants performed two running performances in one hour time trial, in which the first was performed on a treadmill and the second in 400m athletics track. During the tests at the end of each stage, HR RPE were monitored, and the highest values of HR and PSE reached at the end of the maximal incremental test considered maximal heart rate (HR_{max}) and maximal rating of perceived exertion (RPE_{max}). The V_{peak} was considered the maximum speed attained in the incremental test, being adjusted from the equation proposed by Kuipers et. al (2003), if the participant didn't complete the last stage of the test. During the performances mean speed - (race pace) were recorded every 15 minutes; the values of HR and RPE were recorded every 10 minutes to determine HR_{max} , mean heart rate (HR_{mean}) and RPE_{max} . At the fifth minute after tests (incremental tests and performances) blood samples were collected for the determination of the peak blood lactate concentration (LA_{peak}). The variables obtained in the three protocols were compared using a repeated measures ANOVA; performances were compared by Student's t test to related samples. The relationships between performances and V_{peak} were demonstrated by Pearson correlation coefficient (r), standard error of estimate (SEE) and by simple linear regression analysis. For all analysis significance level of $P < 0.05$ was adopted. The results showed that V_{peak} determined in the intermediate protocol presented the highest correlation ($r = 0.88$ and 0.83 , treadmill and track, respectively) and lowest SEE (treadmill = 0.38 ; track = 0.47) with both performances; and explained,

respectively, 77% and 70% of the variability in treadmill and track performances. Further, the mean speed of the one hour time trial performed on the treadmill ($11.8 \pm 0.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) was lower than in the track performance ($12.2 \pm 0.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$); the HR_{med} and HR_{max} values of the two performances were statistically different ($\text{HR}_{\text{med}} = 174.3 \pm 8.7 \text{ bpm}$ e $178.3 \pm 7.5 \text{ bpm}$ e $\text{HR}_{\text{max}} = 187.6 \pm 7.4 \text{ bpm}$ e $184.3 \pm 8.1 \text{ bpm}$, treadmill and track, respectively). The race pace (mean speed) adopted during the time trials was different, in which the mean speed in the treadmill performance increased progressively during the time trial; however, the mean speed on the track was maintained constant, with a decrease in the race pace in the third part of the time trial (30^o to 45^o minutes). In conclusion, V_{peak} determined from the intermediate incremental protocol best correlates and predicts performance in one hour time trial. Furthermore, the differences between the time trials (treadmill and track) indicate that the place and surface influence on the results obtained in performance tests.

Keywords: Exercise, speed measurement, performance evaluation.

INTRODUÇÃO

Assim como as variáveis fisiológicas: consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), velocidade correspondente à ocorrência do VO_{2max} (vVO_{2max}), economia de corrida (EC) e os limiares relacionados às respostas do lactato sanguíneo (limiar de lactato - LL, limiar anaeróbio - LAn, máxima fase estável de lactato - MFEL), a velocidade pico (V_{pico}) tem se mostrado uma efetiva preditora da *performance* em corridas de *endurance* (MCLAUGHLIN et al., 2010; STRATTON et al., 2009; SLATTERY et al., 2006; SCOTT; HOUMARD, 1994; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990). Além disso, a V_{pico} vem sendo utilizada como parâmetro para prescrição e avaliação dos efeitos do treinamento de corrida (BUCHHEIT et al., 2010; SAUNDERS et al., 2010; STRATTON et al., 2009).

Grande parte dos estudos caracteriza a V_{pico} como a máxima velocidade atingida em um protocolo incremental e mantida por um minuto durante o último estágio do teste (MCLAUGHLIN et al., 2010; STRATTON et al., 2009; SLATTERY et al., 2006; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990). Entretanto, Kuipers et al. (2003) sugeriram que essa mesma variável pode ser ajustada por uma equação que considera a velocidade do último estágio completado, a fração do estágio incompleto, a duração dos estágios e a taxa de incremento. Dados preliminares de trabalhos realizados em nosso laboratório (dados não publicados) com corredores recreacionistas compararam essas diferentes definições da V_{pico} e concluíram que a V_{pico} proporcional, definida por Kuipers et al. (2003), é a que apresenta a maior correlação e concordância estatística com a *performance* de *endurance* em provas de 5 e 10 km. Para este estudo utilizamos a definição de Kuipers et al. (2003) para a determinação da V_{pico} .

Em relação aos protocolos incrementais de avaliação da V_{pico} , estes são simples e não necessitam da utilização de equipamentos sofisticados ou técnicas invasivas (SCOTT; HOUMARD, 1994). Muitos estudos que determinaram a V_{pico} utilizaram, durante os testes incrementais, analisadores metabólicos de gases ou realizaram coletas sanguíneas para a obtenção de outras variáveis preditoras da *performance* (STRATTON et al. 2009; SLATTERY et al., 2006; SCOTT; HOUMARD, 1994; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990). Apenas o estudo de Mclaughlin et al. (2010) determinou a V_{pico} em um protocolo incremental máximo “limpo”, ou seja, sem a utilização de quaisquer equipamentos a não ser o frequencímetro utilizado para o monitoramento da

frequência cardíaca (FC) durante o teste. Diante disso, até onde temos conhecimento, nenhum estudo objetivou estabelecer um protocolo incremental específico para a determinação da V_{pico} .

Protocolos incrementais que utilizam estágios com duração de três minutos são amplamente utilizados para a determinação de valores pico e para a avaliação de sujeitos treinados, pois parecem produzir medidas mais reprodutíveis, válidas e sensíveis às mudanças na *performance* após período de treinamento de *endurance* (BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007). Em estudos realizados em cicloergômetro, a potência pico (P_{pico}) obtida em protocolos com estágios de duração de três minutos demonstrou melhor correlação com a *performance* de *endurance* do que os protocolos com estágios de um e dois minutos (MCNAUGHTON; ROBERTS; BENTLEY, 2006; BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003). Além disso, dados preliminares de trabalhos realizados em nosso laboratório com corredores recreacionistas (dados ainda não publicados), compararam três protocolos incrementais com diferentes durações de estágios (um, dois e três minutos) e mostraram que a V_{pico} obtida no protocolo longo (três minutos) foi a que melhor se correlacionou com as provas de 5 e 10 km. Diante disso, em nosso estudo foram utilizados estágios de três minutos durante os protocolos incrementais máximos.

A *performance* em corrida de *endurance* vem sendo avaliada em testes *time trial*, no qual os participantes percorrem uma distância fixa no menor tempo possível, ou ainda percorrem a maior distância possível em um tempo pré-estabelecido (LAURSEN et al., 2007). Neste contexto, muitos estudos têm utilizado o teste de uma hora para avaliação da *performance* em corrida de *endurance* (LOFTIN et al., 2009; ROLLO; WILLIAMS; NEVILL, 2008; LOFTIN et al., 2007; GAMELIN et al., 2006; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998) por representar bem as diferentes competições (provas de 10 a 21 km) na qual os praticantes de corridas de longas distâncias competem (GAMELIN et al., 2006) e também por ser um teste reprodutível quando se avalia corredores de *endurance* (ROLLO; WILLIAMS; NEVILL, 2008; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998).

Além disso, tais *performances* podem ser realizadas tanto em campo quanto em ambiente laboratorial. Em geral, os resultados de testes em pista (campo) não são tão

reprodutíveis quanto os realizados em esteira (laboratório), mas normalmente são mais válidos devido a sua melhor especificidade em relação às condições reais de treinamento e competição (NUMMELA; HAMALAINEN; RUSKO, 2007). Em testes realizados em esteira (laboratório) os benefícios estão relacionados a um melhor controle das condições ambientais e padronização dos protocolos (HIGHTON et al., 2012; MORIN; SEVE, 2011). Além disso, estudos demonstraram que existem diferenças biomecânicas e na percepção da velocidade entre a corrida em pista (campo) e em esteira (laboratório) (KONG et al., 2012; MORIN; SEVE, 2011; KONG; CANDELARIA; TOMAKA, 2009; SCHACHE et al., 2001; NIGG; DE BOER; FISHER, 1995).

Outro aspecto importante a ser considerado na avaliação da *performance* em corrida de *endurance* é o ritmo ou estratégia de corrida utilizado pelo corredor. O ritmo de corrida está relacionado à velocidade média (VM) mantida durante uma prova, sendo este ritmo selecionado pelo corredor de acordo com o *stress* fisiológico imposto, com o objetivo de regular seus esforços de maneira a prevenir o surgimento prematuro da fadiga (GREEN et al., 2010; TUCKER; NOAKES, 2009; ABBIS; LAURSEN, 2008).

Diante disso, os objetivos deste estudo foram: correlacionar a V_{pico} obtida em testes incrementais máximos com diferentes taxas de incremento ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) com a *performance* de corrida em provas de uma hora (*time trial*) realizadas em pista de atletismo (campo) e em esteira (laboratório); e comparar o comportamento da velocidade média, ritmo de corrida, frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) durante as duas *performances* (pista e esteira).

METODOLOGIA

Participantes

Participaram do estudo 19 corredores do gênero masculino ($25,3 \pm 3,2$ anos; massa corporal de $76,6 \pm 8,5$ kg; estatura de $178,5 \pm 0,1$ cm; índice de massa corporal – IMC de $24,0 \pm 2,3$ kg·m⁻² e percentual de gordura - %G de $13,6 \pm 3,2$ %). Todos os participantes possuíam experiência em provas de 10 km (tempo médio de $48,2 \pm 3,9$ minutos) e estavam envolvidos em treinamentos sistematizados (frequência de treino de 3 ± 1 vezes semanais; volume de treino de $26,9 \pm 16,6$ km semanais; tempo de prática de $3,7 \pm 3,2$ anos). Antes do início dos procedimentos todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e o protocolo de pesquisa foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa local (#719/2010).

Design experimental

Os participantes realizaram, aleatoriamente, três testes incrementais máximos de corrida em esteira ergométrica multiprogramável (Super ATL Inbrasport, Porto Alegre - Brasil) com inclinação fixa de 1%. Foi respeitado entre todos os testes um intervalo mínimo de 72 horas. Após os testes incrementais, os participantes foram submetidos a duas *performances* de uma hora de corrida (*time trial*), sendo a primeira realizada em esteira ergométrica e a segunda, em pista de atletismo de 400 m, sendo respeitado um intervalo de uma semana entre cada *performance*. Os participantes foram instruídos a comparecerem aos testes em estado hidratado e a continuarem sua dieta normal, mantendo o mesmo café da manhã antes de todos os testes, abstenendo-se do consumo de álcool e cafeína nas 24 horas antes das avaliações. Além disso, foi pedido aos participantes que se abstivessem das suas rotinas de treinamento durante o período de testes. Todos os testes foram realizados no período da manhã, com o objetivo de manter a similaridade das condições experimentais, sendo os testes em esteira realizados em laboratório climatizado (temperatura entre 20°C e 24°C e umidade relativa entre 50 e 60%).

Protocolos incrementais máximos

Os três testes incrementais foram precedidos de um aquecimento de três minutos a $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. A velocidade inicial dos testes foi de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e os estágios tiveram duração de três minutos. Cada teste diferenciou-se em relação à taxa de incremento entre os estágios, sendo estas de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Os protocolos foram caracterizados de acordo com a taxa do incremento, sendo o protocolo com incrementos de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ denominado protocolo leve, o de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ médio e o de $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ pesado. A duração do teste foi calculada sem considerar o tempo de aquecimento. Os testes foram mantidos até a exaustão voluntária, sendo os participantes encorajados verbalmente a se manterem em exercício pelo maior tempo possível. Como critérios de exaustão foram considerados a frequência cardíaca máxima (FC_{maxpred}) entre ± 10 bpm do valor predito para a idade (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001) e a PSE maior que 18 na escala de Borg (BORG, 1982). Durante os testes, ao final de cada estágio, foram monitoradas a FC por meio do monitor cardíaco (Polar RS800, Kempele - Finlândia) e PSE pela escala de Borg de pontuação entre 6 e 20 (BORG, 1982). Os maiores valores de FC e PSE atingidos ao final do teste incremental máximo foram considerados como a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e a PSE máxima (PSE_{max}).

Determinação da velocidade pico (V_{pico})

A V_{pico} foi considerada a máxima velocidade atingida no teste incremental; caso o participante não concluísse o último estágio do teste ajustou-se a V_{pico} a partir da equação proposta por Kuipers et. al. (2003):

$$V_{\text{pico}} = V_{\text{completado}} + t/T \times \text{incremento de velocidade}$$

No qual $V_{\text{completado}}$ é a velocidade do último estágio completado ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$); t é o tempo (segundos) em que o participante permaneceu no estágio incompleto; T é a duração total (segundos) de cada estágio; e o incremento de velocidade é a taxa de aumento em cada estágio ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)

Performances em provas de uma hora (pista e esteira)

Os participantes realizaram duas *performances* de uma hora (*time trial*), sendo uma em pista de atletismo de 400 m e outra em esteira ergométrica. Nos dois testes houve um aquecimento prévio de cinco minutos, sendo que na pista o aquecimento foi livre e na esteira foi realizado na velocidade de $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Nas duas *performances* foi pedido aos participantes que percorressem a maior distância possível durante o período de uma hora, no qual a distância foi registrada para o cálculo da velocidade média (VM). A cada 15 minutos foi registrada a VM do participante para a determinação do ritmo de corrida em quatro momentos durante a *performance* (0-15min; 15-30min; 30-45min; 45-60min). Durante os testes foram monitoradas a FC e a PSE, sendo que a cada 10 minutos foram registrados os valores dessas variáveis. A frequência cardíaca média (FC_{med}) foi considerada como a média dos valores de FC registrados e a FC_{max} foi considerada o maior valor atingido durante toda a *performance*. O valor indicado de PSE ao final da *performance* foi considerado a PSE_{max} . As informações dadas aos participantes durante a realização dos testes foram limitadas, a fim de diminuir a influência de qualquer outra variável nos resultados (ROLLO; WILLIAMS; NEVILL, 2008; LAURSEN et al., 2007). Na *performance* em pista foi informado apenas o tempo decorrido do teste pelo pesquisador, e na *performance* em esteira ergométrica os participantes tiveram o *feedback* visual do tempo e da velocidade do teste, sendo que a velocidade foi auto selecionada pelo corredor, sendo mantida inclinação fixa de 1%. Durante as provas foram fornecidos copos com água para que os corredores se hidratassem tal como estão acostumados a fazer em provas de corridas de longas distâncias.

Determinação do lactato pico (LA_{pico}) pós-exercício

Amostras de sangue do lóbulo da orelha ($25\mu\text{l}$) foram coletadas no 5º minuto após o término de cada teste incremental e de cada *performance*, com os participantes em repouso, para a determinação da concentração pico de lactato sanguíneo pós-exercício (LA_{pico}). O sangue foi coletado em um tubo capilar heparinizado e imediatamente acondicionado em um tubo tipo Ependorff contendo $50\mu\text{l}$ de fluoreto de sódio (NaF) a 1%. As amostras foram congeladas e posteriormente analisadas

eletroquimicamente no equipamento YSI 2300 STAT (Yellow Springs Ind, Ohio – USA) para determinação da concentração de lactato sanguíneo.

Análise estatística

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado a partir do *software* Gpower versão 3,1 (Düsseldorf, Germany) que demonstrou a necessidade de uma amostra de, no mínimo, 13 participantes para um poder estatístico de 80%, alpha de 0,05 e valores da correlação V_{pico} e *performance* de 0,7. Os dados estão apresentados em média \pm desvio padrão (DP); a normalidade dos dados foi verificada pelo teste Shapiro-Wilk. As variáveis obtidas nos protocolos incrementais máximos foram comparadas pela Anova de medidas repetidas seguido do *post hoc* de Bonferroni. A suposição de esfericidade foi verificada pelo teste de Mauchly e, quando violada, os graus de liberdade foram corrigidos utilizando as estimativas de esfericidade do teste Greenhouse-Geisser. As variáveis relacionadas às *performances* de pista e esteira foram comparadas pelo teste t para amostras pareadas. As relações entre as *performances* e a V_{pico} foram demonstradas pelo coeficiente de correlação de Pearson (r), coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão da estimativa (EPE). A análise de regressão linear simples foi utilizada para a determinação das equações preditivas das *performances*, no qual a V_{pico} foi a variável independente (x). As análises foram realizadas com o auxílio do *Statistical Package for the Social Sciences* versão 17.0 (SPSS Inc. USA). Adotou-se, para todas as análises, nível de significância de $P < 0,05$.

RESULTADOS

As variáveis V_{pico} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$), duração do teste (min), FC_{max} (bpm), PSE_{max} (6-20) e LA_{pico} pós-exercício ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) obtidas em cada protocolo incremental estão apresentadas na tabela 8.1. As comparações demonstraram um efeito do protocolo incremental para todas as variáveis exceto para a PSE_{max} que não se diferenciou entre os três protocolos. Os valores da V_{pico} e da duração do teste foram estatisticamente diferentes entre os três protocolos. A FC_{max} foi estatisticamente maior no protocolo médio quando comparada ao leve e o LA_{pico} pós-exercício foi menor no protocolo leve em relação aos demais protocolos.

Tabela 8.1. Variáveis obtidas durante os testes incrementais com taxas de incremento de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (leve), $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (médio) e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (pesado) ($n=19$)

Protocolo	Leve	Médio	Pesado
V_{pico} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	$14,6 \pm 0,7$	$15,6 \pm 0,7^a$	$16,5 \pm 0,8^{a,b}$
Duração do teste (min)	$42,7 \pm 4,3$	$25,9 \pm 2,0^a$	$15,7 \pm 1,2^{a,b}$
FC_{max} (bpm)	$190,4 \pm 6,7$	$192,9 \pm 7,3^a$	$190,7 \pm 6,8$
PSE_{max} (6-20)	$19,8 \pm 0,5$	$19,9 \pm 0,3$	$19,6 \pm 0,8$
LA_{pico} ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	$6,4 \pm 1,6$	$8,4 \pm 2,6^a$	$8,2 \pm 2,1^a$

^a $P < 0,05$ em relação ao protocolo leve

^b $P < 0,05$ em relação ao protocolo médio

A tabela 8.2 traz as relações observadas entre a V_{pico} , determinada nos diferentes protocolos incrementais, e as *performances* em provas de uma hora (velocidade média, VM), representadas pelos valores de correlação (r), coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão da estimativa (EPE). Além disso, a partir da V_{pico} (variável independente x) foram geradas equações preditivas para as *performances* (VM). A V_{pico} determinada no protocolo médio apresentou a mais elevada correlação e o menor EPE com ambas as *performances* (pista e esteira).

Tabela 8.2. Relações entre as velocidades médias (VM) das provas de uma hora e a velocidade pico (V_{pico}) obtida durante os testes incrementais com taxas de incremento de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (leve), $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (médio) e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (pesado) ($n=19$)

	r	R ²	EPE	Equação preditiva
VM esteira ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)				
Leve	0,86*	0,74	0,41	$VM = -1,81 + 0,93 x$
Médio	0,88*	0,77	0,38	$VM = -4,52 + 1,05 x$
Pesado	0,72*	0,52	0,56	$VM = 0,48 + 0,69 x$
VM pista ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)				
Leve	0,81*	0,66	0,50	$VM = -1,39 + 0,93 x$
Médio	0,83*	0,70	0,47	$VM = -4,13 + 1,05 x$
Pesado	0,75*	0,56	0,56	$VM = -0,21 + 0,75 x$

* $P < 0,05$

$x = V_{\text{pico}}$

EPE = erro padrão da estimativa

A V_{pico} obtida no protocolo incremental médio (incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) foi a que melhor se correlacionou com as *performances*. Assim, a figura 8.1 demonstra as correlações da V_{pico} (protocolo médio) com as *performances* nas provas de uma hora realizadas em esteira (à esquerda) e em pista (à direita). Observa-se que a V_{pico} determinada no protocolo médio explica, respectivamente, 77% e 70%, da variabilidade da *performance* em esteira e pista.

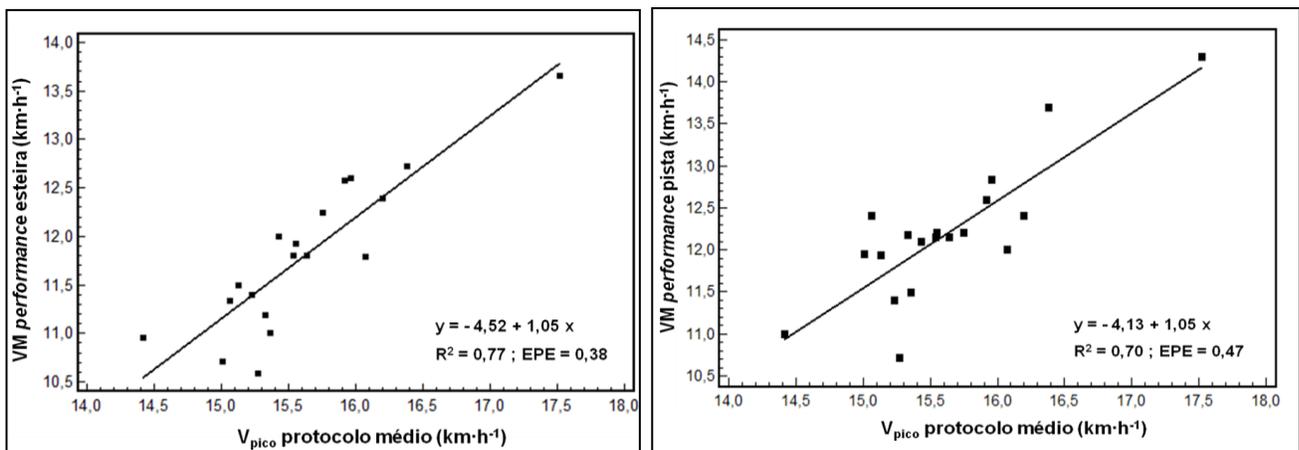


Figura 8.1. Correlação entre a V_{pico} determinada no protocolo incremental médio e as *performances* nas provas de uma hora

Na tabela 8.3 estão as comparações entre as variáveis relacionadas às *performances* nas provas de uma hora realizadas em esteira e pista. A VM ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) da *performance* em esteira foi estatisticamente menor do que na prova realizada em pista. Além disso, os valores de FC_{med} (bpm) e FC_{max} (bpm) das duas *performances* foram estatisticamente diferentes. Não houve diferenças estatisticamente significantes entre a PSE_{max} (6-20) e o LA_{pico} ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) pós-exercício obtidos nas duas provas.

Tabela 8.3. Comparações entre as variáveis obtidas nas provas de uma hora realizadas em esteira e pista (n=19)

	Esteira	Pista
VM ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	11,8 ± 0,8	12,2 ± 0,8*
FC_{med} (bpm)	174,3 ± 8,7	178,3 ± 7,5*
FC_{max} (bpm)	187,6 ± 7,4	184,3 ± 8,1*
PSE_{max} (6-20)	19,2 ± 1,0	19,4 ± 1,1
LA_{pico} ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	4,8 ± 2,2	5,1 ± 2,2

* $P < 0,05$ em relação à esteira

A análise do ritmo de corrida foi realizada a partir do cálculo da VM das *performances* a cada 15 minutos, ou seja, em quatro momentos diferentes da prova. A tabela 8.4 demonstra diferenças estatisticamente significantes entre as velocidades médias (VM) da primeira (0-15min), segunda (15-30min) e quarta parte (45-60min) das provas realizadas em esteira e pista. Além disso, durante a *performance* em esteira o ritmo de corrida foi crescente com aumento progressivo da VM no decorrer do teste. Entretanto, na *performance* em pista nota-se que a VM mantida foi constante, ocorrendo uma diminuição do ritmo de corrida na terceira parte do teste (30º ao 45º minutos).

Tabela 8.4. Velocidades médias (VM), determinadas a cada 15 minutos, das provas de uma hora realizadas em esteira e pista (n=19)

	0-15 min	15-30 min	30-45 min	45-60 min
VM Esteira (km·h ⁻¹)	10,9 ± 1,0	11,8 ± 1,0 ^a	12,0 ± 0,8 ^a	12,5 ± 0,9 ^{a,b,c}
VM Pista (km·h ⁻¹)	12,6 ± 1,0*	12,2 ± 0,9*	11,9 ± 0,8 ^{a,b}	12,1 ± 1,0*

* $P < 0,05$ em relação à esteira

^a $P < 0,05$ em relação ao momento 0-15 min da mesma *performance*

^b $P < 0,05$ em relação ao momento 15-30 min da mesma *performance*

^c $P < 0,05$ em relação ao momento 30-45 min da mesma *performance*

Os valores de FC e PSE obtidos a cada 10 minutos durante as *performances* nas provas de uma hora realizadas em esteira e em pista estão comparados na tabela 8.5. Verifica-se que os valores de FC mantidos durante as *performances* foram estatisticamente diferentes em todos os momentos avaliados, exceto no 50º minuto. A PSE diferenciou-se entre as *performances* do 30º ao 50º minutos. Além disso, observa-se que a FC e a PSE aumentaram continuamente com o passar do tempo em ambas as *performances*.

Tabela 8.5. Valores de frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) obtidos a cada 10 minutos durante as provas de uma hora realizadas em esteira e pista (n=19)

	Tempo (min)					
	10	20	30	40	50	60
FC (bpm)						
Esteira	158,8 ± 14,2	168,3 ± 11,7	172,9 ± 9,8	176,7 ± 9,0	181,7 ± 7,2	187,5 ± 7,3
Pista	173,2 ± 9,0*	175,9 ± 8,7*	177,0 ± 9,0*	179,7 ± 8,0*	181,2 ± 7,4	182,6 ± 8,7*
PSE (6-20)						
Esteira	8,3 ± 1,8	10,6 ± 1,9	12,2 ± 1,8	14,2 ± 1,9	16,7 ± 1,8	19,2 ± 1,0
Pista	8,6 ± 1,4	10,8 ± 1,4	13,3 ± 1,8*	15,2 ± 2,0*	17,7 ± 1,7*	19,4 ± 1,0

* $P < 0,05$ em relação à esteira

DISCUSSÃO

Os objetivos deste estudo foram: correlacionar a V_{pico} obtida em testes incrementais máximos com diferentes taxas de incremento ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) com a *performance* de corrida em provas de uma hora (*time trial*) realizadas em pista de atletismo (campo) e em esteira (laboratório); e comparar o comportamento da VM, ritmo de corrida, FC e PSE durante as duas *performances* (pista e esteira). O principal achado foi que o protocolo incremental médio (incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) mostrou-se o melhor para prever a *performance* de corrida em provas de uma hora. Além disso, as *performances* realizadas em esteira e pista diferenciaram-se em relação aos valores de VM, FC_{med} e FC_{max} .

Assim como nossos resultados, que verificaram que a V_{pico} se correlaciona com a *performance* em prova de uma hora, estudos vêm demonstrando que esta variável é uma efetiva preditora da *performance* em corridas de *endurance* (MCLAUGHLIN et al., 2010; STRATTON et al., 2009; SLATTERY et al., 2006; SCOTT; HOUMARD, 1994; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990).

Noakes, Myburgh e Schall (1990) demonstraram que a V_{pico} , juntamente com o LL, foram os melhores preditores da *performance* de 43 maratonistas e ultramaratonistas em provas de 10 até 90 km; as correlações da V_{pico} com os tempos das *performances* variaram de 0,89 a 0,94. De forma semelhante, Mclaughlin et al. (2010) investigaram a relação da V_{pico} e das variáveis fisiológicas: $VO_{2\text{max}}$, LL e EC com a *performance* em prova de 16 km e verificaram que a V_{pico} apresentou elevada correlação com o tempo da prova de 16 km ($r = - 0,89$), assim como os demais índices fisiológicos. Além disso, a análise de regressão revelou que as variáveis fisiológicas, juntamente com a V_{pico} , explicaram 97,8% da variação da *performance*. Outros estudos, que tiveram como foco discutir o poder de predição dos limiares de lactato, também apresentaram em seus resultados elevadas correlações entre a V_{pico} e a *performance* em corridas de 10 à 42 km ($r =$ de 0,90 a 0,96) (MACHADO et al., 2011; TOKMAKIDIS; LÉGER; PILIANIDIS, 1998).

A *performance* em provas mais curtas (3 e 5 km) também vem sendo correlacionada com a V_{pico} (STRATTON et al., 2009; SLATTERY et al., 2006; SCOTT; HOUMARD, 1994). Scott e Houmard (1994) verificaram elevada correlação da V_{pico} com

a VM da prova de 5 km realizada em esteira (homens corredores: $r = 0,83$; mulheres corredoras: $r = 0,80$). De forma semelhante Slattery et al. (2006), avaliando triatletas, encontraram que a V_{pico} foi a variável de melhor correlação com o tempo da prova de 3 km ($r = - 0,91$); a variância da *performance* entre os participantes foi explicada em 82,3% pela V_{pico} . Stratton et al. (2009) analisaram a *performance* em provas de 5 km, realizadas antes e após um programa de treinamento de corrida, e quais variáveis prediziam tais *performances*; das variáveis verificadas, a que apresentou a melhor correlação com a VM da prova de 5 km foi a V_{pico} , tanto no momento pré ($r = 0,89$) quanto pós-treinamento ($r = 0,83$). Além disso, a partir da análise de regressão, os autores demonstraram que a V_{pico} explicou 77,8% e 69,5% da variância das *performances* dos participantes na prova de 5 km no momento pré e pós-treino, respectivamente.

Ainda não se tem um protocolo incremental específico para a determinação da V_{pico} . Entretanto, nossos resultados mostraram que o protocolo médio parece ser o mais adequado para a avaliação de praticantes de corrida, devido às elevadas correlações da V_{pico} com as *performances*. Além disso, estudos que determinaram a V_{pico} , e outras variáveis fisiológicas, também utilizaram protocolos com incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ entre os estágios (MACHADO et al., 2011; MCLAUGHLIN et al., 2010; STRATTON et al., 2009; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990).

As diferenças encontradas entre as *performances* nas provas de uma hora (pista e esteira) reforçam os resultados de outros estudos que demonstraram que a corrida em esteira (laboratório) é diferente daquela realizada em pista (campo) (MORIN; SEVE, 2011; SCHACHE et al., 2001; NIGG; DE BOER; FISHER, 1995). Assim como nossos resultados, estudos que compararam *performances* em corridas de alta intensidade e curta duração (*sprint*) verificaram que a *performance* em pista é superior àquela demonstrada em esteira (MORIN; SEVE, 2011; NUMELLA; HAMALAINEN; RUSKO, 2007).

Entretanto, ainda são desconhecidos os fatores que podem levar a uma *performance* de corrida inferior em esteira. Possíveis explicações para tal fato podem estar relacionadas às propriedades da superfície que influenciam na biomecânica da corrida, ao ambiente visual e auditivo menos atrativo em laboratório, ao menor

comprimento de passada e maior ritmo de passos na corrida em esteira e a maior familiarização dos corredores com a pista do que com a esteira (NUMELLA; HAMALAINEN; RUSKO, 2007; SCHACHE et al., 2001; ELLIOTT; BLANKSBY, 1976). Milgrom et al. (2003) acrescentam que a corrida em esteira é uma repetição monótona da mesma cinemática do corpo, enquanto a corrida em pista (campo) envolve frequentes mudanças de direção, ritmo e comprimento de passada, o que tornaria a corrida fora do ambiente laboratorial mais motivante do que a corrida em esteira.

Além disso, outro aspecto importante demonstrado por Kong et al. (2012) e Kong, Candelaria e Tomaka (2009) é a diferença na percepção da velocidade de corrida entre as duas superfícies, no qual esta é, em média, 27,1% menor durante a corrida em esteira; logo, os autores concluíram que a necessidade de maior equilíbrio e coordenação, o aumento da demanda da atenção e visão e o medo de cair podem estar associados à percepção de uma maior velocidade na esteira (KONG et al., 2012).

Além da VM das *performances*, a FC_{max} e a FC_{med} também foram estatisticamente diferentes entre as provas realizadas em esteira e pista. O maior valor de FC_{max} atingido na *performance* em esteira pode ser explicado pelo aumento da velocidade ao final do teste por parte dos participantes, muitas vezes caracterizado como um *sprint*. Estudos que realizaram provas de uma hora em esteira mostraram que existe uma tendência dos corredores distribuírem suas reservas energéticas durante os 60 minutos de corrida para que sejam capazes de aumentar a velocidade (realizar *sprint*) nos últimos minutos da prova (WHITHAM; MCKINNEY, 2007; ROLLO; WILLIAMS; NEVILL, 2008).

Os motivos que explicam este comportamento durante os testes ainda se mostram desconhecidos; contudo, baseado em nossas observações e em relatos dos participantes do nosso estudo, sugere-se que a visualização da velocidade na qual estão correndo torna os participantes mais cautelosos durante o teste e a tomada de decisão de alterar a velocidade da esteira acontece, principalmente ao final da prova quando os participantes percebem que são capazes de manter uma velocidade mais elevada e atingirem uma melhor *performance*.

Em relação à FC_{med} mantida durante as provas de uma hora observou-se que esta variável foi mais elevada durante a *performance* realizada em pista, principalmente

devido à maior intensidade (VM) observada durante esta prova em relação à *performance* em esteira. Além disso, a temperatura ambiente parece ter influenciado no comportamento da FC durante as *performances*. Diferentemente do teste em esteira, no qual houve o controle da temperatura laboratorial, no teste em pista a exposição ao sol e ao calor pode ter modificado fisiologicamente a resposta da FC e acentuado o “*drift*” cardiovascular, e conseqüentemente, aumentado ainda mais a FC durante a *performance* em pista (LAMBERT; MBAMBO; GIBSON, 1998).

Outro importante achado do presente estudo foi que os ritmos de corrida, caracterizados pelas velocidades médias das provas de uma hora realizadas em esteira e em pista, foram diferentes. Os estudos que analisaram o ritmo de corrida em provas de *endurance* tiveram como objetivo verificar o comportamento da VM e de variáveis fisiológicas durante a *performance* (LOFTIN et al., 2009; ABBIS; LAURSEN, 2008; JOSEPH et al., 2008; BERTUZZI et al., 2006; MYBURGH, VILJOEN; TEREBLANCHE, 2001; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998). Entretanto, ainda não se tem estabelecida a melhor estratégia que possibilitaria a melhor *performance*, visto que o ritmo de corrida é influenciado por diversos fatores como: a capacidade dos sistemas aeróbio e anaeróbio em fornecer energia, a experiência competitiva do atleta, a duração da prova e as condições do ambiente (temperatura e umidade) (FOSTER et al., 2009; TUCKER; NOAKES, 2009; ABBIS; LAURSEN, 2008).

Neste estudo, durante a *performance* em esteira, os participantes adotaram um ritmo de corrida progressivo ao longo da prova. Tal estratégia foi semelhante à reportada por Schabort, Hopkins e Hawley (1998) que demonstraram um aumento da VM nos primeiros 30 minutos de prova, seguido de uma estabilização dessa intensidade até o 50º minuto e novamente aumento progressivo da VM até o término da prova em estudo realizado com oito corredores treinados (27 anos e VO_{2max} de 66 mL·kg⁻¹·min⁻¹). Diferentemente, Rollo, Williams e Nevill (2008) verificaram, em 10 corredores experientes (32 anos e VO_{2max} de 61 mL·kg⁻¹·min⁻¹), um ritmo de corrida constante durante a prova de uma hora em esteira, no qual a VM foi semelhante do segundo ao 59º minuto de teste.

Entretanto, o ritmo de corrida observado durante a *performance* em pista caracterizou-se, segundo Abbis e Laursen (2008), como parabólico, ou seja, com um

começo de prova realizado em alta velocidade, seguido de uma redução progressiva do ritmo durante a corrida e novamente aumento da velocidade na última parte da prova; esta mesma estratégia foi demonstrada em estudos que analisaram o ritmo de corrida de corredores recreacionistas e de alto nível em provas de 10 km (THIEL et al., 2012; BERTUZZI et al., 2006).

Em relação à análise dos valores de FC e PSE obtidos durante as *performances* a cada 10 minutos, nossos resultados demonstraram que estas variáveis aumentam com o decorrer do tempo de prova em ambas as *performances* (esteira e pista).

Assim como nossos achados que mostraram uma elevação de 29 bpm e 10 bpm do 10^o ao 60^o minutos nas provas realizadas em esteira e pista, respectivamente, estudos demonstraram que a FC aumenta progressivamente durante a *performance* em corridas de *endurance* (LOFTIN et al., 2009; BERTUZZI et al., 2006; SCHABORT; HOPKINS; HAWLEY, 1998). O aumento gradual da FC com o decorrer do exercício é conhecido como “*drift*” cardiovascular, sendo que a magnitude deste “*drift*” é influenciada pela velocidade de corrida e pela duração do exercício (LAMBERT; MBAMBO; GIBSON, 1998). Sendo assim, a principal explicação para o aumento da FC durante as *performances* neste estudo seria o “*drift*” cardiovascular que ocorre em exercícios que excedem a duração de 10 a 15 minutos devido às mudanças termorregulatórias, alterações na utilização de substratos energéticos e aumento do fluxo sanguíneo (COYLE, 1998; BUCHFUHRER et al., 1983).

Em relação ao aumento linear da PSE em função da proporção em que a prova vai sendo completada, nossos resultados confirmam o que vem sendo reportado em outros estudos (RENFREE et al., 2012; JOSEPH et al., 2008; BERTUZZI et al., 2006). Loftin et al. (2009) avaliaram a PSE e a FC a cada 10 minutos durante prova de uma hora em esteira realizada no ritmo (VM) da maratona. Apesar da velocidade constante, os autores encontraram um aumento significativamente linear para ambas as variáveis, no qual a FC aumentou em média 11 bpm e a PSE 2,5 unidades do início ao fim da prova.

Diante do exposto, conclui-se que a V_{pico} determinada a partir do protocolo incremental médio é a que melhor se correlaciona e prediz a *performance* em provas de uma hora, sugerindo assim a utilização de tal protocolo para a determinação da V_{pico} .

Logo, ressalta-se a utilização da V_{pico} , por técnicos e atletas, para a prescrição e controle do treinamento visto que sua determinação é simples e não necessita de equipamentos de alto custo e nem de técnicas invasivas. Além disso, foram verificadas diferenças entre as provas de uma hora realizadas em esteira e pista para a velocidade média, ritmo de corrida e FC, indicando que o local e a superfície influenciam nos resultados obtidos em testes de avaliação da *performance*.

Referências Bibliográficas

Abbiss CR, Laursen PB. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Med.* 2008; 38 (3): 239–52.

Bentley DJ, Newell J, Bishop D. Incremental exercise test design and analysis: Implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Med.* 2007; 37 (7):574-86.

Bentley DJ, McNaughton LR. Comparison of W_{peak} , VO_{2peak} and the ventilation threshold from two different incremental exercise tests: relationship to endurance performance. *J Sci Med Sport.* 2003; 6(4): 422-35.

Bertuzzi RSM, Nakamura FY, Rossi LC, Kiss MAPD, Franchini E. Independência temporal das respostas do esforço percebido e da frequência cardíaca em relação à velocidade de corrida na simulação de uma prova de 10 km. *Rev Bras Med Esporte.* 2006; 21(4): 179-83.

Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377–81.

Buchheit M, Chivot A, Parouty J, Mercier D, Al Haddad H, Laursen PB, et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 108 (6): 1153-67.

Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Suedy DY, Wasserman MJ, Whipp BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol.* 1983; 55: 1558-64.

Coyle EF. Cardiovascular drift during prolonged exercise and the effects of dehydration. *Int J Sports Med.* 1998; 19 (2): 121–4.

Elliott BC, Blanksby BA. A cinematographic analysis of overground and treadmill running by males and females. *Med Sci Sports.* 1976; 8:84–7.

Foster C, Hendrickson KJ, Peyer K, Reiner B, Koning JJ, Lucia A, Wright, G. Pattern of developing the performance template. *British Journal of Sports Medicine.* 2009; 43(10): 765–9.

Gamelin FX, Coquart J, Ferrari N, Vodugnon H, Matran R, Leger L, et al. Prediction of one hour performance using Constant duration tests. *J Strength Cond Res.* 2006; 20(4): 735-9.

Green JM, Sapp AL, Pritchett RC, Bishop PA. Pacing accuracy in collegiate and recreational runners. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 108: 567-72.

Highton JM, Lame KL, Twist C, Nicholas C. The reliability and validity of short-distance sprint performance assessed on a nonmotorized treadmill. *J Strength Cond Res.* 2012; 26(2): 458-65.

Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978; 40: 497-504.

Joseph T, Johnson B, Battista RA, Wright G, Dodge C, et al. Perception of fatigue during simulated competition. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40: 381-6.

Kong PW, Candelaria NG, Tomaka J. Perception of self-selected running speed is influenced by the treadmill but not footwear. *Sports Biomech.* 2009; 8: 52-9.

Kong PW, Koh TMC, Tan WCR, Wang YS. Unmatched perception of speed when running overground and on a treadmill. *Gait Posture.* 2012; 36 (1): 46-8.

Kuipers H, Rietjens G, Verstappen F, Schoenmakers H, Hofman G. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. *Int J Sports Med.* 2003; 24(7):486-91

Lambert MI, Mbambo ZH, Gibson SC. Heart rate during training and competition for long-distance running. *J Sports Sci.* 1998; 16: 85-90.

Laursen PB, Francis GT, Abbiss CR, Newton MJ, Nosaka K. Reliability of time-to-exhaustion versus time-trial running tests in runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39 (8): 1374-9.

Loftin M, Sothorn M, Tuuri G, Tompkins C, Koss C, Bonis M. Gender comparison of physiologic and perceptual responses in recreational marathon runners. *Int J Sports Physiol Perform.* 2009; 4: 307-16.

Loftin M, Sothorn M, Koss C, Tuuri G, Vanvrancken C, Kontos A, et al. Energy expenditure and influence of physiologic factors during marathon running. *J Strength Cond Res.* 2007; 21 (4): 1188-91.

Machado FA, de Moraes SMF, Peserico CS, Mezzaroba PV, Higino WP. The Dmax is highly related to performance in middle-aged females. *Int J Sports Med.* 2011;32(9):672-6.

Mclaughlin JE, Howley ET, Bassett DRJR, Thompson DL, Fitzhugh EC. Test of the Classic Model for Predicting Endurance Running Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2010; 42 (5): 991-997.

McNaughton LR, Roberts S, Bentley DJ. The relationship among peak power output, lactate threshold, and short-distance cycling performance: effects of incremental exercise test design. *J Strength Cond Res.* 2006; 20(1):157-6.

Milgrom C, Finestone A, Segev S, Olin C, Arndt T, Ekenman I. Are overground or treadmill runners more likely to sustain tibial stress fracture? *Br J Sports Med.* 2003; 37: 160-163.

Morin JB, Seve P. Sprint running performance: comparison between treadmill and field conditions. *Eur J Appl Physiol.* 2011; 111 (8): 1695-1703.

Myburgh KH, Viljoen A, Tereblanche S. Plasma lactate concentrations for self selected maximal effort lasting 1 h. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33(1): 152-6.

Nigg BM, De Boer RW, Fisher VA. A kinematic comparison of overground and treadmill running. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27: 98-105.

Noakes TD, Myburgh KH, Schall R. Peak treadmill running velocity during the VO₂max test predicts running performance. *J Sports Sci.* 1990;8(1):35-45.

Nummela A, Hamalainen I, Rusko H. Comparison of maximal anaerobic running tests on a treadmill and track. *J Sports Sci.* 2007; 25(1): 87-96.

Renfree A, West J, Corbett M, Rhoden C, Gibson ASC. Complex interplay between determinants of pacing and performance during 20-km cycle time trials. *Int J Sports Physiol Perform.* 2012; 7 (2): 121-9.

Rollo I, Williams C, Nevill A. Repeatability of scores on a novel test of endurance running performance. *J Sports Sci.* 2008; 26 (13): 1379-86.

Saunders PU, Cox AJ, Hopkins WG, Pyne DB. Physiological measures tracking seasonal changes in peak running speed. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010; 5: 230-8.

Schabert EJ, Hopkins WG, Hawley JA. Reproducibility of self-paced treadmill performance of trained endurance runners. *Int J Sports Med.* 1998;19(1):48-51.

Schache AG, Blanch PD, Rath DA, Wrigley TV, Starr R, Bennel KL. A comparison of overground and treadmill running for measuring the three-dimensional kinematics of the lumbo-pelvic-hip complex. *Clin Biomech.* 2001;16: 667-80.

Scott BK, Houmard JA. Peak running velocity is highly related to distance running performance. *Int J Sports Med.* 1994; 15(8):504-7.

Siri WE. Techniques for measuring body composition. Washington (DC): National Academy Press; 1961.

Slattery K, Wallace L, Murphy A, Coutts A. Physiological determinants of three kilometer running performance in experienced triathletes. *J Strength Cond Res.* 2006;20(1):47-52.

Stratton E, O'Brien BJ, Harvey J, Blitvich J, McNicol AJ, Janissen D, et al. Treadmill velocity best predicts 5000-m run performance. *Int J Sports Med.* 2009; 30(1):40-5.

Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(1):153–6.

Thiel C, Foster C, Banzer W, Koning J. Pacing in Olympic track races: competitive tactics versus best performance strategy. *J Sports Sci.* 2012; 30 (11): 1109-1115.

Tokmakidis SP, Léger LA, Piliandis TC. Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise. *Eur J Appl Physiol.* 1998; 77: 333- 42.

Tucker R, Noakes TD. The physiological regulation of pacing strategy during exercise: a critical review. *Br J Sports Med.* 2009; 43 (6):1-9.

Whitham, M, Mckinney, J. Effect of a carbohydrate mouthwash on running time trial performance. *J Sports Sci.* 2007; 25 (12): 1385-1392.

9 CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados no presente estudo conclui-se que:

- a) O incremento utilizado no protocolo incremental ($0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) influencia nas respostas das variáveis V_{pico} , FC_{max} , LA_{pico} pós-exercício e FC e PSE submáximas;
- b) A V_{pico} apresenta elevada reprodutibilidade teste-reteste, assim como a FC_{max} , PSE_{max} e os valores de FC submáximos determinados durante os testes incrementais;
- c) A V_{pico} determinada a partir do protocolo incremental médio (taxa de incremento de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) é a que melhor se correlaciona e prediz a *performance* em provas de uma hora (*time trial*);
- d) Existem diferenças na velocidade média e ritmo de corrida entre as provas de uma hora realizadas em esteira e pista.

Sendo assim, pela elevada reprodutibilidade e correlação com a *performance* em provas de uma hora, sugere-se a utilização da V_{pico} para a prescrição e controle do treinamento visto que sua determinação é simples e não necessita de equipamentos de alto custo e nem de técnicas invasivas. Além disso, sugere-se a utilização do protocolo médio (incremento de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada três minutos) para sua determinação.

REFERÊNCIAS

American College of Sports Medicine. Guidelines for Exercise Testing and Prescription, London: Lippincott Williams and Wilkins; 2006.

American College of Sports Medicine. Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins; 2000.

Amann M, Subudhi A, Foster C. Influence of testing protocol on ventilatory thresholds and cycling performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36 (4): 613-22.

Arrese AL, Izquierdo DM, Galindo JRS. Physiological measures associated with marathon running performance in high-level male and female homogeneous groups. *Int J Sports Med.* 2006; 27 (4): 289-95.

Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.* 1998; 26 (4): 217-38.

Balmer J, Davison RC, Bird SR. Peak power predicts performance power during an outdoor 16.1-km cycling time trial. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32 (8): 1485-90.

Bassett DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32 (1): 70-84.

Bentley DJ, McNaughton LR. Comparison of W_{peak} , VO_{2peak} and the ventilation threshold from two different incremental exercise tests: relationship to endurance performance. *J Sci Med Sport.* 2003; 6(4): 422-35.

Bentley DJ, Mcnaughton LR, Thompson D, Vleck VE, Batterham AM. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33 (12): 2077-81.

Bentley DJ, Newell J, Bishop D. Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Med.* 2007; 37:575–86.

Billat VL, Hill DW, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Effect of protocol on determination of velocity at VO_{2max} and on its time to exhaustion. *Arch Physiol Biochem.* 1996; 104 (3): 313-21.

Billat VL, Koralsztein PJ. Significance of the velocity at VO_{2max} and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med.* 1996; 22 (2): 90-108.

Billat VL, Demarle A, Slawinski J, Paiva M, Koralsztein JP. Physical and training characteristics of the top-class marathon runners *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33 (12): 2089-97.

Bishop D. Reliability of a 1-h endurance performance test in trained female cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29 (4): 554-9.

Bishop D, Jenkins DG, Mackinnon LT. The effect of stage duration on the calculation of peak VO₂ during cycle ergometry. *J Sci Med Sport.* 1998; 1 (3): 171-8.

Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986; 1: 307–10.

Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377–81.

Bosquet L, Gamelin FX, Berthoin S. Reliability of postexercise heart rate recovery. *Int J Sports Med.* 2008; 29 (3): 238-43.

Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Suedy DY, Wasserman MJ, Whipp BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol.* 1983; 55: 1558-64.

Buchheit M, Chivot A, Parouty J, Mercier D, Al Haddad H, Laursen PB, et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 108 (6): 1153-67.

Caputo F, Oliveira MFM, Greco CC, Denadai BS. Exercício aeróbio: aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. *Rev Brás Cineantropom Desempenho Hum.* 2009; 11 (1): 94-102.

Cheng B, Kuipers H, Snyder AC, Keizer A, Jeukendrup A, Hesselink M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *Int J Sports Med.* 1992; 13: 518-22.

Coen B, Urhausen A, Kindermann W. Individual anaerobic threshold: methodological aspects of its assessment in running. *Int J Sports Med.* 2001; 22 (1): 8–16.

Conley DL, Krahenbuhl GS. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1980; 12: 357–60.

Coyle EP. Physiological determinants of endurance exercise performance. *J Sci Med Sport.* 1999; 2(3):181-89.

Currell K, Jeukendrup AE. Validity, Reliability and Sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Med.* 2008; 38 (4): 297-316.

Davison RCR, Someren KAV, Jones A.M. Physiological monitoring of the Olympic athlete. *J Sports Sci.* 2009; 27 (13): 1433-42.

Dickhuth HH, Yin L, Niess A, Rocker K, Mayer F, Heitkamp HC, Horstmann T. Ventilatory, Lactate-derived and catecholamine thresholds during incremental treadmill running: relationship and reproducibility. *Int J Sports Med.* 1999; 20 (2): 122-7.

Doyle JA, Martinez AL. Reliability of a protocol for testing endurance performance in runners and cyclists. *Res Q Exerc Sport.* 1998; 69 (3): 304-7.

Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate Threshold Concept: How Valid are they? *Sports Med.* 2009; 39 (6): 469-90.

Fellin RE, Manal K, Davis IS. Comparison of lower extremity kinematic curves during overground and treadmill running. *J Appl Biomech.* 2010; 26 (4): 407-14.

Gamelin FX, Coquart J, Ferrari N, Vodugnon H, Matran R, Leger L, et al. Prediction of one hour running performance using constant duration tests. *J Strength Cond Res.* 2006; 20 (4): 735-9.

Grant S, Craig I, Wilson J, Aitchinson T. The relationship between 3km running performance and selected physiological variables. *J Sports Sci.* 1997; 14: 403–10.

Grant S, Mcmillan K, Newell J, Wood L, Keatley S, Simpson D, et al. Reproducibility of the blood lactate threshold, 4 mmol.l marker, heart rate and ratings of perceived exertion during incremental treadmill exercise in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2002; 87 (2):159–66.

Harling SA, Tong RJ, Mickleborough TD. The oxygen uptake response running to exhaustion at peak treadmill speed. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35 (4): 663-8.

Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of 4mmol/L lactate threshold. *Int J Sports Med.* 1985; 6:117-30.

Highton JM, Lame KL, Twist C, Nicholas C. The reliability and validity of short-distance sprint performance assessed on a nonmotorized treadmill. *J Strength Cond Res.* 2012; 26 (2): 458-65.

Hill DW, Rowell AL. Running velocity at VO_{2max} . *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28(1): 114-9.

Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 2000; 30 (1) 1-15.

Hopkins WG, Schabert EJ, Hawley JA. Reliability of power in physical performance tests. *Sports Med.* 2001; 31 (3): 211-34.

Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978; 40: 497-504.

Jeukendrup A, Saris WH, Brouns F, Kester AD. A new validated endurance performance test. *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28 (2): 266-70.

Jones AM. The physiology of the world record holder for the womens marathon. *Int J Sports Sci Coach.* 2006; 1 (2): 101-16.

Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med.* 2000; 29 (6): 373-86.

Kang J, Chaloupka EC, Mastrangelo MA, Biren, GB, Robertson RJ. Physiological comparisons among three maximal treadmill protocols in trained and untrained individuals. *Eur J Appl Physiol.* 2001; 84: 291-5.

Kirkeberg JM, Dalleck LC, Kamphoff CS, Pettit RW. Validity of 3 protocols for verifying VO₂max. *Int J Sports Med.* 2011; 32 (4): 266-70.

Kivi DM, Maraj BK, Gervais P. A kinematic analysis of high- speed treadmill sprinting over a range of velocities. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34 (4) 662–6.

Kong PW, Candelaria NG, Tomaka J. Perception of self-selected running speed is influenced by the treadmill but not footwear. *Sports Biomech.* 2009; 8: 52-9.

Kong PW, Koh TMC, Tan WCR, Wang YS. Unmatched perception of speed when running overground and on a treadmill. *Gait Posture.* 2012; 36 (1): 46-8.

Kuipers H, Rietjens G, Verstappen F, Schoenmakers H, Hofman G. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. *Int J Sports Med.* 2003; 24(7):486–91.

Lakomy HKA. The use of a nonmotorised treadmill for analyzing sprint performance. *Ergonomics.* 1987; 30: 627–63.

Laursen PB, Francis GT, Abbiss CR, Newton MJ, Nosaka K. Reliability of time-to-exhaustion versus time-trial running tests in runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39 (8): 1374-9.

Laursen PB, Shing CM, Jenkins DG. Reproducibility of a laboratory-based 40km cycle time-trial on a stationary wind-trainer in highly trained cyclists. *Int J Sports Med.* 2003; 24 (7): 481-5.

Lee S.J, Hidler J. Biomechanics of overground vs. treadmill walking in healthy individuals. *J Appl Physiol.* 2006; 104: 747–55.

Loftin M, Sothern M, Tuuri G, Tompkins C, Koss C, Bonis M. Gender comparison of physiologic and perceptual responses in recreational marathon runners. *Int J Sports Physiol Perform.* 2009; 4: 307-16.

Loftin M, Sothern M, Koss C, Tuuri G, Vanvrancken C, Kontos A, et al. Energy expenditure and influence of physiologic factors during marathon running. *J Strength Cond Res.* 2007; 21 (4): 1188-91

Londeree BR. Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29 (6) 837-43.

Lourenço TF, Martins LEB, Tessutti, LS, Brenzikofer R, Macedo DV. Reproducibility of an incremental treadmill VO₂max test with gas exchange analysis for runners. *J Strength Cond Res.* 2011; 25 (7): 1994-9.

Luttikholt H, Mcnaughton LR, Midgley AW, Bentley DJ. A prediction model for peak power output from different incremental exercise tests. *Int J Sports Physiol Perform.* 2006; 1: 122-36.

Machado FA, de Moraes SMF, Peserico CS, Mezzaroba PV, Higino WP. The Dmax is highly related to performance in middle-aged females. *Int J Sports Med.* 2011;32 (9):672–6.

Machado FA, Kravchychyn ACP, Peserico CS, Silva DF, Mezzaroba PV. Effect of stage duration on maximal heart rate and post-exercise blood lactate concentration during incremental treadmill tests. *J Sci Med Sport* (2012). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2012.08.003>.

McLaughlin JE, Howley ET, Bassett DRJR, Thompson DL, Fitzhugh EC. Test of the Classic Model for Predicting Endurance Running Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2010; 42 (5): 991-997.

McLellan TM, Jacobs I. Reliability, reproducibility and validity of the individual anaerobic threshold *Eur J Appl Physiol.* 1993; 67 (2): 125-31.

McNaughton LR, Roberts S, Bentley DJ. The relationship among peak power output, lactate threshold, and short-distance cycling performance: effects of incremental exercise test design. *J Strength Cond Res.* 2006; 20(1):157–6.

Midgley AW, Bentley DJ, Luttikholt, H, McNaughton LR, Millet GP. Challenging a dogma of exercise physiology: Does an incremental exercise test for valid VO₂max determination really need to last between 8 and 12 minutes?. *Sports Med.* 2008; 38 (6): 441-7.

Midgley AW, McNaughton LR, Jones AM. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: can valid recommendations be

given to runners and coaches based on current scientific knowledge? *Sports Med.* 2007; 37(10):857–80.

Milgrom C, Finestone A., Segev S, Olin C, Arndt T, Ekenman I. Are overground or treadmill runners more likely to sustain tibial stress fracture? *Br J Sports Med.* 2003; 37:160-3.

Morgan DW, Baldini FD, Martin PE, Kohrt WM. Ten kilometer performance and predicted velocity at VO₂max among well-trained male runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1989; 21 (1): 78-83.

Morin JB, Seve P. Sprint running performance: comparison between treadmill and field conditions. *Eur J Appl Physiol.* 2011; 111 (8): 1695-1703.

Nicholson RM, Sleivert GG. Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33 (2) 339-42.

Nigg BM, De Boer RW, Fisher VA. A kinematic comparison of overground and treadmill running. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27: 98-105.

Noakes TD, Myburgh KH, Schall R. Peak treadmill running velocity during the VO₂max test predicts running performance. *J Sports Sci.* 1990;8(1):35–45.

Nummela A, Hamalainen I, Rusko H. Comparison of maximal anaerobic running tests on a treadmill and track. *J Sports Sci.* 2007; 25(1): 87-96.

Patte RR, Macera CA, Bailey SP, Bartoli WP, Powell KE. Physiological, anthropometric, and training correlates of running economy. *Med Sci Sports Exerc.* 1992; 24: 1128-33.

Riley PO, Dicharry J, Franz J, Croce UD, Wilder RP, Kerrigan DC. A kinematics and kinetic comparison of overground and treadmill running. *Med Sci Sports Exerc.* 2008. 40 (6):1093–110.

Roffey DM, Byrne NM, Hills AP. Effect of stage duration on physiological variables commonly used to determine maximum aerobic performance during cycle ergometry. *J Sports Sci.* 2007; 25 (12): 1325-35.

Rollo I, Williams C, Nevill A. Repeatability of scores on a novel test of endurance running performance. *J Sports Sci.* 2008; 26 (13): 1379-86.

Russell RD, Redmann SM, Ravussin E, Hunter GR, Larson-Meyer E. Reproducibility of endurance performance on a treadmill using a preloaded time trial. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36 (4); 717-24.

Santos PJM. Estudo preditivo da intensidade de corrida na meia-maratona com base na relação lactato velocidade obtida num teste de terreno. *Rev Movimento.* 2000; 6 (13).

Saunders PU, Cox AJ, Hopkins WG, Pyne DB. Physiological measures tracking seasonal changes in peak running speed. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010; 5: 230-8.

Saunders PU, Pyne DB, Telford, RD, Hawley, JA. Reliability and Variability of Running Economy in Elite Distance Runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36: 1972–76.

Schabert EJ, Hopkins WG, Hawley JA. Reproducibility of self-paced treadmill performance of trained endurance runners. *Int J Sports Med.* 1998; 19(1):48–51.

Schache AG, Blanch PD, Rath DA, Wrigley TV, Starr R, Bennel KL. A comparison of overground and treadmill running for measuring the three-dimensional kinematics of the lumbo–pelvic–hip complex. *Clin Biomech.* 2001;16: 667–80.

Scott BK, Houmard JA. Peak running velocity is highly related to distance running performance. *Int J Sports Med.* 1994; 15(8):504–7.

Siri WE. Techniques for measuring body composition. Washington (DC): National Academy Press; 1961.

Slattery K, Wallace L, Murphy A, Coutts A. Physiological determinants of three kilometer running performance in experienced triathletes. *J Strength Cond Res.* 2006;20(1):47–52.

Smith MF, Davison RCR, Balmer J, Bird SR. Reliability of mean power recorded during indoor and outdoor self-paced 40 km cycling time-trials. *Int J Sports Med.* 2001; 22: 270-74.

Smith C, Jones A. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *Eur J Appl Physiol.* 2001; 85: 19-26.

Souza KM, Vieira G, Baldi MF, Guglielmo LGA, Lucas RD, Denadai BS. Variáveis fisiológicas e neuromusculares associadas com a performance aeróbia em corredores de endurance: efeitos da distância da prova. *Rev Bras Med Esporte.* 2011; 17 (1); 40-4.

Sjodin B, Jacobs I. Onset of Blood Accumulation and Marathon Running Performance. *Int J Sports Med.* 1981; 2 (1): 23-6.

Stegmann H, Kinderman W, Schnabel. A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Sports Med.* 1981; 2:160-5.

Stratton E, O'Brien BJ, Harvey J, Blitvich J, McNicol AJ, Janissen D, et al. Treadmill velocity best predicts 5000-m run performance. *Int J Sports Med.* 2009; 30(1):40–5.

Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(1):153–6.

Tegtbur U, Busse MW, Braumann KM. Estimation of 5. an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. Med Sci Sports Exerc. 1993; 25(5):620-7.

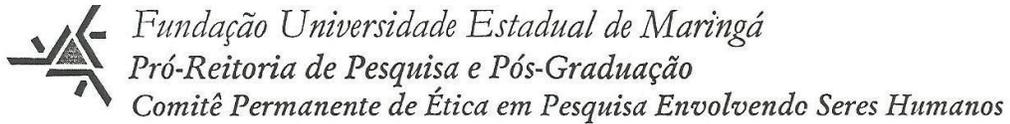
Zhou S, Weston SB. Reliability of using the D-max method to define physiological responses to incremental exercise testing. Physiol Meas. 1997; 19 (2):145-54.

Weir JP. Quantifyng test-retest reliability using the interclass correlation coefficient and the SEM. J Strength Cond Res. 2005; 19 (1): 231-40.

ANEXOS



ANEXO I: Parecer do COPEP



CAAE Nº. 0341.0.093.000-10

PARECER Nº. 719/2010

Pesquisador(a) Responsável: Fabiana Andrade Machado	
Centro/Departamento: CCS/ Departamento de Educação Física	
Título do projeto: “Avaliação e acompanhamento longitudinal das respostas fisiológicas durante a prática de exercício físico e esportes”.	
<p>Considerações:</p> <p>Trata-se de protocolo de pesquisa docente, de área temática III, com o objetivo geral de “estudar, avaliar e acompanhar, longitudinalmente, o comportamento das respostas fisiológicas de indivíduos durante a prática de exercícios físicos e esportes.”</p> <p>Em sua submissão inicial a este comitê de ética em pesquisa, o protocolo restou pendente conforme parecer 599/2010 COPEP, datado de 08 de outubro de 2010. As pendências arroladas foram majoritariamente respondidas, por ocasião das adequações implementadas pela pesquisadora, com exceção daquela relativa ao texto do TCLE, razão pela qual o protocolo restou novamente pendente, conforme parecer 684/2010-COPEP.</p> <p>Na presente submissão, a pesquisadora demonstra ter solucionado a referida pendência, por meio da apresentação de novo modelo de TCLE, com ajuste da redação, e redução do uso de terminologia técnica. Consta do texto do TCLE, adicionalmente, a garantia de esclarecimentos acerca de qualquer aspecto que porventura não seja devidamente compreendido pelo sujeito de pesquisa.</p> <p>Análise do relator: Face ao exposto, considera-se a pendência devidamente atendida.</p> <p>Considerando a análise ética das adequações implementadas à luz das normativas fixadas pela Res. 196/96-CNS e resoluções complementares, este comitê de ética em pesquisa se manifesta por aprovar o protocolo na forma em que ora se apresenta.</p>	
SITUAÇÃO: APROVADO	
CONEP: (X) para registro () para análise e parecer	Data: 3/12/2010
Relatório final para Comitê: () Não (X) Sim	Data: Outubro de 2014
<p>O protocolo foi apreciado de acordo com a Resolução nº. 196/96 e complementares do CNS/MS, na 208ª reunião do COPEP em 3/12/2010.</p>	 Profa. Dra. Ieda Harumi Higarashi Presidente do COPEP

ANEXO II - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Caro (a) atleta/participante

Gostaríamos de convidá-lo a participar como voluntário do estudo de dissertação de mestrado **“Determinação da velocidade pico a partir de diferentes protocolos incrementais: reprodutibilidade e correlação com a performance em corridas de endurance”** desenvolvido por mim e orientado pela professora Dra. Fabiana Andrade Machado. O referido projeto encontra-se vinculado ao projeto de pesquisa nº 9433/2010 e devidamente aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa (nº 719/2010). Procederemos a aplicação de testes físicos e laboratoriais para determinação de variáveis relacionadas à *performance*. Tais testes visam pesquisar alguns parâmetros fisiológicos que possibilitem aumentar o conhecimento de respostas metabólicas e orgânicas dos atletas/participantes sendo os resultados utilizados como parâmetros para determinação da intensidade adequada de treinamento, predição de *performance*, indicativos do estado saudável e parâmetros para acompanhamento longitudinal da prática de exercícios físicos e esporte.

Local de realização dos testes

Os testes de laboratório e demais procedimentos serão realizados no Laboratório de Fisiologia do Esforço (LABFISE – UEM, Bloco H-79 Sala 107) junto ao Departamento de Ciências Fisiológicas da Universidade Estadual de Maringá (DFS/UEM). Os testes de campo ocorrerão na pista de atletismo do Departamento de Educação Física da Universidade Estadual de Maringá (DEF/UEM) e serão realizados em datas previamente agendadas devendo os participantes comparecerem devidamente alimentados e preparados para tal.

Procedimentos dos testes

Inicialmente, serão aferidas medidas antropométricas referentes à massa corporal, estatura e percentual de gordura corporal.

- 1) Os testes laboratoriais serão realizados em esteira rolante (INBRAMED Super ATL, Porto Alegre-BR). Os sujeitos realizarão dois testes com incrementos com incrementos de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada três minutos, dois testes de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada três minutos e dois testes com incrementos de $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada três minutos, com aquecimento prévio a $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ durante três minutos, e primeiro estágio a $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, sendo mantida uma inclinação constante durante todo o teste equivalente a 1%. Esses testes terão como objetivo a determinação da velocidade pico. O teste será mantido até a exaustão dos participantes, que serão encorajados verbalmente a se manterem em exercício pelo maior tempo possível.
- 2) Para determinação da *performance* dos atletas, serão realizados, após o aquecimento habitual, 2 provas simuladas de 1 hora, uma em pista de atletismo de 400 metros e outra em laboratório. Os sujeitos serão instruídos a correr na maior velocidade possível durante 1 hora, sendo encorajados verbalmente ao longo da prova. A distância será registrado para cálculo da velocidade média das duas *performances*.

Tanto nos testes laboratoriais como nos testes de pista, serão coletadas amostras de sangue do lóbulo da orelha ($25\mu\text{l}$) para determinação da concentração de lactato sanguíneo ao final deste. Este procedimento se dará pelo método de punção realizada no lóbulo da orelha por meio de um pequeno furo feito com o auxílio de uma

lanceta própria e descartável; o sangue será coletado em um tubo capilar heparinizado e imediatamente acondicionado em um tubo tipo Ependorff contendo 50µl de fluoreto de sódio (NaF) a 1%. Essas amostras, quando necessário, serão armazenadas em baixas temperaturas e analisadas eletroquimicamente no equipamento YSI 2300 STAT (Yellow Springs Ind, Ohio – USA) para dosar a quantidade de lactato sanguíneo.

Durante os testes será monitorada a frequência cardíaca por meio do monitor cardíaco Polar RS800, e os atletas serão instruídos a indicar o valor correspondente à tabela de percepção subjetiva de esforço (BORG, 1982).

Divulgação dos resultados obtidos

Os atletas, bem como seus técnicos, tomarão conhecimento de todos os resultados obtidos no trabalho. Todos os dados são de propriedade do pesquisador e serão divulgados em congressos e revistas de caráter científico pertinentes a área de aplicação na forma de artigos, para tanto, sempre se resguardará a identidade dos atletas/participantes não havendo nenhum outro interesse que não o científico na divulgação dos resultados.

Para tanto, necessitamos do consentimento dos senhores tanto para a realização dos testes quanto para que os dados obtidos possam ser divulgados na literatura científica da área.

Informamos que a participação é totalmente voluntária, com plena liberdade para negarem o consentimento ou retirarem-se do estudo a qualquer momento. Também informamos que os participantes não receberão nenhuma forma de pagamento por participarem como sujeitos nos testes.

Responsabilidade sobre os procedimentos experimentais

Os responsáveis pelos testes comprometem-se em realizá-los dentro dos padrões e normas de segurança, mostrando-se conhecedores dos procedimentos a serem realizados.

Qualquer pergunta ou dúvidas em relação aos procedimentos utilizados no projeto deverão ser dirigidas aos responsáveis pela realização dos mesmos que estarão sempre à disposição para maiores esclarecimentos: Profa. Cecília Segabinazi Peserico Tel. (44) 99720211; Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado; end: DEF – UEM, Bloco M06 sala 06 Tel. (44) 8834-4038. Dúvidas em relação aos aspectos éticos da pesquisa poderão ser esclarecidas pelo Comitê Permanente de Ética em Pesquisa (COPEP) envolvendo Seres Humanos da UEM; end: Universidade Estadual de Maringá – Av. Colombo 5790, Campus Sede da UEM. Bloco da Biblioteca Central (BCE) Tel (44) 3261 – 4444. E-mail: copep@uem.br

Eu, _____, portador do documento de identidade nº _____, após ter lido, entendido e esclarecido todas as minhas dúvidas referentes a este estudo, CONCORDO VOLUNTARIAMENTE em participar como sujeito do projeto autorizando a realização de todos os procedimentos e consentindo com a posterior divulgação científica dos dados obtidos.

Data: ___/___/___

Assinatura do atleta/participante

Cecília Segabinazi Peserico

Prof. Dra. Fabiana Andrade Machado

APÊNDICE



Apêndice I – Ficha de Identificação (Anamnese)

Nome: _____

Data de nascimento: _____

Endereço: _____

Email: _____

Telefone para contato: Residencial: _____ Cel.: _____

Em caso de emergência avisar (tel): _____

1) Tem algum problema de saúde?

Sim Não Se a resposta foi “Sim”, qual?

2) Toma algum medicamento?

Sim Não Se a resposta foi “Sim”, qual e para quê?

3) Tem problemas cardíacos/vasculares ou possui casos na família?

Sim Não Se a resposta foi “Sim”, qual?

4) Tem Diabetes ou possui casos na família?

Sim Não

5) Tem problemas respiratórios (asma, bronquite, rinite) ou possui casos na família?

Sim Não Se a resposta foi “Sim”, qual?

6) Sente dores de cabeça, dores no peito ou em outras partes do corpo?

Sim Não Se a resposta foi “Sim”, em que região do corpo e quando?

7) Sente falta de ar quando pratica exercício físico/treinamento?

Sim Não

8) Sente tonturas, vertigens?

Sim Não

9) Tem, ou já teve, problemas de desmaios ou convulsões?

Sim Não

10) Já passou por algum procedimento cirúrgico?

Sim Não Se a resposta foi “Sim”, qual a cirurgia?

11) Já foi hospitalizado?

Sim Não

12) Já sofreu alguma fratura?

Sim Não Se a resposta foi “Sim”, especifique o local da fratura.

As próximas informações devem ser referentes ao treinamento de corridas:

13) Treina/ Prática corrida há quanto tempo (meses;anos)?

14) Quantas vezes treina por semana?

15) Quantos quilômetros corre por semana?

16) Quantos quilômetros corre por treino?

17) Como são os treinos? Corre em qual velocidade? Como controla a intensidade do treino?

18) Qual o melhor tempo já obtido em provas de 5km e 10km.

19) Qual o melhor tempo nos últimos 3 meses já obtido em provas de 5km e 10km.

20) Há algum outro detalhe de sua performance/treino que gostaria de relatar? Qual?

21) Toma algum suplemento? Qual?