

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE JUIZ DE FORA EM ASSOCIAÇÃO COM A UNIVERSIDADE
FEDERAL DE VIÇOSA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS – FAEFID**

ARTHUR HENRIQUE SOUZA NETO BOSSI

**VARIÁVEIS LABORATORIAIS, DESEMPENHO E *PACING* NO CICLISMO
CONTRA-RELÓGIO DE 20 MINUTOS REALIZADO EM SUBIDA**

JUIZ DE FORA
AGOSTO/2014

ARTHUR HENRIQUE SOUZA NETO BOSSI

**VARIÁVEIS LABORATORIAIS, DESEMPENHO E *PACING* NO CICLISMO
CONTRA-RELÓGIO DE 20 MINUTOS REALIZADO EM SUBIDA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, área de concentração Movimento Humano, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre.

Orientador: Jorge Roberto Perrout de Lima

JUIZ DE FORA
AGOSTO/2014

ARTHUR HENRIQUE SOUZA NETO BOSSI

**VARIÁVEIS LABORATORIAIS, DESEMPENHO E *PACING* NO CICLISMO
CONTRA-RELÓGIO DE 20 MINUTOS REALIZADO EM SUBIDA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, área de concentração Movimento Humano, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Titulares:

Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Vitor Pereira Costa
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Maurício Gattás Bara Filho
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico este trabalho aos meus pais Antônio Augusto Vieira Bossi e Patrícia Souza Neto Bossi por terem me ensinado na prática, ao longo de suas jornadas de trabalho, o significado de dedicação e paixão pela profissão.

"How often did one waste a day, or a month, in fruitless experiments?"

(...)

"In undertaking difficult experiments (and few others are really much fun) such trials are inevitable, and it may be comforting for people to realize that others have experienced them too."

(...)

"Research must indeed be planned; but the most interesting things can emerge when the plan does not work, providing a test not only of tenacity but of understanding."

Archibald Vivian Hill

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais Antônio Augusto Vieira Bossi e Patrícia Souza Neto Bossi pelo amor e apoio incondicional. A conclusão desta etapa é a maior garantia de que vocês foram impecáveis. Faltam-me palavras para descrever o quanto sou grato e orgulhoso dos pais que tenho.

As minhas queridas irmãs Lídia Souza Neto Bossi e Laura Souza Neto Bossi por serem sempre boas referências ao me questionarem sempre. Nossas diferenças no modo de pensar contribuíram para que eu pudesse ampliar a minha compreensão sobre a vida e o ser humano.

Especialmente ao Pedro Henrique Prazeres de Lima por estar presente de maneira absoluta em todas as etapas deste trabalho. Sua amizade sincera e companheirismo foram fundamentais, principalmente nos momentos de dificuldades ao longo deste processo. Sua ponderação e conselhos sábios colaboraram consideravelmente para que eu pudesse ser quem eu sou hoje.

Ao Vinicius Rocha Lopes pela dedicação hercúlea nas coletas de dados. Seus sacrifícios pessoais para horas incansáveis dentro do laboratório eram uma das minhas inspirações para jamais desistir.

Ao Renato Marques Bianchini pelo grande incentivo e apreço pelo meu trabalho. Nossas conversas foram extremamente importantes para o meu desenvolvimento pessoal e para me ensinar como de fato liderar um grupo.

Ao Paulo César Maia Lima Júnior, por sua habilidade em sutilmente trazer à tona o meu melhor. Sua presença na parte final deste ciclo me proporcionou um novo significado prático para o termo resiliência.

Ao Vitor Mendonça Novaes por ser um elemento reserva altamente capacitado com quem eu podia contar sempre para necessidades de última hora. Não só de titulares se faz um time.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima por me ensinar sempre de maneira paciente, de modo que eu próprio pudesse identificar os meus erros. Agradeço também por sua compreensão e diálogo diante de minhas atitudes nem sempre racionais.

Ao pesquisador Prof. Dr. James Graham Hopker que, mesmo sem me conhecer pessoalmente, se mostrou tão solícito para esclarecer uma série de

dúvidas que acabou por se tornar meu coorientador. Agradeço também por me abrir as portas ao seu laboratório.

Especialmente a todos os voluntários que gentilmente cederam muitas de suas horas semanais em favor de testes sempre exaustivos. Sem vocês nada disso seria possível.

Aos colegas de mestrado mais próximos que, em vários momentos, colaboraram para minha formação, trocando conhecimentos e compartilhando experiências.

Aos amigos que auxiliaram eventualmente em algumas sessões de coleta de dados e àqueles com quem compartilhei as minhas angústias e me deram apoio durante este período.

A Tamiris Schaeffer Fontoura, por estar por perto em alguns momentos cruciais deste processo.

Aos grandes amigos Samuel Hussin Couto e Felipe Moreira Galante pela amizade e suporte, ainda que distantes.

Ao Programa de Pós Graduação em Educação Física UFJF/UFV e todo o corpo docente pela oportunidade e ensinamentos.

A todos que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

RESUMO

Para maior empregabilidade do protocolo de teste contra-relógio (CR) de 20 min em campo, é necessária a compreensão (1) de como o desempenho em percurso de subida se relaciona com as medidas laboratoriais típicas e (2) do perfil de *pacing* adotado. Separados por pelo menos 48 horas, 15 ciclistas moderadamente treinados, incluindo 1 do sexo feminino (30,8±4,8 anos; 176,5±8,0 cm; 78,9±14,5 kg; 56,1±7,7 ml.kg⁻¹.min⁻¹; média ± desvio padrão), realizaram inicialmente um teste anaeróbio Wingate, um teste de esforço incremental até a exaustão e um contra-relógio de campo por 20 min em percurso de subida com 2,7% de inclinação média. Após 5 semanas de treinamento não supervisionado, 10 dos 15 voluntários realizaram um segundo CR para comparação do *pacing* adotado. As regressões lineares múltiplas *stepwise* demonstraram que 91% da variação na potência média produzida no CR (W.kg⁻¹) pode ser explicada pelo pico do consumo de oxigênio (ml.kg⁻¹.min⁻¹) e pelo ponto de compensação respiratória (W.kg⁻¹), com coeficientes beta padronizados de 0,64 e 0,39 respectivamente. A realização do CR em aclave pressupõe um ajuste de 94,6% da potência média, de modo a aperfeiçoar a concordância com a potência referente ao ponto de compensação respiratória, em que o diagrama de Bland-Altman demonstrou um viés ± erro aleatório de 0,4±49,7 W ou -0,1±19,7 %. A ANOVA *two-way* (CR X tempo) para medidas repetidas revelou efeito principal dos intervalos de tempo ($p < 0,001$) na potência média produzida em cada trecho (122,2±10,0; 97,8±1,2 e 95,1±7,1% para os trechos 0-2, 2-18 e 18-20 min, respectivamente) caracterizando perfil de *pacing* positivo, tanto no primeiro, quanto no segundo teste ($p = 0,116$). Em conjunto, estas informações indicam que o protocolo de teste CR de 20 min realizado em subida, aparentemente, seja robusto para monitorar o desempenho de ciclistas de diferentes níveis competitivos. Entretanto, novos estudos mais específicos são importantes para confirmar a reprodutibilidade do desempenho e para verificar a influência do *feedback* instantâneo da potência produzida.

Palavras chave: potência; teste de campo; exercício em aclave; distribuição da intensidade; PowerTap.

ABSTRACT

For a wider applicability of the 20-min time trial (TT) testing protocol in field, it is necessary to understand (1) how performance in an uphill course relates with typical laboratory measures and (2) the pacing profile adopted. Separated by at least 48 hours, 15 moderately trained cyclists, including 1 female (30.8±4.8 years; 176.5±8.0 cm; 78.9±14.5 kg; 56.1±7.7 ml.kg⁻¹.min⁻¹; mean ± standard deviation), initially performed a Wingate anaerobic test, a graded exercise test to exhaustion and a 20-min field time trial in a 2.7% gradient uphill course. After 5 weeks of non-supervised training, 10 from 15 volunteers performed a second TT for comparison of the pacing adopted. Stepwise multiple linear regressions demonstrated that 91% of TT mean power output variation (W.kg⁻¹) can be explained by peak oxygen consumption (ml.kg⁻¹.min⁻¹) and respiratory compensation point (W.kg⁻¹), with standardized beta coefficients of 0.64 and 0.39 respectively. Performing TT on ascents premises a 94.6% mean power output adjustment in order to improve the agreement with respiratory compensation point power output, which Bland-Altman plot showed a bias ± random error of 0.4±49.7 W or -0.1±19.7 %. Repeated measures two-way ANOVA (TT X time) revealed a main effect of the time intervals ($p < 0.001$) on the power output of each portion (122.2±10.0; 97.8±1.2 e 95.1±7.1% for the portions 0-2, 2-18 e 18-20 min, respectively) characterizing a positive pacing profile, either in the first and in the second test ($p = 0.116$). Together, this information indicates that the 20-min TT testing protocol performed on ascent is apparently robust for performance monitoring of different competitive level cyclists. However, more specific new studies are important to confirm performance reproducibility and to verify the influence of power output instant feedback.

Keywords: power output; field test; exercise on ascent; intensity distribution; PowerTap.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplos de perfis de <i>pacing</i> parabólicos, em formato de “U”, “J” e “J” reverso.....	21
Figura 2 – <i>Design</i> do estudo.....	26
Figura 3 – Ilustração do procedimento de identificação do limiar ventilatório e do ponto de compensação respiratória em teste de esforço incremental com estágios de 1 min.....	29
Figura 4 – Altimetria do percurso escolhido para a realização do teste contra-relógio.....	30
Figura 5 – Diagrama de Bland-Altman da diferença entre potência média produzida no contra-relógio e ponto de compensação respiratória vs. a média entre potência média produzida no contra-relógio e ponto de compensação respiratória.....	36
Figura 6 – Diagrama de Bland-Altman da diferença entre 94,6% da potência média produzida no contra-relógio e ponto de compensação respiratória vs. a média entre 94,6% da potência média produzida no contra-relógio e ponto de compensação respiratória.....	37
Figura 7 – Média e desvio padrão da potência média produzida em cada intervalo de tempo, normalizada percentualmente em função da potência média total produzida no contra-relógio.....	38
Figura 8 – Perfil típico da potência produzida e da frequência cardíaca ao longo de um contra-relógio de 20 min realizado em subida.....	39
Figura 9 – Desempenho e <i>pacing</i> adotado pelos ciclistas no primeiro e no segundo CR.....	40
Figura 10 – Reprodutibilidade do <i>pacing</i> adotado: coeficiente de variação e 95% do intervalo de confiança da potência média produzida em cada intervalo de tempo, normalizada percentualmente em função da potência média total produzida no contra-relógio.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características metodológicas dos estudos que analisaram a relação entre variáveis de um teste de esforço incremental e <i>performance</i> em subida.....	17
Tabela 2 – Resultados obtidos no teste anaeróbio Wingate.....	32
Tabela 3 – Variáveis máximas obtidas no teste de esforço incremental.....	32
Tabela 4 – Variáveis submáximas obtidas no teste de esforço incremental.....	33
Tabela 5 – Resultados obtidos no primeiro teste contra-relógio de 20 min.....	33
Tabela 6 – Relação entre os resultados obtidos nos testes laboratoriais e o desempenho em contra-relógio em valores absolutos.....	34
Tabela 7 – Relação entre os resultados obtidos nos testes laboratoriais e o desempenho em contra-relógio em valores relativos.....	34

LISTA DE ABREVIações

$94,6P_{med}$	94,6% da potência média produzida no contra-relógio
CR	contra-relógio
FC	frequência cardíaca
IC	intervalo de confiança
LV	limiar ventilatório
PCR	ponto de compensação respiratória
PE	percepção do esforço
$P_{EF}CO_2$	pressão expiratória final de CO_2
$P_{EF}O_2$	pressão expiratória final de O_2
P_{max}	potência aeróbia máxima
P_{med}	potência média produzida no contra-relógio
R	razão de troca respiratória
r	correlação produto-momento de Pearson
Sig.	significância estatística
TEI	teste de esforço incremental
VE	ventilação pulmonar
VE/VCO_2	equivalente ventilatório de CO_2
VE/VO_2	equivalente ventilatório de O_2
VO_2	consumo de oxigênio
VO_{2pico}	pico do consumo de oxigênio
Win	teste anaeróbio Wingate
Win_{med}	capacidade anaeróbia
Win_{pico}	pico de potência anaeróbia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 PREDIÇÃO DO DESEMPENHO.....	14
1.2 DESEMPENHO EM TESTE DE CAMPO.....	18
1.3 <i>PACING</i> E DESEMPENHO.....	20
2 OBJETIVOS	24
3 MÉTODOS	25
3.1 PARTICIPANTES.....	25
3.2 <i>DESIGN</i> DO ESTUDO.....	25
3.3 PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTAÇÃO.....	26
3.3.1 Avaliação antropométrica.....	26
3.3.2 Teste anaeróbio Wingate.....	26
3.3.3 Teste de esforço incremental.....	27
3.3.4 Teste contra-relógio de 20 min em subida.....	29
3.4 ANÁLISE DOS DADOS.....	30
4 RESULTADOS	32
5 DISCUSSÃO	42
6 CONCLUSÃO	49
7 REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

O ciclismo é um dos modos de locomoção mais populares ao redor do mundo. As variações iniciais do que se conhece hoje como bicicleta datam das primeiras décadas do século XIX e estima-se que, atualmente, existam mais de um bilhão delas no planeta, com uma produção anual de mais de cem milhões de unidades. T tamanha popularidade pode ser explicada por seu custo acessível e por permitir ao ciclista uma das formas mais eficientes de locomoção humana terrestre, sendo o dispêndio energético baixo comparativamente ao ganho em deslocamento (TUCKER, V. A., 1975).

Por outro lado, a massificação do ciclismo competitivo é recente. Embora estivesse presente nos Jogos Olímpicos modernos desde sua primeira edição no ano de 1896, em Atenas, foi apenas nas últimas décadas que realmente se propagou. O surgimento de novas modalidades, como o *mountain biking*, que foi incluído no programa olímpico somente nos Jogos de Atlanta, em 1996, definitivamente contribuiu para essa expansão. Este cenário, em que cada vez mais pessoas se interessam e praticam o ciclismo competitivo, favorece o surgimento de múltiplos talentos e verdadeiros mitos do esporte, proporcionando grande espetáculo.

Como hoje em dia, *performances* excepcionais são produzidas a todo instante, frequentemente associadas aos interesses econômicos de patrocinadores, muitos investimentos são feitos com o objetivo de identificar as possíveis estratégias que conduzam à melhoria do rendimento esportivo. A equipe de ciclismo de estrada *Team Sky*, por exemplo, que venceu duas das últimas três edições do *Tour de France*, se destaca pelo alto orçamento e pela abordagem científica empregada no treinamento dos atletas. A compreensão dos aspectos técnico-táticos e fisiológico-biomecânicos específicos da modalidade é, portanto, parte integral na elaboração de um programa que viabilize a concretização dos objetivos dos atletas e da equipe.

1.1 PREDIÇÃO DO DESEMPENHO

Para que ciclistas possam atingir o mais alto nível de desempenho competitivo, é necessário que haja balanço ótimo entre as cargas de treino e os períodos de recuperação, maximizando as possibilidades de adaptação corporal

(FARIA; PARKER; FARIA, 2005b; JOBSON et al., 2009). Um dos desafios para atletas e treinadores, consiste no monitoramento da *performance* para verificar a eficácia do programa de treinamento, afinal, testes demorados e que impliquem esforços máximos, se realizados em grande frequência, poderiam ocasionar altos níveis de fadiga em momentos inoportunos como às vésperas de uma competição. Assim, diversos estudos foram conduzidos com o objetivo de verificar a relação entre as variáveis de um teste de esforço incremental (TEI), que é relativamente rápido (em geral <15 min), e a *performance* dos ciclistas, avaliada em contra-relógio (CR) de laboratório (AMANN; SUBUDHI; FOSTER, 2006; BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003; BENTLEY et al., 2001; BISHOP; JENKINS; MACKINNON, 1998; DAVISON et al., 2000; KENEFICK et al., 2002; LAMBERTS et al., 2012; STOREN et al., 2013) ou de campo (ANTON et al., 2007; BALMER; DAVISON; BIRD, 2000; COSTA et al., 2011; HAWLEY; NOAKES, 1992; HEIL et al., 2001; HOPKINS, S. R.; MCKENZIE, 1994; LUCIA et al., 2004; NIMMERICHTER et al., 2012; NIMMERICHTER et al., 2010; ROLLINGS, 1995; SMITH, 2008; TAN; AZIZ, 2005).

Como em grande parte, o sucesso no ciclismo de estrada está vinculado à atuação dos atletas em provas de montanha (JEUKENDRUP; CRAIG; HAWLEY, 2000; LUCIA; HOYOS; CHICHARRO, 2001), alguns estudos compararam os dados obtidos em laboratório com o desempenho dos atletas em situações de subida (ANTON et al., 2007; COSTA et al., 2011; DAVISON et al., 2000; HEIL et al., 2001; NIMMERICHTER et al., 2012; ROLLINGS, 1995; TAN; AZIZ, 2005). Observa-se, entretanto, grande variação nos desenhos experimentais (Tabela 1). Por exemplo, em somente dois estudos (DAVISON et al., 2000; ROLLINGS, 1995), verificou-se também a aptidão anaeróbia dos atletas, um dos parâmetros determinantes do desempenho nas modalidades de *endurance* (DI PRAMPERO, 2003; JOYNER; COYLE, 2008), especialmente no ciclismo, devido à natureza aleatória da intensidade de prova (ABBISS; MENASPA; et al., 2013; COHEN et al., 2013; JEUKENDRUP et al., 2000). Além disso, observa-se que não há padronização das características do percurso escolhido para o teste de campo. E, finalmente, em apenas um estudo (NIMMERICHTER et al., 2012) avaliou-se o desempenho em período de tempo fixo. É importante ressaltar que a não utilização de tempo fixo impõe restrições quanto à comparabilidade e aplicabilidade dos resultados em sujeitos de diferentes níveis competitivos, dada a robusta relação entre intensidade do exercício (*i.e.* potência, velocidade) e tempo de exaustão (BILLAT;

KORALSZTEIN; MORTON, 1999; MORTON; HODGSON, 1996). Em conjunto, estas limitações evidenciam a necessidade de esclarecer quais variáveis laboratoriais, representativas do metabolismo aeróbio e anaeróbio, predizem o desempenho de ciclistas em subidas, quantificado a partir de teste de campo fidedigno, com tempo de exercício fixado.

Tabela 1 – Características metodológicas dos estudos que analisaram a relação entre variáveis de um teste de esforço incremental e *performance* em subida.

Estudo	Amostra <i>n</i>	TEI W.min ⁻¹	VO _{2pico} ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹	P _{max}	Win _{pico}	Win _{med}	CR	Tempo min	P _{med}
ROLLINGS, 1995	24	25	63,9	-	709	582	2 km - campo	-	-
DAVISON et al., 2000	8	20	60,4*	357	839	640	6 km(6%) - 1 km(12%) - esteira	16,3 - 4,2	330 - 411
HEIL et al., 2001	8 - 13	Personalizado	65,4 - 57,1	366 - 321	-	-	12,5 km(2,7%) - 6,2 km(2,9%) - campo	29,6 - 15,5	-
TAN; AZIZ, 2005	8	15	58,7*	343	-	-	1,4 km(7,1%) - campo	3,5	341
ANTON et al., 2007	18	Personalizado	-	490	-	-	6,7 km(6%) - campo	18,6	-
COSTA et al., 2011	15	30	58,2	376	-	-	10 km(2,7%) - campo	22,9	276
NIMMERICHTER et al., 2012	17	25	58,6	392	-	-	~7 km (8,5%) - campo	20 fixos	308

TEI: teste de esforço incremental; VO_{2pico}: pico do consumo de oxigênio; P_{max}: potência aeróbia máxima em TEI; Win_{pico}: pico de potência em teste Wingate; Win_{med}: potência média em teste Wingate; CR: contra-relógio; P_{med}: potência média em CR. *Estimado a partir dos valores absolutos e peso médio da amostra.

1.2 DESEMPENHO EM TESTE DE CAMPO

Tradicionalmente, a cicloergometria de membros inferiores vem sendo utilizada de maneira diversificada na fisiologia do esforço (BURNS et al., 2014; DRISS; VANDEWALLE, 2013; HANSEN et al., 1988; MACINTOSH; NEPTUNE; HORTON, 2000; WASSERMAN; VAN KESSEL; BURTON, 1967). A simplicidade em quantificar a carga de trabalho e a facilidade em realizar diversas medidas durante a prática do exercício físico, incluindo aquelas invasivas, são fatores que justificam a preferência por esta modalidade de exercício em boa parte dos estudos. Este fato, sem dúvida, vem contribuindo para a produção de conhecimentos aplicáveis ao ciclismo ao longo dos anos, como no caso de novas estratégias de treinamento que beneficiam tanto pacientes em reabilitação quanto atletas (e.g. pedalada unilateral com contrapeso (ABBISS et al., 2011; BURNS et al., 2014)).

Apesar de tudo, foram nos últimos anos que realmente se abriram novas perspectivas científicas para o ciclismo. Com a popularização dos *powermeters*, possibilitou-se o monitoramento instantâneo e preciso da intensidade do exercício, permitindo a caracterização do desempenho competitivo e estabelecendo valores normativos para os diferentes tipos de provas (BROKER; KYLE; BURKE, 1999; EBERT et al., 2005; EBERT et al., 2006; GARDNER et al., 2005; HURST; ATKINS, 2006; JEUKENDRUP et al., 2000; MENASPÀ et al., 2013; RYLANDS et al., 2013; STAPELFELDT et al., 2004; VOGT et al., 2006; VOGT et al., 2008; VOGT; SCHUMACHER; BLUM; et al., 2007; VOGT; SCHUMACHER; ROECKER; et al., 2007). Por conseguinte, ampliou-se o entendimento de cada disciplina e é notório o aumento da frequência com que diversas revisões de literatura abrangentes têm sido publicadas (ABBISS; LAURSEN, 2005; ATKINSON et al., 2003; CRAIG; NORTON, 2001; FARIA; PARKER; FARIA, 2005a; FARIA et al., 2005b; IMPELLIZZERI; MARCORA, 2007; JEUKENDRUP et al., 2000; JEUKENDRUP; MARTIN, 2001; JOBSON et al., 2009; LUCIA et al., 2001). Este crescente interesse acadêmico culminou, inclusive, no surgimento de um periódico científico de acesso livre, especializado em ciência do ciclismo (ZABALA; ATKINSON, 2012).

Ainda que o corpo de conhecimentos científicos esteja em plena ascensão, permanece limitado o número de pesquisas que verificaram o efeito de diferentes intervenções experimentais no desempenho ciclístico por meio de testes de campo (HAILES, 2006; KLIKA et al., 2007; NIMMERLICHTER et al., 2012; RACINAIS et al.,

2014). Mediante a esta constatação, levantam-se questionamentos a respeito da validade ecológica dos estudos já publicados e recomendam-se ressalvas quanto à aplicabilidade simples e direta das conclusões reportadas, tendo em vista que a interação atleta/bicicleta difere sobremaneira da interação atleta/cicloergômetro (BERTUCCI et al., 2012; BERTUCCI; GRAPPE; GROSLAMBERT, 2007; BERTUCCI; TAIAR; GRAPPE, 2005; BLAKE; WAKELING, 2012).

No contexto da prática desportiva, um teste de campo válido e confiável é sempre atraente a atletas e treinadores. A maior especificidade e a facilidade em inseri-lo na rotina de treinamento representam vantagens substanciais em relação aos testes laboratoriais, muitas vezes caros e, às vezes, invasivos. Entretanto, em pesquisas, especialmente quando o desenho experimental e as questões logísticas não permitem que os participantes sejam avaliados em uma mesma ocasião, o ambiente externo impõe desafio extra aos estudiosos, dada a influência da variação climática no desempenho (NIMMO, 2004; NYBO; RASMUSSEN; SAWKA, 2014). De todo modo, é possível que a escassez de protocolos (GONZALEZ-HARO et al., 2007; LEGER; THIBAUT; GODE, 1982; NIMMERICHTER et al., 2010; PADILLA et al., 1996), reprodutíveis e validados para diferentes populações de ciclistas, também seja um motivo para a escolha de testes de desempenho em laboratório.

Visando atender as demandas do ciclismo competitivo, Nimmerichter et al. (2010) examinaram a reprodutibilidade e a validade de um teste CR em campo. Ciclistas de alto nível competitivo puderam escolher entre dez diferentes percursos com gradiente de inclinação inferior a 0,5%. Eles foram orientados a cobrir a maior distância possível durante 20 min e tiveram acesso somente ao tempo decorrido. A potência gerada foi registrada por meio de *powermeters*. Notavelmente, a potência média produzida no CR (P_{med}) concordou absolutamente com a potência correspondente ao ponto de compensação respiratória (PCR), verificada em TEI. Além disso, a comparação teste-reteste demonstrou alta reprodutibilidade dos dados.

Embora este estudo tenha sido realizado exclusivamente com ciclistas de elite, os resultados obtidos demonstram potencial de maior aplicação deste teste na prática e em pesquisas de caráter diverso. O tempo fixo de exercício e a precisão previamente reportada dos atuais *powermeters* (ABBISS et al., 2009; BERTUCCI; DUC; et al., 2005; GARDNER et al., 2004; PATON; HOPKINS, 2006) atribuem poder de comparabilidade dos dados de um mesmo ciclista e entre ciclistas de

diferentes calibres. Todavia, para que se torne universalmente aceito por treinadores e pela comunidade científica, é imperativo ampliar sua validade externa. Estudos prévios sugerem que, em subidas, a P_{med} é superior, independente do tempo de esforço fixado (BOUILLIOD et al., 2014; NIMMERICHTER et al., 2012). Portanto, é necessário elucidar a influência de fatores, como o percurso (plano, inclinado) e as características dos participantes (aptidão e experiência prévia – em treinamento e em situações de CR), na robustez da relação entre P_{med} e variáveis fisiológicas identificadas em laboratório.

1.3 PACING E DESEMPENHO

Em busca do melhor resultado possível em competições, é fundamental que os atletas saibam utilizar seus recursos energéticos de maneira eficiente. A variação da velocidade (intensidade) ao longo de uma prova, de modo a regular a taxa de dispêndio energético, é definida como *pacing* (ABBISS; LAURSEN, 2008; DE KONING; BOBBERT; FOSTER, 1999; ROELANDS et al., 2013) e a escolha tática prévia do atleta, estratégia de *pacing* (ROELANDS et al., 2013). A literatura sugere basicamente cinco tipos de *pacing*: positivo, negativo, uniforme, parabólico e variável (ABBISS; LAURSEN, 2008). Um perfil positivo requer alta velocidade (ou potência) no início do exercício e conseqüente queda no ritmo até o final. Um perfil negativo requer o contrário, que a segunda metade do tempo de exercício seja de maior intensidade que a primeira. Um perfil uniforme representa uma distribuição do trabalho relativamente linear ao longo do trajeto. Já os perfis parabólicos podem ser, grosso modo, definidos em formato de “U”, “J” e “J” reverso (Figura 1), quando o atleta inicia o exercício em ritmo forte, diminui progressivamente e torna a aumentar próximo ao final. E por fim, um perfil variável diz respeito ao ritmo variado ao longo do percurso, geralmente devido à influência das características geográficas, vento e temperatura, ou de aspectos táticos.

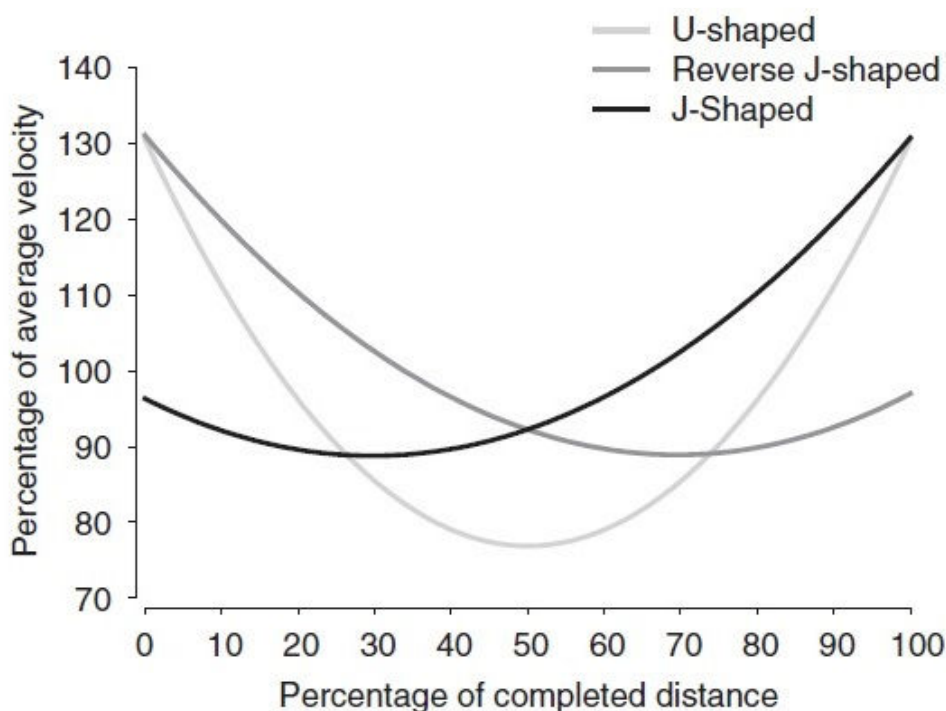


Figura 1 – Exemplos de perfis de *pacing* parabólicos, em formato de “U”, “J” e “J” reverso (ABBISS; LAURSEN, 2008).

No ciclismo, o *pacing* em competições costuma ser variável. Principalmente as mudanças no gradiente de inclinação e na direção do vento conferem maior importância à manutenção da velocidade constante ao invés do esforço ou potência produzida (ATKINSON; BRUNSKILL, 2000; ATKINSON; PEACOCK; LAW, 2007; ATKINSON; PEACOCK; PASSFIELD, 2007; BOSWELL, 2012; CANGLEY et al., 2011; MARTIN et al., 1998). Além disso, em velocidades acima de 30 km.h^{-1} , a maior parte das forças resistivas ao movimento é atribuída à resistência do ar (DI PRAMPERO, 2000). Assim, em provas de largada em massa, os ciclistas frequentemente se orientam em função das ações dos adversários e dos colegas de equipe, uma vez que, na maior parte do tempo, a prioridade é manter-se junto ao pelotão. Ao contrário, as provas de CR normalmente são realizadas em percursos planos ou em subidas de gradiente de inclinação relativamente constante. Os atletas largam separadamente e o objetivo é percorrer o percurso no menor tempo possível. Nestas situações torna-se mais importante o monitoramento da potência produzida através de *powermeters* já que o *pacing* adotado é considerado determinante para o resultado final (ABBISS; LAURSEN, 2008; ATKINSON et al., 2003; ATKINSON; PEACOCK; ST CLAIR GIBSON; et al., 2007).

Em eventos de longa duração (>4 min), costuma-se assumir que uma distribuição uniforme do trabalho seja a tática adequada para um desempenho ótimo (ATKINSON; PEACOCK; ST CLAIR GIBSON; et al., 2007; FOSTER et al., 1993; GORDON, 2005; PADILLA et al., 2000; THOMPSON et al., 2003). Entretanto, verifica-se que nem sempre esta é a escolha dos atletas (ALBERTUS et al., 2005; ATKINSON; BRUNSKILL, 2000; ATKINSON; PEACOCK; LAW, 2007; BILLAT et al., 2006; CORBETT, 2009; GARLAND, 2005; HAM; KNEZ, 2009; KENEFICK et al., 2002; MATTERN et al., 2001; MUEHLBAUER; MELGES, 2011; NIKOLOPOULOS; ARKINSTALL; HAWLEY, 2001; NIMMERICHTER et al., 2010; THOMAS et al., 2012a;2012b; TUCKER, R.; LAMBERT; NOAKES, 2006) e, especialmente em situações de CR, ciclistas costumam pedalar em potências mais altas no início do trajeto comparado à média total do exercício (ALBERTUS et al., 2005; ATKINSON; BRUNSKILL, 2000; ATKINSON; PEACOCK; LAW, 2007; HAM; KNEZ, 2009; KENEFICK et al., 2002; MATTERN et al., 2001; NIKOLOPOULOS et al., 2001; NIMMERICHTER et al., 2010; THOMAS et al., 2012a;2012b). Os poucos estudos que analisaram a eficácia de um *pacing* uniforme, tanto na *performance* quanto em variáveis perceptuais e metabólicas, demonstraram resultados conflitantes (BILLAT et al., 2006; HAM; KNEZ, 2009; LANDER; BUTTERLY; EDWARDS, 2009; THOMAS et al., 2013; THOMAS et al., 2012a). Recentemente, Thomas et al. (2013) elaboraram um elegante experimento, ao cercar as limitações dos estudos prévios, para o esclarecimento desta questão. Foi demonstrado que, em CR de aproximadamente 30 min, um *pacing* em perfil parabólico é menos exigente fisiologicamente em relação ao perfil uniforme. Adicionalmente, observou-se que sua eficácia se dava em função da magnitude dos esforços no início do exercício, corroborando a noção de que largadas muito agressivas ou muito lentas são prejudiciais ao desempenho final (CORBETT, 2009; FUKUBA; WHIPP, 1999; GOSZTYLA et al., 2006; HAM; KNEZ, 2009; MATTERN et al., 2001).

Apesar dos resultados de Thomas et al. (2013) terem esclarecido uma relevante controvérsia entre teoria e prática, novas questões se abriram. Nimmerichter et al. (2010) demonstraram que em 20 min de CR em campo, percurso plano, ciclistas competitivos adotaram *pacing* parabólico em formato de “U”, sem diferença significativa entre as potências do primeiro e último minuto. Em seguida, o mesmo grupo aplicou este protocolo em aclave e constatou que a P_{med} era superior em 4,4 e 6,3%, pré e pós-treinamento, respectivamente (NIMMERICHTER et al.,

2012), embora a distribuição da potência não tenha sido demonstrada. Consequentemente, não é possível saber se existe relação entre a amplitude desta diferença e a distribuição da potência ao longo de CR realizados no plano e em subidas. Considerando que atletas de diferentes níveis de desempenho (ABBISS; ROSS; et al., 2013; LIMA-SILVA et al., 2010) e experiência (GREEN et al., 2010) exibem perfis de *pacing* distintos, é possível que as discrepâncias pré e pós-treinamento (NIMMERICHTER et al., 2012) reflitam a influência do próprio treinamento (KENNEDY; BELL, 2003) e/ou o efeito da familiarização ao protocolo (HOPKINS, W. G.; SCHABORT; HAWLEY, 2001). Assim, é necessária a descrição da distribuição da potência em subidas e a verificação da sua reprodutibilidade em um segundo teste, especialmente após algum tempo de treinamento. Tendo em vista que diferenças sutis na potência produzida, durante os primeiros minutos de CR, determinam a eficácia do *pacing* (HAM; KNEZ, 2009; MATTERN et al., 2001; THOMAS et al., 2013), compreender os fatores que o influenciam, é, portanto, fundamental para avaliar a confiabilidade deste protocolo.

2 OBJETIVOS

- Identificar as variáveis laboratoriais preditoras do desempenho em teste contra-relógio de 20 minutos em subida.
- Verificar o nível de concordância entre a potência média produzida no contra-relógio e a potência correspondente ao ponto de compensação respiratória, identificada em teste de esforço incremental.
- Descrever o *pacing* utilizada pelos ciclistas no primeiro teste, e compará-la a um segundo, realizado após 5 semanas de treinamento não supervisionado.

3 MÉTODOS

3.1 PARTICIPANTES

A amostra deste estudo foi do tipo não probabilística intencional. Participaram 15 ciclistas, sendo 1 do sexo feminino (idade: $30,8 \pm 4,8$ anos; estatura: $176,5 \pm 8,0$ cm; massa corporal: $78,9 \pm 14,5$ kg; média \pm desvio padrão), moderadamente treinados, com pelo menos 2 anos de prática, frequência mínima de 4 sessões e volume semanal de treinamento de pelo menos 7 horas. Explicações verbais e por escrito foram fornecidas previamente a cada participante. Conscientes da intensidade de exercício requerida e do tempo necessário ao cumprimento de todo o protocolo experimental, os ciclistas manifestaram concordância de participação através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme determinação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

3.2 DESIGN DO ESTUDO

Uma visão esquemática do *design* do estudo é exibida na figura 2. Primeiramente, os participantes compareceram ao Laboratório de Avaliação Motora (LAM) para realização da avaliação antropométrica e do teste anaeróbio Wingate (Win). Em uma segunda visita, eles foram submetidos ao TEI. No terceiro encontro, os participantes foram instruídos e, em seguida, o grupo (pesquisadores e voluntário) se dirigia ao local destinado à realização do teste CR em campo. Após 5 semanas dos primeiros testes, 10 dos 15 voluntários realizaram um segundo CR, com o objetivo de comparar o *pacing* adotado. Neste período eles continuaram treinando normalmente, sem supervisão dos pesquisadores. Os ciclistas foram solicitados a evitar exercícios vigorosos, consumo de álcool e cafeína nas 24 horas e qualquer tipo de alimento nas 2 horas precedentes às avaliações. Os testes iniciais foram separados por pelo menos 48 horas.

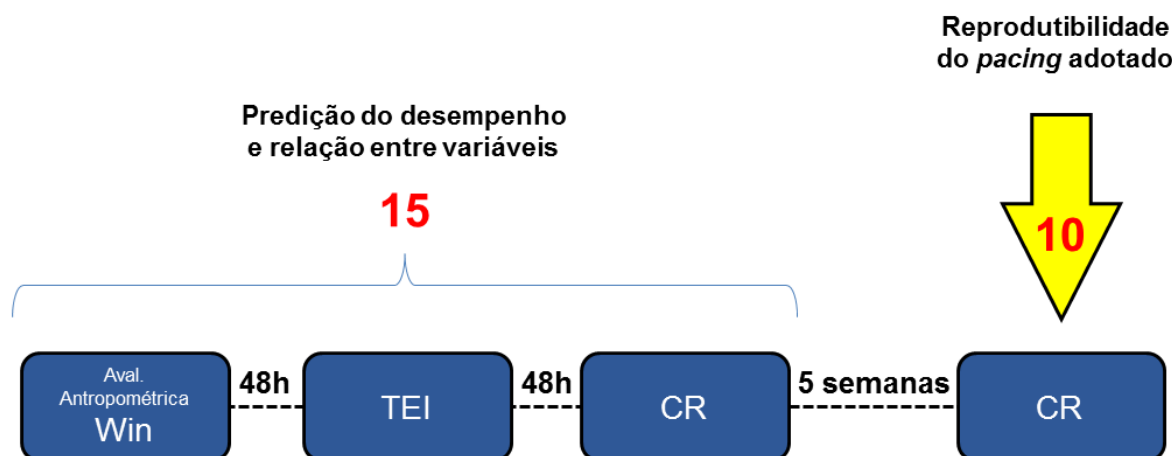


Figura 2 – *Design* do estudo. Win: teste anaeróbio Wingate; TEI: teste de esforço incremental; CR: contra-relógio.

3.3 PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTAÇÃO

3.3.1 Avaliação antropométrica

Para determinação do peso corporal, foi utilizada uma balança eletrônica (ID1500, Filizola, São Paulo, Brasil), com precisão de até 100g. A estatura foi medida por meio de um estadiômetro (W200/5, Welmy, Santa Bárbara d'Oeste, Brasil) com precisão de até 0,1 cm. Os indivíduos foram avaliados descalços e vestindo apenas a bermuda de ciclismo.

3.3.2 Teste anaeróbio Wingate

O Win (BAR-OR; DOTAN; INBAR, 1977) foi conduzido em um cicloergômetro de frenagem mecânica (Biotec2100, Cefise, Nova Odessa, Brasil), adaptado com pedais de encaixe e *powermeter* (SRM, Jülich, Alemanha). Os ciclistas iniciavam um *sprint* em cadência máxima por 1 segundo, sem carga, e imediatamente uma resistência correspondente a 0,075 por kg de massa corporal era aplicada. Eles continuavam pedalando em esforço máximo por 30 s, sentados, sob auxílio de vigorosos incentivos verbais. Inicialmente, os ciclistas aqueciam por 10 min em intensidade auto selecionada e, aos 5 min, realizavam um *sprint* de 5 s para familiarização, seguindo os mesmos procedimentos do teste propriamente dito. O

pico de potência anaeróbia ($W_{in_{pico}}$) foi considerado a maior potência média em intervalo de 5 s, e a capacidade anaeróbia ($W_{in_{med}}$) foi definida como a potência média gerada durante os 30 s do teste (BENEKE et al., 2002).

3.3.3 Teste de esforço incremental

O TEI foi realizado utilizando-se a bicicleta de cada ciclista acoplada a um ciclo-simulador (Computrainer ProLab, RacerMate, Seattle, Estados Unidos). Para maior precisão na obtenção dos dados, a roda original das bicicletas era substituída por uma equipada com *powermeter* (PowerTap, Saris, Madison, Estados Unidos). O protocolo escolhido consistia de carga inicial de 70 W e incrementos de $25 \text{ W}\cdot\text{min}^{-1}$ até a exaustão, semelhante à Nimmerichter et al. (2010). Todos os indivíduos receberam vigoroso encorajamento verbal e a exaustão foi definida como o momento em que o indivíduo não era capaz de manter uma cadência mínima de $70 \text{ rot}\cdot\text{min}^{-1}$, extrapolando esse limite por mais de 5 s (LUCIA et al., 2004). A potência aeróbia máxima (P_{max}) foi considerada a maior potência média em intervalo 1 min (BALMER et al., 2000; SMITH, 2008).

O consumo de oxigênio (VO_2) foi medido respiração a respiração, continuamente por todo o teste, via espirometria de circuito aberto (K4b², Cosmed, Roma, Itália) (para precisão e confiabilidade deste instrumento, consultar Duffield et al. (2004)). Antes de cada teste, foram realizados os seguintes procedimentos: calibração dos sistemas de análise, usando o ar ambiente e uma amostra de gás com concentrações conhecidas de O_2 e CO_2 ; calibração da turbina bidirecional (medidor de fluxo), usando uma seringa de 3 L (Cosmed, Roma, Itália); e calibração do atraso no transporte dos gases, entre o bocal e o sensor, e quanto ao tempo de leitura dos analisadores. Os dados obtidos foram filtrados em médias de 30 s e o pico do consumo de oxigênio ($VO_{2_{pico}}$) foi considerado a maior média registrada ao longo do teste. O limiar ventilatório (LV) foi identificado a partir dos seguintes critérios: (1) aumento no equivalente ventilatório de O_2 (VE/VO_2), que se mantinha constante ou vinha diminuindo, concomitante à constância ou queda do equivalente ventilatório de CO_2 (VE/VCO_2); (2) aumento da pressão expiratória final de O_2 ($P_{EF}O_2$), que vinha diminuindo ou se mantinha constante, concomitante ao aumento sutil ou constância da pressão expiratória final de CO_2 ($P_{EF}CO_2$); (3) aumento da inclinação da curva entre a razão de troca respiratória (R) e trabalho, que se

mantinha constante ou vinha aumentando sutilmente (WASSERMAN, 1987; WASSERMAN et al., 2012). Já o PCR foi determinado a partir dos critérios: (1) aumento de ambos, VE/VO_2 e VE/VCO_2 ; (2) declínio da $P_{EF}CO_2$, que vinha aumentando sutilmente ou se mantinha constante; (3) segundo aumento de inclinação da curva entre ventilação pulmonar (VE) e trabalho (WASSERMAN, 1987; WASSERMAN et al., 2012) (Figura 3). A frequência cardíaca (FC) foi monitorada por todo teste utilizando um cardiofrequencímetro (RS800CX, Polar Electro, Kempele, Finlândia). A percepção do esforço (PE) foi registrada durante os últimos 10 s de cada estágio e após o final do teste, usando a escala de Borg de 6 a 20 (BORG, 1982).

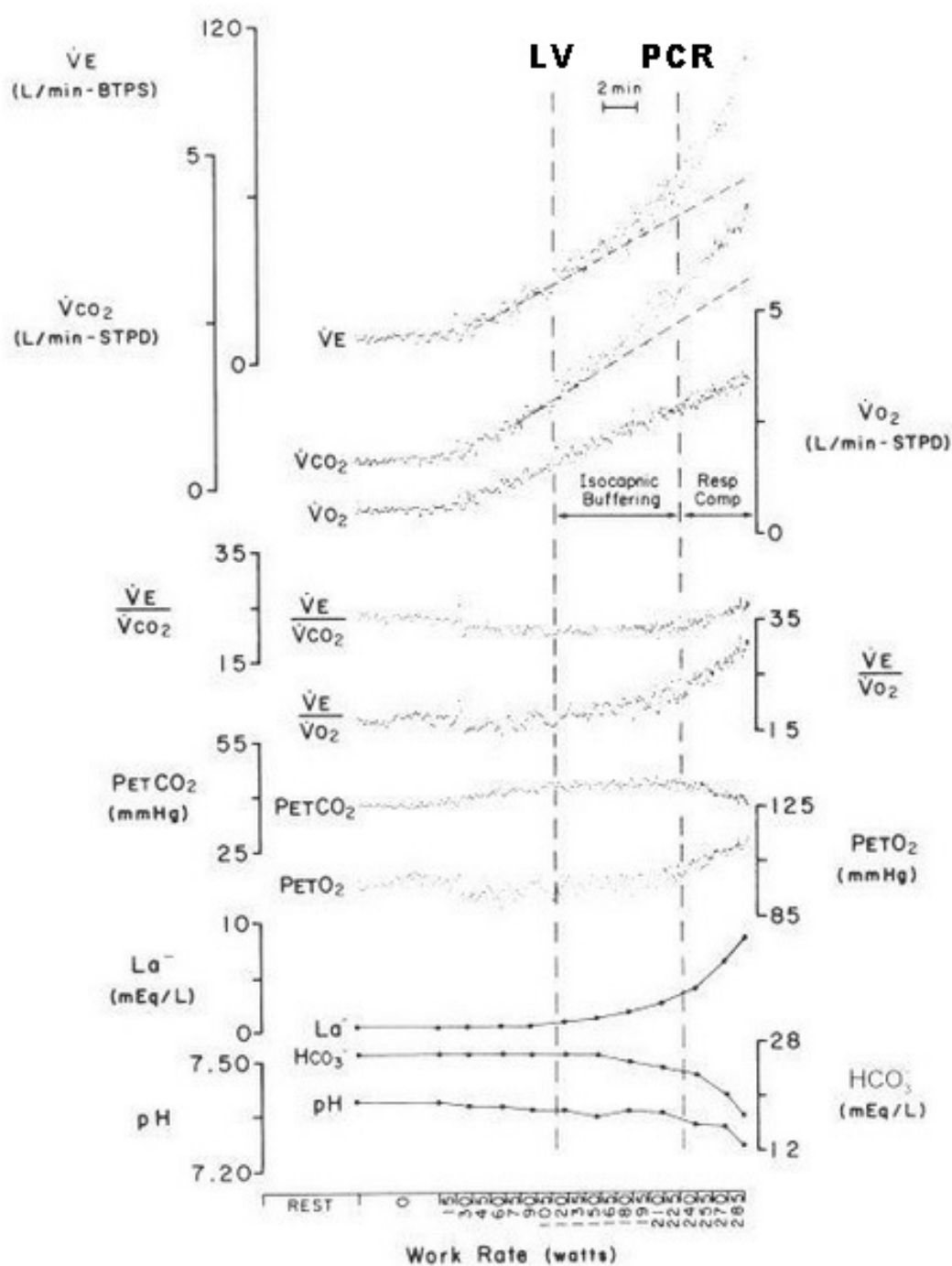


Figura 3 – Ilustração do procedimento de identificação do limiar ventilatório (LV) e do ponto de compensação respiratória (PCR) em teste de esforço incremental com estágios de 1 min. Adaptado de Wasserman et al. (2012).

3.3.4 Teste contra-relógio de 20 min em subida

Este protocolo foi adaptado de Nimmerichter et al. (2010). Em suas próprias bicicletas, utilizando a mesma roda do TEI (equipada com *powermeter*), os ciclistas

foram orientados a cobrir a maior distância possível durante 20 min de CR visualizando apenas o tempo decorrido. O percurso escolhido consiste de 10 km em subida, com gradiente de inclinação médio de 2,7%, sendo o mesmo utilizado por Costa et al. (2011) (Figura 4). Anteriormente, os ciclistas aqueciam por aproximadamente 20 min em intensidade auto selecionada e, durante o CR, eles foram supervisionados e incentivados verbalmente. Pedalar em pé e o consumo livre de água foram permitidos. A frequência cardíaca foi monitorada por todo teste utilizando o mesmo cardiofrequencímetro do TEI.

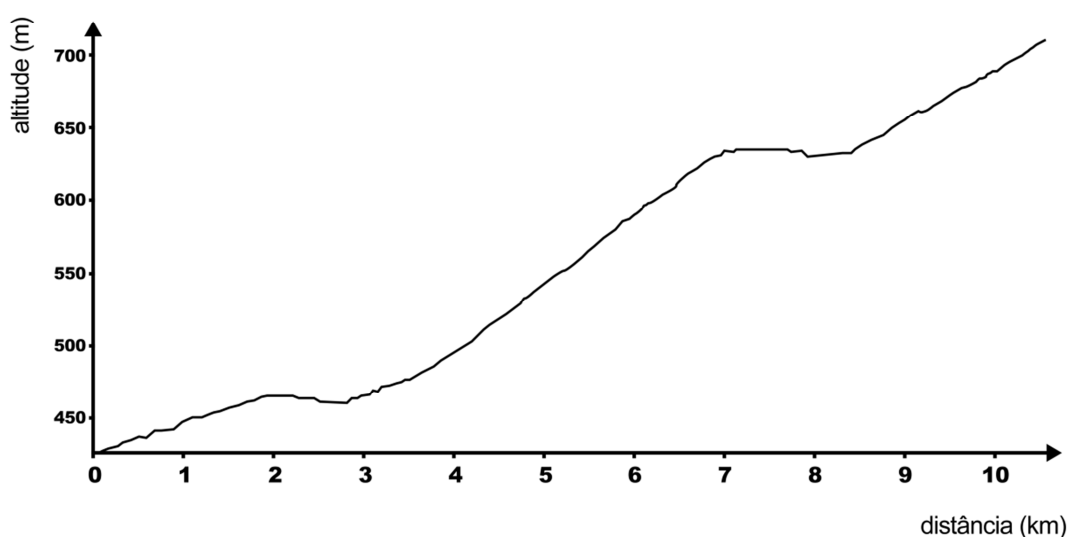


Figura 4 – Altimetria do percurso escolhido para a realização do teste contra-relógio.

Os ergômetros e os *powermeters* utilizados foram calibrados seguindo as instruções dos fabricantes antes do início de cada procedimento. Os dados fornecidos pelos *powermeters* foram registrados em taxa de 1 Hz por um ciclocomputador (Edge 510, Garmin, Olathe, Estados Unidos) e posteriormente acessados por meio do software especializado (WKO+ 3.0, Peakware, Boulder, Estados Unidos).

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados descritivos estão apresentados em média \pm desvio padrão. O pressuposto de normalidade dos dados foi verificado visualmente por meio de diagramas de normalidade e o teste Shapiro-Wilk. A correlação produto-momento de

Pearson (r) foi utilizada para determinar a relação entre cada variável laboratorial e o desempenho quantificado a partir da P_{med} . A análise de regressão linear múltipla *stepwise* foi utilizada para prever a P_{med} . Diagramas de Bland-Altman e 95% dos limites de concordância foram aplicados para avaliar a concordância entre a P_{med} e o PCR (BLAND; ALTMAN, 1986). Para quantificação do viés e o erro aleatório em valores percentuais, os dados foram previamente transformados em escala logarítmica (HOPKINS, W. G., 2000a). Adicionalmente utilizou-se o erro típico de estimativa juntamente à 95% do intervalo de confiança (IC) para descrever a acurácia preditiva entre P_{med} e PCR. Para análise do *pacing* adotado no CR e sua reprodutibilidade, assumiu-se curva de distribuição da potência em formato parabólico e determinou-se 3 intervalos de tempo em acordo ao padrão comumente observado na literatura: 0-2; 2-18; 18-20 min (*i.e.* 0-10; 10-90; 90-100%) (ROELANDS et al., 2013). Inicialmente, a potência média produzida de cada intervalo foi normalizada percentualmente em função da P_{med} . Em seguida a diferença entre as médias foi verificada a partir da ANOVA *two-way* (CR X tempo) para medidas repetidas com correção de Bonferroni para as comparações aos pares. O pressuposto de esfericidade foi verificado usando o teste de Mauchly. A reprodutibilidade do *pacing* foi também descrita utilizando o coeficiente de variação dos dados transformados em escala logarítmica, juntamente a 95% do IC. A diferença na P_{med} entre as duas sessões de CR foi verificada através do teste-*t* pareado. Significância estatística (Sig.) foi assumida quando o valor de p era inferior a 0,05. Para as análises, utilizou-se o pacote estatístico SPSS (versão 20.0, IBM, Armonk, Estados Unidos) e planilhas (Excel 2010, Microsoft, Redmond, Estados Unidos) publicadas online (HOPKINS, W. G., 2000b).

4 RESULTADOS

As tabelas 2, 3 e 4 descrevem, respectivamente, as variáveis laboratoriais identificadas no Win e no TEI. Já a tabela 5 descreve as variáveis obtidas no primeiro teste CR de 20 min em subida.

Tabela 2 – Resultados obtidos no teste anaeróbio Wingate ($n = 15$).

Win _{pico} (W)	906±146
Win _{med} (W)	674±97
Win _{pico} (W.kg ⁻¹)	11,55±0,98
Win _{med} (W.kg ⁻¹)	8,63±0,83

Win_{pico}: pico de potência em teste Wingate;
Win_{med}: potência média em teste Wingate

Tabela 3 – Variáveis máximas obtidas no teste de esforço incremental ($n = 15$).

P _{max} (W)	341±42
P _{max} (W.kg ⁻¹)	4,38±0,49
VO _{2pico} (L.min ⁻¹)	4,37±0,68
VO _{2pico} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	56,1±7,7
FC _{pico} (b.min ⁻¹)	185±6
R _{pico}	1,15±0,07
PE _{pico}	19,1±0,6

P_{max}: potência aeróbia máxima em teste de esforço incremental; VO_{2pico}: pico do consumo de oxigênio; FC_{pico}: pico da frequência cardíaca; R_{pico}: pico da razão de troca respiratória; PE_{pico}: pico da percepção do esforço.

Tabela 4 – Variáveis submáximas obtidas no teste de esforço incremental ($n = 15$).

PCR (W)	276±43
PCR ($W.kg^{-1}$)	3,58±0,64
PCR _{FC}	169±7
LV (W)	174±29
LV ($W.kg^{-1}$)	2,27±0,49
LV _{FC}	139±13

PCR: ponto de compensação respiratória; PCR_{FC}: frequência cardíaca referente ao PCR; LV: limiar ventilatório; LV_{FC}: frequência cardíaca referente ao LV.

Tabela 5 – Resultados obtidos no primeiro teste contra-relógio de 20 min ($n = 15$).

Distância (m)	8164±896
P _{med} (W)	293±48
P _{med} ($W.kg^{-1}$)	3,75±0,51
P _{med} (%P _{max})	85,6±5,6
Cadência ($rot.min^{-1}$)	81±5
FC _{med} ($b.min^{-1}$)	180±7

P_{med}: potência média em contra-relógio; P_{max}: potência aeróbia máxima em teste de esforço incremental; FC_{med}: frequência cardíaca média em contra-relógio.

Observou-se alta correlação entre a distância percorrida e a P_{med} expressa em valores relativos ao peso corporal ($r = 0,92$; $p < 0,001$), mas não em relação à P_{med} expressa em valores absolutos ($r = 0,38$; $p = 0,156$). Além disso, obteve-se também, correlação significativa entre P_{med} expressa em valores absolutos e a massa corporal ($r = 0,69$; $p = 0,004$). As tabelas 6 e 7 descrevem as correlações entre as variáveis dos testes laboratoriais e o desempenho quantificado pela P_{med}.

Tabela 6 – Relação entre os resultados obtidos nos testes laboratoriais e o desempenho em contra-relógio em valores absolutos ($n = 15$).

		Win _{pico} (W)	Win _{med} (W)	P _{max} (W)	VO _{2pico} (L.min ⁻¹)	PCR (W)	LV (W)
P _{med} (W)	<i>r</i>	0,72	0,73	0,94	0,94	0,84	0,57
	Sig.	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,027

P_{med}: potência média em contra-relógio; Win_{pico}: pico de potência em teste Wingate; Win_{med}: potência média em teste Wingate; P_{max}: potência aeróbia máxima em teste de esforço incremental; VO_{2pico}: pico do consumo de oxigênio; PCR: ponto de compensação respiratória; LV: limiar ventilatório.

Tabela 7 – Relação entre os resultados obtidos nos testes laboratoriais e o desempenho em contra-relógio em valores relativos ($n = 15$).

		Win _{pico} (W.kg ⁻¹)	Win _{med} (W.kg ⁻¹)	P _{max} (W.kg ⁻¹)	VO _{2pico} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	PCR (W.kg ⁻¹)	LV (W.kg ⁻¹)
P _{med} (W.kg ⁻¹)	<i>r</i>	0,40	0,52	0,85	0,92	0,84	0,71
	Sig.	0,133	0,043	0,001	0,001	0,001	0,003

P_{med}: potência média em contra-relógio; Win_{pico}: pico de potência em teste Wingate; Win_{med}: potência média em teste Wingate; P_{max}: potência aeróbia máxima em teste de esforço incremental; VO_{2pico}: pico do consumo de oxigênio; PCR: ponto de compensação respiratória; LV: limiar ventilatório.

Em acordo aos modelos teóricos de desempenho nos esportes de *endurance* (DI PRAMPERO, 2003; JOYNER; COYLE, 2008) e em função do grau e significância das correlações entre P_{med} e as variáveis independentes, foram incluídas no procedimento de análise de regressão: VO_{2pico}, P_{max}, PCR e Win_{med}. Ao considerar os dados expressos em unidades absolutas, a análise de regressão linear múltipla *stepwise* produziu duas equações ($n = 15$):

$$P_{med} = 1,326 + 66,66.VO_{2pico} \quad (1)$$

(r^2 ajustado = 0,87; $p < 0,001$; $\beta_1 = 0,94$; $p < 0,001$)

$$P_{med} = -35,583 + 48,612.VO_{2pico} + 0,419.PCR \quad (2)$$

(r^2 ajustado = 0,95; $p < 0,001$; $\beta_1 = 0,68$; $p < 0,001$; $\beta_2 = 0,37$; $p = 0,001$)

Ainda que o método hierárquico tenha sido utilizado para controlar a influência da massa corporal na P_{med} , não foram obtidas melhoras no coeficiente de determinação, tampouco foram incluídas outras variáveis na equação final.

Similarmente, a inclusão das variáveis expressas em unidades relativas produziu equações parecidas, porém com coeficientes de determinação inferiores.

$$P_{med} = 0,302 + 0,061.VO_{2pico} \quad (3)$$

(r^2 ajustado = 0,83; $p < 0,001$; $\beta_1 = 0,92$; $p < 0,001$)

$$P_{med} = 0,196 + 0,043.VO_{2pico} + 0,317.PCR \quad (4)$$

(r^2 ajustado = 0,91; $p < 0,001$; $\beta_1 = 0,64$; $p < 0,001$; $\beta_2 = 0,39$; $p = 0,003$)

O diagrama de Bland-Altman entre a P_{med} e o PCR demonstrou um viés \pm erro aleatório de $16,2 \pm 51,8$ W ou $5,7 \pm 19,7$ % (Figura 5). O erro típico de estimativa foi de $24,4$ W (IC: $17,7 - 39,3$ W) ou 9% (IC: $6,4 - 14,9$ %).

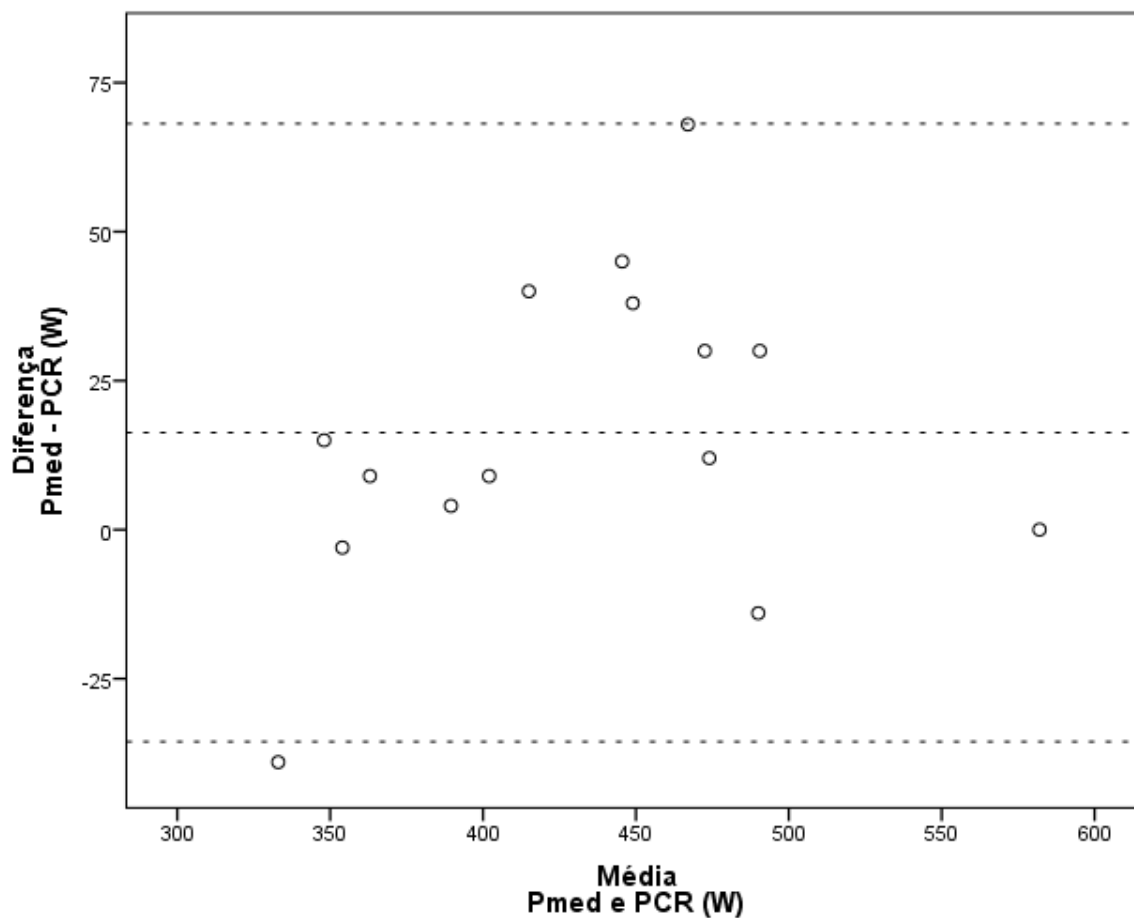


Figura 5 – Diagrama de Bland-Altman da diferença entre potência média produzida no contra-relógio e ponto de compensação respiratória vs. a média entre potência média produzida no contra-relógio e ponto de compensação respiratória ($n = 15$).

Nimmerichter et al. (2012) demonstrou que a P_{med} foi superior em aproximadamente 5,4% quando o CR era realizado em percurso de subida. Baseado neste achado, também foi analisada a concordância entre 94,6% da P_{med} ($94,6P_{med}$) e o PCR. O diagrama de Bland-Altman demonstrou um viés \pm erro aleatório de $0,4 \pm 49,7$ W ou $-0,1 \pm 19,7$ % (Figura 6).

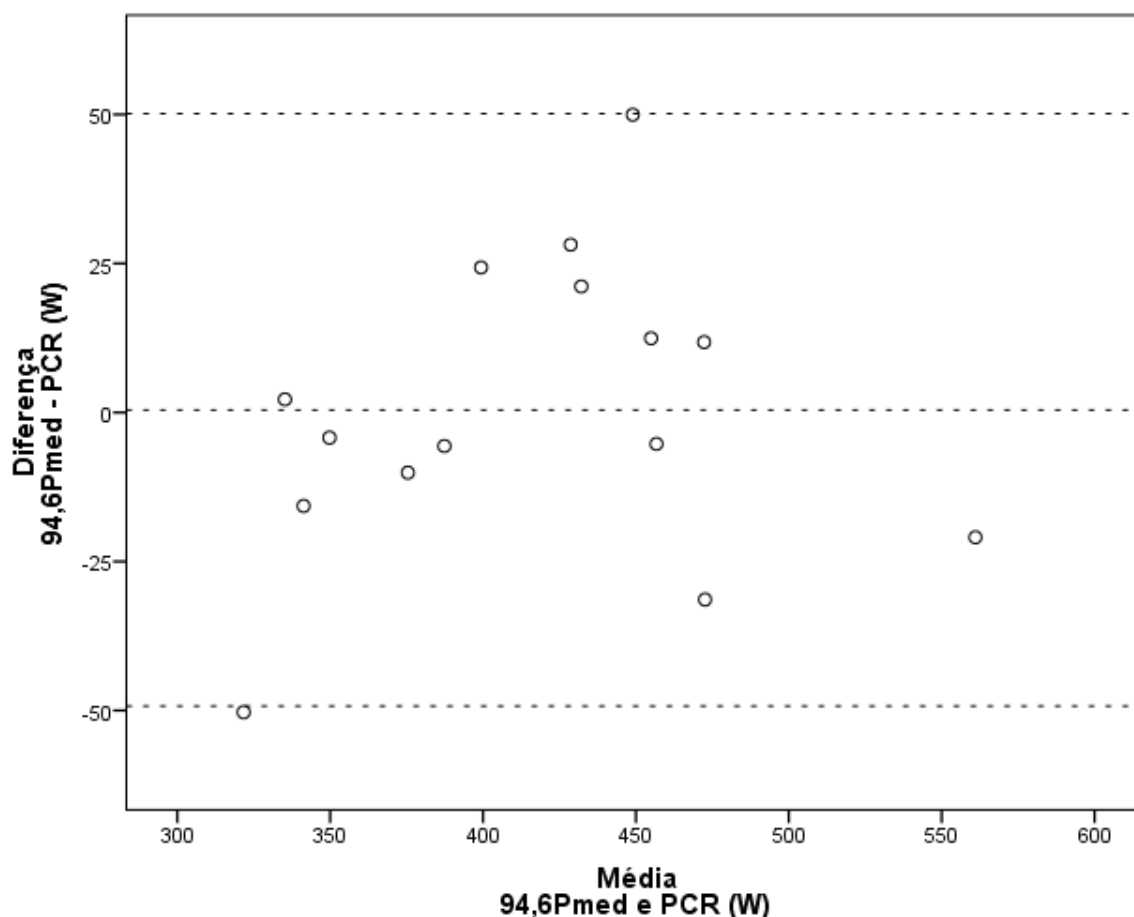


Figura 6 – Diagrama de Bland-Altman da diferença entre 94,6% da potência média produzida no contra-relógio e ponto de compensação respiratória vs. a média entre 94,6% da potência média produzida no contra-relógio e ponto de compensação respiratória ($n = 15$).

A ANOVA *two-way* (CR X tempo) para medidas repetidas revelou efeito principal dos intervalos de tempo ($F = 42,4$; $p < 0,001$) na potência média produzida em cada trecho ($122,2 \pm 10,0$; $97,8 \pm 1,2$ e $95,1 \pm 7,1\%$ para os trechos 0-2, 2-18 e 18-20 min, respectivamente). A diferença significativa encontradas na comparação aos pares evidenciou que, na média, o *padding* adotado é positivo (Figura 7). A figura 8 demonstra um perfil de potência típico ao longo do teste.

Por outro lado não foi demonstrado efeito principal do CR ($F = 3,0$; $p = 0,116$) e nem interação significativa entre o CR e os intervalos de tempo ($F = 0,7$; $p = 0,433$), sugerindo, portanto, que não houve alteração no *padding* adotado.

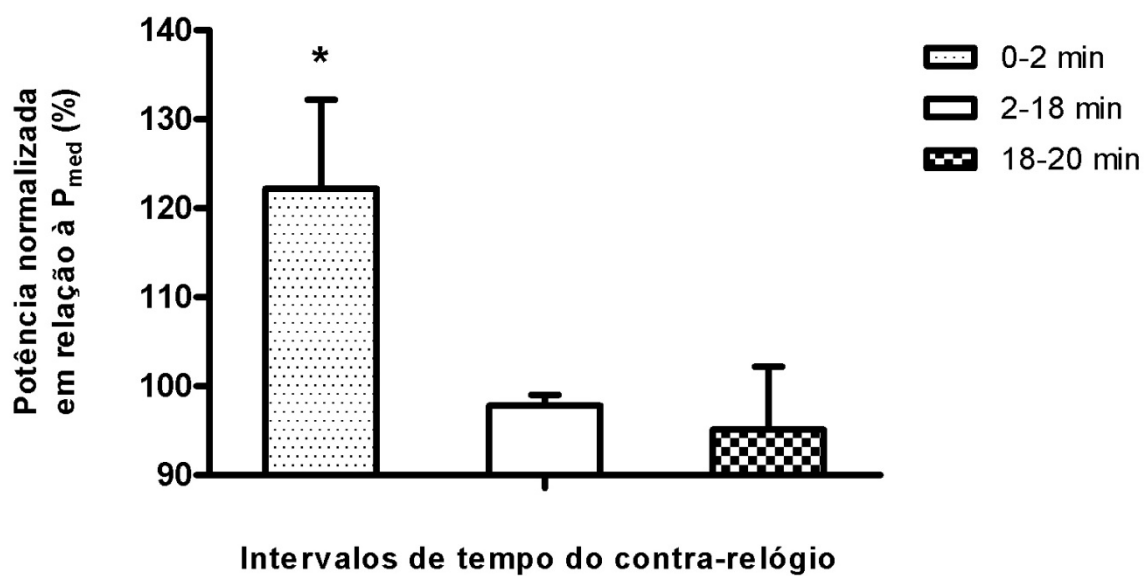


Figura 7 – Média e desvio padrão da potência média produzida em cada intervalo de tempo, normalizada percentualmente em função da potência média total produzida no contra-relógio (P_{med}) ($n = 10$). *Diferença significativa em relação aos intervalos de 2-18 e de 18-20 min.



Figura 8 – Perfil típico da potência produzida (amarelo) e da frequência cardíaca (vermelho) ao longo de um contra-relógio de 20 min realizado em subida. A linha tracejada corresponde à potência média produzida. Os dados estão apresentados em médias de 10 s.

Após o período de 5 semanas de treinamento não supervisionado, o grupo de atletas que realizou novamente o teste CR não obteve melhoras no desempenho ($t = 0,2$; $p = 0,845$; 301 ± 49 e 302 ± 52 ; primeiro e segundo CR, respectivamente) (Figura 9). A comparação do segundo CR em relação ao primeiro, quanto ao *pacing* adotado pelos ciclistas, revelou que a diferença na potência média normalizada foi de 3,33% (IC: -4,07 – 10,73 %), -0,65% (IC: -1,59 – 0,30 %) e 2,23% (IC: -1,49 – 5,95 %) para o primeiro (0-2 min), segundo (2-18 min) e terceiro (18-20 min) intervalo de tempo, respectivamente. A figura 10 exibe o coeficiente de variação das medidas transformadas em escala logarítmica.

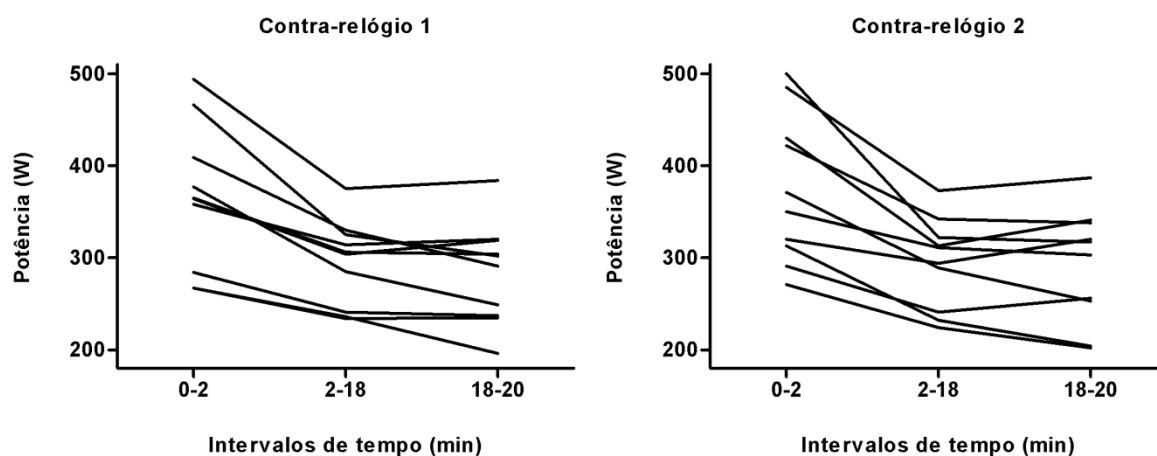


Figura 9 – Desempenho e *pacing* adotado pelos ciclistas no primeiro e no segundo CR ($n = 10$).

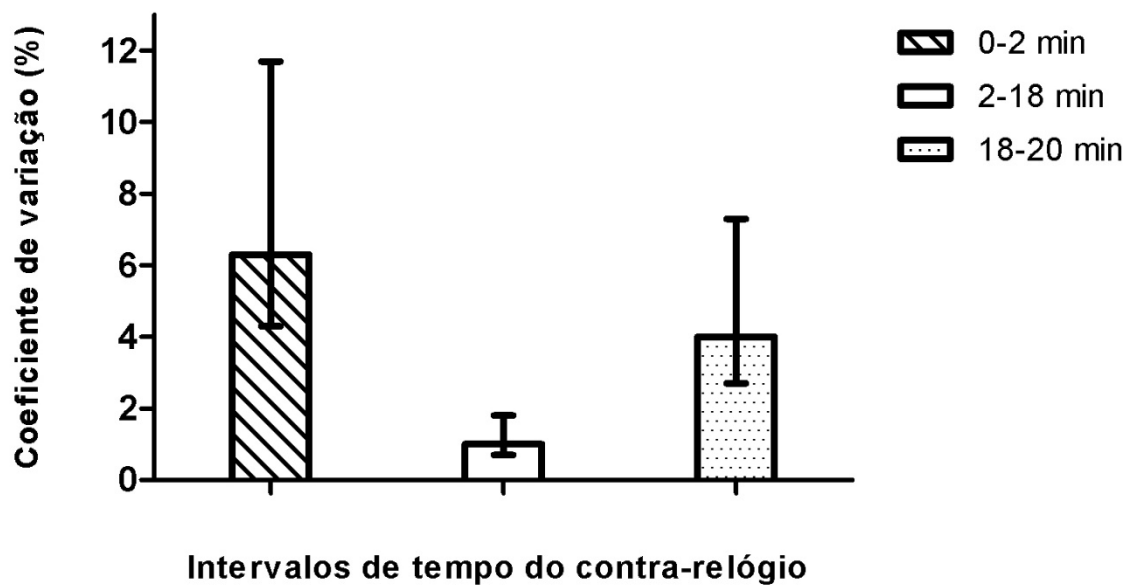


Figura 10 – Reprodutibilidade do *pacing* adotado: coeficiente de variação e 95% do intervalo de confiança da potência média produzida em cada intervalo de tempo, normalizada percentualmente em função da potência média total produzida no contra-relógio ($n = 10$).

5 DISCUSSÃO

Este estudo foi conduzido com o objetivo principal de esclarecer quais variáveis laboratoriais, representativas do metabolismo aeróbio e anaeróbio, predizem o desempenho de ciclistas em teste CR de 20 min realizado em percurso de subida. Os dados sugerem que 91% da variação no desempenho, quantificado pela P_{med} ($W.kg^{-1}$), pode ser explicada pelos parâmetros fisiológicos VO_{2pico} ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) e PCR ($W.kg^{-1}$). Adicionalmente, verificou-se que a realização do CR em aclive pressupõe um ajuste de 94,6% da P_{med} , de modo a aperfeiçoar a concordância com a potência referente ao PCR. Por fim, demonstrou-se que atletas sem experiência em CR de tempo fixo tipicamente adotam *pacing* positivo, tanto no primeiro, quanto no segundo teste. Estes resultados estendem os achados de Nimmerichter et al. (2012; 2010) ao acrescentar novas informações científicas relevantes à empregabilidade deste protocolo em diferentes contextos, seja na prática do treinamento desportivo ou no âmbito acadêmico.

Apesar das condições ambientais não terem sido controladas, dos testes terem sido realizados em horários e dias distintos e dos ciclistas terem utilizado bicicletas com componentes diversos, obteve-se alta correlação entre a distância percorrida durante os 20 min do teste e a P_{med} expressa em unidades relativas ao peso corporal ($r = 0,92$), mas não em valores absolutos ($r = 0,38$). Esta discrepância pode ser explicada pela grande influência da massa corporal no desempenho em subidas, já que nestas situações, a gravidade é a principal força resistiva a ser superada (FONDA; ŠARABON, 2012; HEIL et al., 2001; SWAIN, 1994). A alta correlação demonstrada foi similar aos estudos prévios que avaliaram, ao invés da distância, o tempo para completar um percurso em subida ($r = -0,82 - -0,95$) (COSTA et al., 2011; DAVISON et al., 2000; TAN; AZIZ, 2005). Portanto, para a comparação do desempenho entre ciclistas de diferentes dimensões corporais, é necessário que a P_{med} seja expressa em valores relativos ($W.kg^{-1}$).

Quando avaliada a relação entre as variáveis laboratoriais e a P_{med} , as correlações foram mais altas quando os dados foram expressos em valores absolutos (exceto o LV), o que também repercutiu no coeficiente de determinação das equações produzidas pela análise de regressão. A amostra da presente investigação foi composta por um grupo heterogêneo de ciclistas, no que diz respeito às características antropométricas e a distância percorrida no CR. Por

consequente, não surpreende a grande variabilidade entre os participantes quanto a P_{med} (209 – 388 W) e sua correlação significativa com a massa corporal ($r = 0,69$), como assinalado por Jeukendrup et al. (2000). Assim, o fato da maioria das variáveis laboratoriais terem se correlacionado fortemente com o desempenho, quando expressas em valores absolutos ($r = 0,57 - 0,94$), denota, na verdade, o alto grau de colinearidade entre elas e não exatamente a relação fisiológica com a P_{med} . Conseqüentemente, questiona-se também, a legitimidade das correlações apresentadas nos estudos prévios que avaliaram o desempenho em termos de P_{med} (AMANN et al., 2006; BALMER et al., 2000; BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003; BENTLEY et al., 2001; BISHOP et al., 1998; JACOBS et al., 2011; LAMBERTS et al., 2012; NIMMERICHTER et al., 2012; NIMMERICHTER et al., 2010; SMITH, 2008; TAN; AZIZ, 2005). Em exceção ao estudo de Costa et al. (2011), em nenhum deles analisou-se a correlação entre os dados expressos relativos ao peso corporal. Diante da compreensão de que o fator massa corporal dificulta a interpretação dos resultados, as informações originadas a partir das medidas expressas em unidades absolutas não serão discutidas em profundidade.

A tabela de correlações (Tabela 7) e as equações obtidas a partir da análise de regressão apontam claramente a importância do VO_{2pico} enquanto determinante primário para o desempenho. Oitenta e três por cento da variação no desempenho pôde ser atribuída à variação do VO_{2pico} entre sujeitos. O VO_{2pico} (para compreensão da escolha por este termo, consultar Day et al. (2003)) representa os limites fisiológicos integrados do coração em gerar um grande débito cardíaco, do conteúdo corporal total de hemoglobina, do fluxo sanguíneo muscular, da capacidade de utilização do oxigênio pelos músculos e, em alguns casos, da habilidade dos pulmões em oxigenar o sangue (BASSETT; HOWLEY, 2000; JOYNER; COYLE, 2008; LEVINE, 2008). Ainda que o VO_{2pico} não discrimine ciclistas entre amadores de elite e profissionais (LUCIA et al., 1999; LUCIA et al., 2002; LUCIA et al., 1998), sendo fraco preditor do desempenho em um grupo de atletas com capacidade de trabalho homogênea (BASSETT; HOWLEY, 2000; NOAKES, 2000), ele representa o limite superior para transferência de energia via metabolismo oxidativo (ROBINSON; EDWARDS; DILL, 1937; SALTIN; ASTRAND, 1967). É evidente que um ciclista de elite com VO_{2pico} de $70 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ percorrerá 10 km mais rapidamente que um ciclista amador com VO_{2pico} de $50 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. E, em conformidade com a correlação aqui demonstrada ($r = 0,92$), outras investigações

reportaram dados semelhantes. Costa et al. (2011) obtiveram correlação de 0,80 entre VO_{2pico} e P_{med} , ambos em unidades relativas ao peso corporal, utilizando o mesmo percurso deste estudo. Rollings (1995) reportou correlação negativa de 0,71 entre VO_{2pico} ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) e o tempo gasto para que os ciclistas percorressem uma subida de 2 km. Por fim, Heil et al. (2001) analisaram a correlação entre VO_{2pico} ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) e a velocidade média empregada pelos atletas em dois grupos diferentes: um percorreu toda a subida (12,5 km), e o outro, apenas metade (6,2 km). As correlações foram de 0,89 e 0,84 respectivamente.

É interessante notar que a P_{max} também se correlacionou fortemente com a P_{med} ($r = 0,85$), apesar de não ter sido incluída na fórmula produzida pelo procedimento de regressão. Este fato pode ser explicado por sua relação íntima com o VO_{2pico} (HAWLEY; NOAKES, 1992; JACOBS et al., 2011; LAMBERTS et al., 2012) não contribuindo, assim, para elevar o poder de explicação da variável dependente. A correlação entre P_{max} e a P_{med} foi previamente reportada em diversos estudos e, em concordância a esta investigação, foram obtidos r de 0,81 a 0,97 na maioria deles (AMANN et al., 2006; BALMER et al., 2000; BISHOP et al., 1998; COSTA et al., 2011; JACOBS et al., 2011; LAMBERTS et al., 2012; NIMMERICHTER et al., 2012; NIMMERICHTER et al., 2010; SMITH, 2008; TAN; AZIZ, 2005), mas não em todos ($r = 0,56$) (BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003), ($r = 0,54$) (BENTLEY et al., 2001). Além disso, chama atenção a correlação inferior entre P_{med} e P_{max} ($r = 0,85$) em comparação à P_{med} e VO_{2pico} ($r = 0,92$), contrastando ao demonstrado por Costa et al. (2011), mas em acordo com Bentley e McNaughton (2003) e Bentley et al. (2001). Tais discrepâncias, possivelmente, refletem as variações dos estudos quanto à amostra envolvida, a duração do teste CR (20 – 90 min) e, principalmente, as diferenças na P_{max} em função do TEI empregado (BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003; BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007; SMITH, 2008). A respeito, observa-se que a P_{max} é geralmente aceita como critério para classificação do potencial competitivo de ciclistas (BALMER et al., 2000; BENTLEY et al., 2007; FARIA et al., 2005b; HAWLEY; NOAKES, 1992; JEUKENDRUP et al., 2000; LAMBERTS et al., 2012), ainda que não haja normas estabelecidas para sua determinação (BENTLEY et al., 2007; FARIA et al., 2005b). Por outro lado, evidências indicam que o VO_{2pico} seja reprodutível independentemente do protocolo de teste adotado (BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003; CHIDNOK et al., 2013; HANSEN et al., 1988; MIDGLEY et al., 2008; SMITH, 2008; STRAUB et al., 2014),

justificando sua utilização, e não da P_{max} , em equações de predição do desempenho como a obtida por este estudo.

Embora o VO_{2pico} elevado seja pré-requisito básico para o sucesso em modalidades de *endurance* (BASSETT; HOWLEY, 2000; JOYNER; COYLE, 2008), ele não representa o desempenho *per se* (LEVINE, 2008). As equações 3 e 4 atestam um ganho de 8% na capacidade de predição da P_{med} quando a variável PCR é adicionada à fórmula. Em um TEI, identificam-se dois limiares ventilatórios relacionados à cinética de formação/remoção de lactato. O LV corresponde ao aumento da VE, desproporcional ao aumento do VO_2 , em função do excesso de CO_2 originado a partir do tamponamento do lactato sanguíneo via bicarbonato (HCO_3^-) (WASSERMAN, 1987; WASSERMAN et al., 2012). Já o PCR corresponde ao início da hiperventilação, sobretudo em resposta ao decréscimo do pH no sangue, a medida que se esgota a capacidade de tamponamento corporal (MEYER et al., 2004; WASSERMAN et al., 2012). Apesar de haverem controvérsias quanto à validade e reprodutibilidade destes índices (HOPKER; JOBSON; PANDIT, 2011), ou mesmo daqueles que envolvem medida direta dos níveis de lactato sanguíneo (MORTON; STANNARD; KAY, 2012), alguns estudos demonstram que a *performance* em longas distâncias está associada principalmente à tolerância à fadiga em intensidades submáximas, sem que haja o acúmulo progressivo de metabólitos (AMANN et al., 2006; BISHOP et al., 1998; HOPKINS, S. R.; MCKENZIE, 1994; JACOBS et al., 2011; LUCIA et al., 2004; LUCIA et al., 1998). Logo, as correlações significativas entre a P_{med} e ambos os limiares ventilatórios apenas confirmam os resultados destes trabalhos. A razão do PCR ter se correlacionado mais intimamente com a *performance*, em comparação ao LV, talvez possa ser explicada pelo tempo de CR, pois os valores de r obtidos foram semelhantes àqueles reportados por Nimmerichter et al. (2010). Além disso, Bentley et al. (2001) demonstraram que as variáveis preditoras da P_{med} em CR de 20 e 90 min não foram as mesmas e, curiosamente, os desempenhos em cada situação não estavam relacionados.

Ao contrário das outras variáveis, a Win_{pico} não se correlacionou significativamente com o desempenho e a Win_{med} se correlacionou apenas moderadamente. O ciclismo é uma modalidade de natureza estocástica, em que a intensidade de prova varia consideravelmente em função do terreno e da tática adotada pelos atletas e suas equipes (ABBISS; MENASPA; et al., 2013; COHEN et

al., 2013; JEUKENDRUP et al., 2000). Frequentemente, atletas profissionais geram potências próximas dos 1000 W por alguns segundos, repetidas vezes, com o objetivo de estabelecer fugas (ABBISS; MENASPA; et al., 2013). Porém, estas características não correspondem ao perfil típico de distribuição da potência em um CR (Figura 8). De modo similar, Storen et al. (2013) e Rollings (1995) não encontraram correlação significativa entre ambas as variáveis do Win e o tempo gasto pelos atletas para completar um CR de 15 km em laboratório e um CR em subida de 2 km, respectivamente. Adicionalmente, ao utilizar uma equação representando as capacidades de *endurance* aeróbia e anaeróbia, baseada no modelo proposto por di Prampero (2003), Storen et al. (2013) demonstraram que a versão da fórmula que incluía somente os parâmetros aeróbios predizia o tempo de CR com eficácia praticamente idêntica. Em conjunto, estes resultados se contrapõem, de certo modo, aos modelos teóricos de desempenho nos esportes de *endurance* (DI PRAMPERO, 2003; JOYNER; COYLE, 2008) e sugerem que novas pesquisas sejam feitas, com o objetivo de verificar a influência da *performance* anaeróbia no desempenho em testes que simulem a natureza estocástica de provas com largada em massa (ABBISS; MENASPA; et al., 2013; COHEN et al., 2013).

Ao que parece, a intensidade em um CR de 20 min é, em média, similar à que ocorre o PCR em TEI (NIMMERICHTER et al., 2010), ou ligeiramente superior, conforme sugere o viés 16,2 W (5,7%) obtido neste estudo. Quando a P_{med} foi ajustada em 94,6%, em acordo aos achados de Nimmerichter et al. (2012), o viés se reduziu para 0,4 W (-0,1%), sugerindo, indiretamente, que ciclistas são de fato capazes de realizar mais trabalho quando pedalam em aclives (BOUILLIOD et al., 2014; NIMMERICHTER et al., 2012). Somado ao erro típico de estimativa de 24,4 W (9%), estas observações suportam a validade preditiva do CR de 20 min em identificar a potência correspondente ao PCR e vice-versa (NIMMERICHTER et al., 2010), desde que se leve em conta a característica do percurso – plano ou aclive. Mesmo que o erro de 9% seja um valor aceitável, há razões para supor que essa estimativa ainda possa ser aperfeiçoada. Ciclistas de diferentes níveis competitivos apresentam distinções na cinética do VO_2 (LUCIA et al., 2002) e alguns autores argumentam que esta variável seja um importante parâmetro de determinação da tolerância ao exercício (BAILEY et al., 2010; BURNLEY; JONES, 2007; JONES; BURNLEY, 2009; LUCIA et al., 2002). Assim, é presumível que ciclistas de maior calibre sejam mais aptos a realizar um CR no limite de suas capacidades potenciais

identificadas em TEI, o que, possivelmente, refinaria a concordância entre as medidas obtidas.

Uma das mais interessantes descobertas desta pesquisa se deu a partir da normalização percentual dos dados de potência de cada intervalo de tempo, em função da P_{med} . Em contraste aos estudos que documentaram *pacing* parabólico em protocolos de CR simulado em laboratório, com distâncias de 20 (ALBERTUS et al., 2005; KENEFICK et al., 2002; MATTERN et al., 2001; THOMAS et al., 2012a;2012b), 30 (HAM; KNEZ, 2009) e 40 km (NIKOLOPOULOS et al., 2001), em CR de 20 min realizado em subida, os atletas evidenciaram perfil positivo. Este resultado também diverge dos dados apresentados por Nimmerichter et al. (2010), em que os atletas produziram potências significativamente superiores no primeiro e no último minuto do CR, mantendo intensidade uniforme durante o restante do tempo. Após 5 semanas de treinamento sem supervisão, o grupo de 10 atletas que realizou novamente o teste CR não obteve melhoras significativas no desempenho ($p = 0,845$) e a quantificação do coeficiente de variação (1,0 – 6,3 %) revelou *pacing* bastante semelhante, em acordo ao constatado por Thomas et al. (2012b), que avaliaram a reprodutibilidade da potência produzida em intervalos de 1 km, após 3 testes CR de 20 km realizados em laboratório. É possível, que os atletas deste estudo tenham falhado em selecionar estratégia de *pacing* ótima para os primeiros 2 min do CR, em que foram registradas potências equivalentes a $122,2 \pm 10,0\%$ da P_{med} . Estudos demonstram que largadas demasiadamente agressivas ($> \sim 5\% P_{med}$) são prejudiciais ao desempenho final (GOSZTYLA et al., 2006; HAM; KNEZ, 2009; MATTERN et al., 2001; THOMAS et al., 2013), pois resultam no aumento da concentração do lactato sanguíneo, o que parece estar associado à queda do desempenho durante o restante do CR (MATTERN et al., 2001). Ao contrário, a originalidade destes resultados pode significar que a ideal distribuição da potência, em um CR realizado em subida, não seja a mesma das condições previamente investigadas (ALBERTUS et al., 2005; HAM; KNEZ, 2009; KENEFICK et al., 2002; MATTERN et al., 2001; NIKOLOPOULOS et al., 2001; NIMMERICHTER et al., 2010; THOMAS et al., 2013; THOMAS et al., 2012a;2012b), afinal, Gosztyla et al. (2006) demonstraram que 8 dos 11 participantes, obtiveram o melhor tempo em 5 km de corrida (~ 21 min), adotando *pacing* também positivo. Devido ao caráter descritivo das informações aqui obtidas, não é possível estabelecer a estratégia de

pacing ideal em exercícios desta natureza e as divergências indicam que novas pesquisas devem ser feitas.

Em vista da ineficácia do treinamento em promover melhora do desempenho no CR, uma das limitações deste trabalho foi de não possibilitar a averiguação do efeito do treinamento e o consequente ganho em *performance*, em relação ao *pacing* adotado. Entretanto, a diferença média pré e pós-treinamento de apenas 1 W na P_{med} possibilitou uma condição mais adequada para verificação da reprodutibilidade desta variável, sem que houvesse influência de fatores intervenientes, que não apenas familiarização ao protocolo proporcionada pelo primeiro teste. Neste sentido, o protocolo CR de 20 min realizado em subida parece ser uma tarefa comum, já que os ciclistas não apresentaram efeitos de aprendizado.

Por não haver influência do *feedback* da distância percorrida no desempenho e no de *pacing* de um CR, alguns autores sugerem que a distribuição da intensidade de exercício seja baseada na PE (ALBERTUS et al., 2005; NIKOLOPOULOS et al., 2001; ROELANDS et al., 2013). Assim, é preciso investigar se o mesmo pode ser dito sobre o *feedback* instantâneo da potência produzida. O controle preciso da intensidade nos minutos iniciais do CR poderia favorecer uma distribuição do trabalho mais uniforme e, eventualmente, impactar no desempenho final (ATKINSON; BRUNSKILL, 2000; ATKINSON et al., 2003), o que, por sua vez, poderia alterar a relação entre a P_{med} e as variáveis laboratoriais. Finalmente, é necessário que sejam feitos estudos com grandes amostras, para esclarecer até que ponto o desempenho no CR de 20 min em campo, quantificado pela P_{med} , é reprodutível entre diferentes populações de ciclistas.

6 CONCLUSÃO

Em síntese, o presente estudo demonstrou que em grupo heterogêneo de ciclistas amadores moderadamente treinados, a P_{med} em um teste contra-relógio de 20 min em campo pode ser explicada, basicamente, pelas variáveis laboratoriais VO_{2pico} e PCR. Embora haja discrepâncias entre a P_{med} e o PCR, quando o teste é realizado em subida, a concordância absoluta entre estas variáveis pode ser aperfeiçoada a partir de um ajuste de 94,6% da P_{med} . O *pacing* adotado pelos ciclistas no primeiro teste é positivo e sua alta reprodutibilidade, no segundo, indica não haver efeito de aprendizagem. Em conjunto, estas informações indicam que o protocolo de teste CR de 20 min realizado em subida, aparentemente, seja robusto para monitorar o desempenho de ciclistas de diferentes níveis competitivos. Entretanto, novos estudos mais específicos são importantes para confirmar a reprodutibilidade da P_{med} e para verificar a influência do *feedback* instantâneo da potência produzida no *pacing* e, conseqüentemente, no desempenho.

7 REFERÊNCIAS

ABBISS, C. R. et al. Single-leg cycle training is superior to double-leg cycling in improving the oxidative potential and metabolic profile of trained skeletal muscle. **J Appl Physiol**, v. 110, n. 5, p. 1248-55, 2011.

ABBISS, C. R.; LAURSEN, P. B. Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. **Sports Med**, v. 35, n. 10, p. 865-98, 2005.

_____. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. **Sports Med**, v. 38, n. 3, p. 239-52, 2008.

ABBISS, C. R. et al. Distribution of power output when establishing a breakaway in cycling. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 8, n. 4, p. 452-5, 2013.

ABBISS, C. R. et al. Accuracy of the Velotron ergometer and SRM power meter. **Int J Sports Med**, v. 30, n. 2, p. 107-12, 2009.

ABBISS, C. R. et al. The distribution of pace adopted by cyclists during a cross-country mountain bike World Championships. **J Sports Sci**, v. 31, n. 7, p. 787-94, 2013.

ALBERTUS, Y. et al. Effect of distance feedback on pacing strategy and perceived exertion during cycling. **Med Sci Sports Exerc**, v. 37, n. 3, p. 461-8, 2005.

AMANN, M.; SUBUDHI, A. W.; FOSTER, C. Predictive validity of ventilatory and lactate thresholds for cycling time trial performance. **Scand J Med Sci Sports**, v. 16, n. 1, p. 27-34, 2006.

ANTON, M. M. et al. Flat and uphill climb time trial performance prediction in elite amateur cyclists. **Int J Sports Med**, v. 28, n. 4, p. 306-13, 2007.

ATKINSON, G.; BRUNSKILL, A. Pacing strategies during a cycling time trial with simulated headwinds and tailwinds. **Ergonomics**, v. 43, n. 10, p. 1449-60, 2000.

ATKINSON, G. et al. Science and cycling: current knowledge and future directions for research. **J Sports Sci**, v. 21, n. 9, p. 767-87, 2003.

ATKINSON, G.; PEACOCK, O.; LAW, M. Acceptability of power variation during a simulated hilly time trial. **Int J Sports Med**, v. 28, n. 2, p. 157-63, 2007.

ATKINSON, G.; PEACOCK, O.; PASSFIELD, L. Variable versus constant power strategies during cycling time-trials: prediction of time savings using an up-to-date mathematical model. **J Sports Sci**, v. 25, n. 9, p. 1001-9, 2007.

ATKINSON, G. et al. Distribution of power output during cycling: impact and mechanisms. **Sports Med**, v. 37, n. 8, p. 647-67, 2007.

BAILEY, S. J. et al. Inspiratory muscle training enhances pulmonary O₂ uptake kinetics and high-intensity exercise tolerance in humans. **J Appl Physiol**, v. 109, n. 2, p. 457-68, 2010.

BALMER, J.; DAVISON, R. C.; BIRD, S. R. Peak power predicts performance power during an outdoor 16.1-km cycling time trial. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 8, p. 1485-90, 2000.

BAR-OR, O.; DOTAN, R.; INBAR, O. A 30-second all-out ergometric test: its reliability and validity for anaerobic capacity. **Isr J Med Sci**, v. 13, p. 326, 1977.

BASSETT, D. R., JR.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 1, p. 70-84, 2000.

BENEKE, R. et al. How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? **Eur J Appl Physiol**, v. 87, n. 4-5, p. 388-92, 2002.

BENTLEY, D. J.; MCNAUGHTON, L. R. Comparison of W(peak), VO₂(peak) and the ventilation threshold from two different incremental exercise tests: relationship to endurance performance. **J Sci Med Sport**, v. 6, n. 4, p. 422-35, 2003.

BENTLEY, D. J. et al. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, n. 12, p. 2077-81, 2001.

BENTLEY, D. J.; NEWELL, J.; BISHOP, D. Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. **Sports Med**, v. 37, n. 7, p. 575-86, 2007.

BERTUCCI, W. et al. Gross efficiency and cycling economy are higher in the field as compared with on an Axiom stationary ergometer. **J Appl Biomech**, v. 28, n. 6, p. 636-44, 2012.

BERTUCCI, W. et al. Validity and reliability of the PowerTap mobile cycling powermeter when compared with the SRM Device. **Int J Sports Med**, v. 26, n. 10, p. 868-73, 2005.

BERTUCCI, W.; GRAPPE, F.; GROSLAMBERT, A. Laboratory versus outdoor cycling conditions: differences in pedaling biomechanics. **J Appl Biomech**, v. 23, n. 2, p. 87-92, 2007.

BERTUCCI, W.; TAIAR, R.; GRAPPE, F. Differences between sprint tests under laboratory and actual cycling conditions. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 45, n. 3, p. 277-83, 2005.

BILLAT, V. L.; KORALSZTEIN, J. P.; MORTON, R. H. Time in human endurance models. From empirical models to physiological models. **Sports Med**, v. 27, n. 6, p. 359-79, 1999.

BILLAT, V. L. et al. Nonlinear dynamics of heart rate and oxygen uptake in exhaustive 10,000 m runs: influence of constant vs. freely paced. **J Physiol Sci**, v. 56, n. 1, p. 103-11, 2006.

BISHOP, D.; JENKINS, D. G.; MACKINNON, L. T. The relationship between plasma lactate parameters, W_{peak} and 1-h cycling performance in women. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, n. 8, p. 1270-5, 1998.

BLAKE, O. M.; WAKELING, J. M. Muscle coordination during an outdoor cycling time trial. **Med Sci Sports Exerc**, v. 44, n. 5, p. 939-48, 2012.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, v. 1, n. 8476, p. 307-10, 1986.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med Sci Sports Exerc**, v. 14, n. 5, p. 377-81, 1982.

BOSWELL, G. P. Power variation strategies for cycling time trials: a differential equation model. **J Sports Sci**, v. 30, n. 7, p. 651-9, 2012.

BOUILLIOD, A. et al. **Influence du terrain lors d'un effort réalisé à puissance maximale aérobie en cyclisme**. 2014. Master's Thesis, Université de Franche-Comté

BROKER, J. P.; KYLE, C. R.; BURKE, E. R. Racing cyclist power requirements in the 4000-m individual and team pursuits. **Med Sci Sports Exerc**, v. 31, n. 11, p. 1677-85, 1999.

BURNLEY, M.; JONES, A. M. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. **Eur J Sport Sci**, v. 7, n. 2, p. 63-79, 2007.

BURNS, K. J. et al. Cardiovascular responses to counterweighted single-leg cycling: implications for rehabilitation. **Eur J Appl Physiol**, v. 114, n. 5, p. 961-8, 2014.

CANGLEY, P. et al. The effect of variable gradients on pacing in cycling time-trials. **Int J Sports Med**, v. 32, n. 2, p. 132-6, 2011.

CHIDNOK, W. et al. VO₂max is not altered by self-pacing during incremental exercise. **Eur J Appl Physiol**, v. 113, n. 2, p. 529-39, 2013.

COHEN, J. et al. Breaking away: effects of nonuniform pacing on power output and growth of rating of perceived exertion. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 8, n. 4, p. 352-7, 2013.

CORBETT, J. An analysis of the pacing strategies adopted by elite athletes during track cycling. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 4, n. 2, p. 195-205, 2009.

COSTA, V. P. et al. Physiological correlates of 10-km up-hill cycling performance in competitive cyclists. **J Exerc Physiol Online**, v. 14, n. 3, p. 26-33, 2011.

CRAIG, N. P.; NORTON, K. I. Characteristics of track cycling. **Sports Med**, v. 31, n. 7, p. 457-68, 2001.

DAVISON, R. C. et al. Correlates of simulated hill climb cycling performance. **J Sports Sci**, v. 18, n. 2, p. 105-10, 2000.

DAY, J. R. et al. The maximally attainable VO₂ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. **J Appl Physiol**, v. 95, n. 5, p. 1901-7, 2003.

DE KONING, J. J.; BOBBERT, M. F.; FOSTER, C. Determination of optimal pacing strategy in track cycling with an energy flow model. **J Sci Med Sport**, v. 2, n. 3, p. 266-77, 1999.

DI PRAMPERO, P. E. Cycling on Earth, in space, on the Moon. **Eur J Appl Physiol**, v. 82, n. 5-6, p. 345-60, 2000.

_____. Factors limiting maximal performance in humans. **Eur J Appl Physiol**, v. 90, n. 3-4, p. 420-9, 2003.

DRISS, T.; VANDEWALLE, H. The measurement of maximal (anaerobic) power output on a cycle ergometer: a critical review. **Biomed Res Int**, v. 2013, p. 1-40, 2013.

DUFFIELD, R. et al. Accuracy and reliability of a Cosmed K4b2 portable gas analysis system. **J Sci Med Sport**, v. 7, n. 1, p. 11-22, 2004.

EBERT, T. R. et al. Power output during women's World Cup road cycle racing. **Eur J Appl Physiol**, v. 95, n. 5-6, p. 529-36, 2005.

EBERT, T. R. et al. Power output during a professional men's road-cycling tour. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 1, n. 4, p. 324-35, 2006.

FARIA, E. W.; PARKER, D. L.; FARIA, I. E. The science of cycling: factors affecting performance - part 2. **Sports Med**, v. 35, n. 4, p. 313-37, 2005a.

_____. The science of cycling: physiology and training - part 1. **Sports Med**, v. 35, n. 4, p. 285-312, 2005b.

FONDA, B.; ŠARABON, N. Biomechanics and energetics of uphill cycling: a review. **Kinesiology**, v. 44, n. 1, p. 5-17, 2012.

FOSTER, C. et al. Effect of pacing strategy on cycle time trial performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 25, n. 3, p. 383-8, 1993.

FUKUBA, Y.; WHIPP, B. J. A metabolic limit on the ability to make up for lost time in endurance events. **J Appl Physiol**, v. 87, n. 2, p. 853-61, 1999.

GARDNER, A. S. et al. Power output demands of elite track sprint cycling. **Int J Perform Anal Sport**, v. 5, n. 3, p. 149-154, 2005.

GARDNER, A. S. et al. Accuracy of SRM and power tap power monitoring systems for bicycling. **Med Sci Sports Exerc**, v. 36, n. 7, p. 1252-8, 2004.

GARLAND, S. W. An analysis of the pacing strategy adopted by elite competitors in 2000 m rowing. **Br J Sports Med**, v. 39, n. 1, p. 39-42, 2005.

GONZALEZ-HARO, C. et al. Validation of a field test to determine the maximal aerobic power in triathletes and endurance cyclists. **Br J Sports Med**, v. 41, n. 3, p. 174-9, 2007.

GORDON, S. Optimising distribution of power during a cycling time trial. **Sports Eng**, v. 8, n. 2, p. 81-90, 2005.

GOSZTYLA, A. E. et al. The impact of different pacing strategies on five-kilometer running time trial performance. **J Strength Cond Res**, v. 20, n. 4, p. 882-6, 2006.

GREEN, J. M. et al. Pacing accuracy in collegiate and recreational runners. **Eur J Appl Physiol**, v. 108, n. 3, p. 567-72, 2010.

HAILES, W. **Comparison of power output between rotor and normal cranks during a 16.1 km time trial**. 2006. Master's Thesis, University of Montana

HAM, D. J.; KNEZ, W. L. An evaluation of 30-km cycling time trial (TT30) pacing strategy through time-to-exhaustion at average TT30 pace. **J Strength Cond Res**, v. 23, n. 3, p. 1016-21, 2009.

HANSEN, J. E. et al. Oxygen uptake as related to work rate increment during cycle ergometer exercise. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 57, n. 2, p. 140-5, 1988.

HAWLEY, J. A.; NOAKES, T. D. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 65, n. 1, p. 79-83, 1992.

HEIL, D. P. et al. Prediction of uphill time-trial bicycling performance in humans with a scaling-derived protocol. **Eur J Appl Physiol**, v. 85, n. 3-4, p. 374-82, 2001.

HOPKER, J.; JOBSON, S. A.; PANDIT, J. J. Controversies in the physiological basis of the 'anaerobic threshold' and their implications for clinical cardiopulmonary exercise testing. **Anaesthesia**, v. 66, n. 2, p. 111-23, 2011.

HOPKINS, S. R.; MCKENZIE, D. C. The laboratory assessment of endurance performance in cyclists. **Can J Appl Physiol**, v. 19, n. 3, p. 266-74, 1994.

HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Med**, v. 30, n. 1, p. 1-15, 2000a.

_____. A new view of statistics. 2000b. Disponível em: <
<http://www.sportsci.org/resource/stats/>>.

HOPKINS, W. G.; SCHABORT, E. J.; HAWLEY, J. A. Reliability of power in physical performance tests. **Sports Med**, v. 31, n. 3, p. 211-34, 2001.

HURST, H. T.; ATKINS, S. Power output of field-based downhill mountain biking. **J Sports Sci**, v. 24, n. 10, p. 1047-53, 2006.

IMPELLIZZERI, F. M.; MARCORA, S. M. The physiology of mountain biking. **Sports Med**, v. 37, n. 1, p. 59-71, 2007.

JACOBS, R. A. et al. Determinants of time trial performance and maximal incremental exercise in highly trained endurance athletes. **J Appl Physiol**, v. 111, n. 5, p. 1422-30, 2011.

JEUKENDRUP, A. E.; CRAIG, N. P.; HAWLEY, J. A. The bioenergetics of World Class Cycling. **J Sci Med Sport**, v. 3, n. 4, p. 414-33, 2000.

JEUKENDRUP, A. E.; MARTIN, J. Improving cycling performance: how should we spend our time and money. **Sports Med**, v. 31, n. 7, p. 559-69, 2001.

JOBSON, S. A. et al. The analysis and utilization of cycling training data. **Sports Med**, v. 39, n. 10, p. 833-44, 2009.

JONES, A. M.; BURNLEY, M. Oxygen uptake kinetics: an underappreciated determinant of exercise performance. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 4, n. 4, p. 524-32, 2009.

JOYNER, M. J.; COYLE, E. F. Endurance exercise performance: the physiology of champions. **J Physiol**, v. 586, n. 1, p. 35-44, 2008.

KENEFICK, R. W. et al. Physiological variables at lactate threshold under-represent cycling time-trial intensity. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 42, n. 4, p. 396-402, 2002.

KENNEDY, M. D.; BELL, G. J. Development of race profiles for the performance of a simulated 2000-m rowing race. **Can J Appl Physiol**, v. 28, n. 4, p. 536-46, 2003.

KLIKA, R. J. et al. Efficacy of cycling training based on a power field test. **J Strength Cond Res**, v. 21, n. 1, p. 265-9, 2007.

LAMBERTS, R. P. et al. Allometric scaling of peak power output accurately predicts time trial performance and maximal oxygen consumption in trained cyclists. **Br J Sports Med**, v. 46, n. 1, p. 36-41, 2012.

LANDER, P. J.; BUTTERLY, R. J.; EDWARDS, A. M. Self-paced exercise is less physically challenging than enforced constant pace exercise of the same intensity: influence of complex central metabolic control. **Br J Sports Med**, v. 43, n. 10, p. 789-95, 2009.

LEGER, L.; THIBAUT, M. G.; GODE, M. J. M. Épreuve cycliste progressive sur piste pour déterminer la puissance aérobie maximale et fonctionnelle. **Med Sport**, v. 56, n. 6, p. 454-8, 1982.

LEVINE, B. D. VO₂max: what do we know, and what do we still need to know? **J Physiol**, v. 586, n. 1, p. 25-34, 2008.

LIMA-SILVA, A. E. et al. Effect of performance level on pacing strategy during a 10-km running race. **Eur J Appl Physiol**, v. 108, n. 5, p. 1045-53, 2010.

LUCIA, A. et al. Breathing pattern in highly competitive cyclists during incremental exercise. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 79, n. 6, p. 512-21, 1999.

LUCIA, A.; HOYOS, J.; CHICHARRO, J. L. Physiology of professional road cycling. **Sports Med**, v. 31, n. 5, p. 325-37, 2001.

LUCIA, A. et al. Which laboratory variable is related with time trial performance time in the Tour de France? **Br J Sports Med**, v. 38, n. 5, p. 636-40, 2004.

LUCIA, A. et al. Kinetics of VO₂ in professional cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, n. 2, p. 320-5, 2002.

LUCIA, A. et al. Physiological differences between professional and elite road cyclists. **Int J Sports Med**, v. 19, n. 5, p. 342-8, 1998.

MACINTOSH, B. R.; NEPTUNE, R. R.; HORTON, J. F. Cadence, power, and muscle activation in cycle ergometry. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 7, p. 1281-7, 2000.

MARTIN, J. C. et al. Validation of a mathematical model for road cycling power. **J Appl Biomech**, v. 14, n. 3, p. 276-91, 1998.

MATTERN, C. O. et al. Impact of starting strategy on cycling performance. **Int J Sports Med**, v. 22, n. 5, p. 350-5, 2001.

MENASPÀ, P. et al. Physiological demands of road sprinting in professional and U23 cycling. A pilot study. **J Sci Cycling**, v. 2, n. 2, p. 35-9, 2013.

MEYER, T. et al. Is lactic acidosis a cause of exercise induced hyperventilation at the respiratory compensation point? **Br J Sports Med**, v. 38, n. 5, p. 622-5, 2004.

MIDGLEY, A. W. et al. Challenging a dogma of exercise physiology: does an incremental exercise test for valid VO₂ max determination really need to last between 8 and 12 minutes? **Sports Med**, v. 38, n. 6, p. 441-7, 2008.

MORTON, R. H.; HODGSON, D. J. The relationship between power output and endurance: a brief review. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 73, n. 6, p. 491-502, 1996.

MORTON, R. H.; STANNARD, S. R.; KAY, B. Low reproducibility of many lactate markers during incremental cycle exercise. **Br J Sports Med**, v. 46, n. 1, p. 64-9, 2012.

MUEHLBAUER, T.; MELGES, T. Pacing patterns in competitive rowing adopted in different race categories. **J Strength Cond Res**, v. 25, n. 5, p. 1293-8, 2011.

NIKOLOPOULOS, V.; ARKINSTALL, M. J.; HAWLEY, J. A. Pacing strategy in simulated cycle time-trials is based on perceived rather than actual distance. **J Sci Med Sport**, v. 4, n. 2, p. 212-9, 2001.

NIMMERICHTER, A. et al. Effects of low and high cadence interval training on power output in flat and uphill cycling time-trials. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 1, p. 69-78, 2012.

NIMMERICHTER, A. et al. Evaluation of a field test to assess performance in elite cyclists. **Int J Sports Med**, v. 31, n. 3, p. 160-6, Mar 2010.

NIMMO, M. Exercise in the cold. **J Sports Sci**, v. 22, n. 10, p. 898-915; discussion 915-6, 2004.

NOAKES, T. D. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. **Scand J Med Sci Sports**, v. 10, n. 3, p. 123-45, 2000.

NYBO, L.; RASMUSSEN, P.; SAWKA, M. N. Performance in the heat-physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. **Compr Physiol**, v. 4, n. 2, p. 657-89, 2014.

PADILLA, S. et al. Scientific approach to the 1-h cycling world record: a case study. **J Appl Physiol**, v. 89, n. 4, p. 1522-7, 2000.

PADILLA, S. et al. Validity of a velodrome test for competitive road cyclists. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 73, n. 5, p. 446-51, 1996.

PATON, C. D.; HOPKINS, W. G. Ergometer error and biological variation in power output in a performance test with three cycle ergometers. **Int J Sports Med**, v. 27, n. 6, p. 444-7, 2006.

RACINAIS, S. et al. Effect of heat and heat-acclimatization on cycling time-trial performance and pacing. **Med Sci Sports Exerc**, Jun 27 2014.

ROBINSON, S.; EDWARDS, H. T.; DILL, D. B. New records in human power. **Science**, v. 85, n. 2208, p. 409-10, 1937.

ROELANDS, B. et al. Neurophysiological determinants of theoretical concepts and mechanisms involved in pacing. **Sports Med**, v. 43, n. 5, p. 301-11, 2013.

ROLLINGS, A. T. **Predictors of uphill riding performance in trained cyclists**. 1995. Master's Thesis, University of Wisconsin-La Crosse

RYLANDS, L. et al. Velocity production in elite BMX riders: a field based study using a SRM power meter. **J Exerc Physiol Online**, v. 16, n. 3, p. 40-50, 2013.

SALTIN, B.; ASTRAND, P. O. Maximal oxygen uptake in athletes. **J Appl Physiol**, v. 23, n. 3, p. 353-8, 1967.

SMITH, M. F. Assessment influence on peak power output and road cycling performance prediction. **Int J Sports Sci Coach**, v. 3, n. 2, p. 211-26, 2008.

STAPELFELDT, B. et al. Workload demands in mountain bike racing. **Int J Sports Med**, v. 25, n. 4, p. 294-300, 2004.

STOREN, O. et al. Physiological determinants of the cycling time trial. **J Strength Cond Res**, v. 27, n. 9, p. 2366-73, 2013.

STRAUB, A. M. et al. Ramp-incremented and RPE-clamped test protocols elicit similar VO values in trained cyclists. **Eur J Appl Physiol**, 2014.

SWAIN, D. P. The influence of body mass in endurance bicycling. **Med Sci Sports Exerc**, v. 26, n. 1, p. 58-63, 1994.

TAN, F. H.; AZIZ, A. R. Reproducibility of outdoor flat and uphill cycling time trials and their performance correlates with peak power output in moderately trained cyclists. **J Sports Sci Med**, v. 4, n. 3, p. 278-84, 2005.

THOMAS, K. et al. The effect of an even-pacing strategy on exercise tolerance in well-trained cyclists. **Eur J Appl Physiol**, v. 113, n. 12, p. 3001-10, 2013.

THOMAS, K. et al. The effect of self- even- and variable-pacing strategies on the physiological and perceptual response to cycling. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 8, p. 3069-78, 2012a.

_____. Reproducibility of pacing strategy during simulated 20-km cycling time trials in well-trained cyclists. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 1, p. 223-9, 2012b.

THOMPSON, K. G. et al. The effect of even, positive and negative pacing on metabolic, kinematic and temporal variables during breaststroke swimming. **Eur J Appl Physiol**, v. 88, n. 4-5, p. 438-43, 2003.

TUCKER, R.; LAMBERT, M. I.; NOAKES, T. D. An analysis of pacing strategies during men's world-record performances in track athletics. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 1, n. 3, p. 233-45, 2006.

TUCKER, V. A. The energetic cost of moving about. **Am Sci**, v. 63, n. 4, p. 413-9, 1975.

VOGT, S. et al. Power output during stage racing in professional road cycling. **Med Sci Sports Exerc**, v. 38, n. 1, p. 147-51, 2006.

VOGT, S. et al. Cadence-power-relationship during decisive mountain ascents at the Tour de France. **Int J Sports Med**, v. 29, n. 3, p. 244-50, 2008.

VOGT, S. et al. Cycling power output produced during flat and mountain stages in the Giro d'Italia: a case study. **J Sports Sci**, v. 25, n. 12, p. 1299-305, 2007.

VOGT, S. et al. Power Output during the Tour de France. **Int J Sports Med**, v. 28, n. 9, p. 756-61, 2007.

WASSERMAN, K. Determinants and detection of anaerobic threshold and consequences of exercise above it. **Circulation**, v. 76, n. 6 Pt 2, p. Vi29-39, Dec 1987.

WASSERMAN, K. et al. **Principles of Exercise Testing and Interpretation**. 5th. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012.

WASSERMAN, K.; VAN KESSEL, A. L.; BURTON, G. G. Interaction of physiological mechanisms during exercise. **J Appl Physiol**, v. 22, n. 1, p. 71-85, 1967.

ZABALA, M.; ATKINSON, G. Looking for the "Athlete 2.0": a collaborative challenge. **J Sci Cycling**, v. 1, n. 1, p. 1-2, 2012.