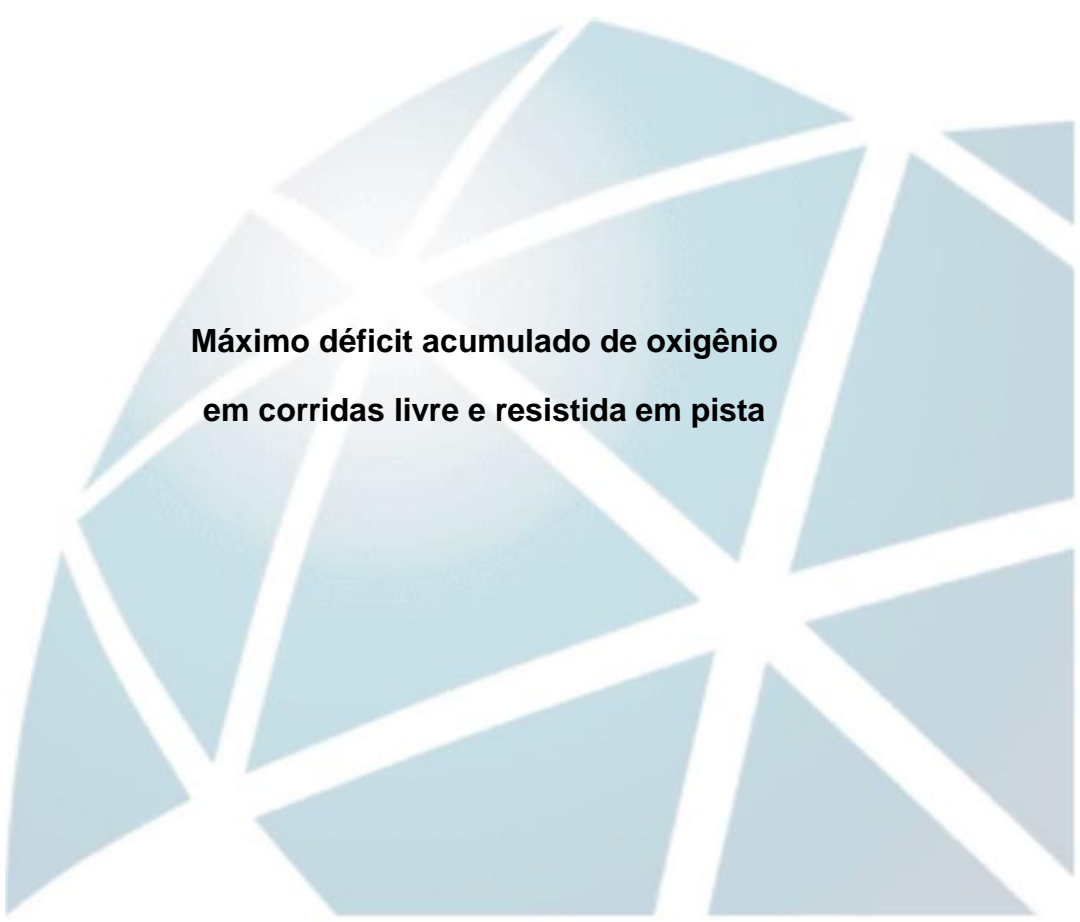


---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE**

---

Luiz Fernando Paulino Ribeiro



**Máximo déficit acumulado de oxigênio  
em corridas livre e resistida em pista**

**Luiz Fernando Paulino Ribeiro**

**Máximo déficit acumulado de oxigênio  
em corridas livre e resistida em pista**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências da Motricidade.

**Orientador:** Prof. Dr. Cláudio Alexandre Gobatto

Rio Claro-SP

2013

796.425 Ribeiro, Luiz Fernando Paulino  
R484m Máximo déficit acumulado de oxigênio em corridas livre e  
resistida em pista / Luiz Fernando Paulino Ribeiro. - Rio  
Claro, 2013  
71 f. : il., figs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Biociências de Rio Claro  
Orientador: Claudio Alexandre Gobatto

1. Corridas. 2. Capacidade anaeróbia. 3. Especificidade. 4.  
Validade. I. Título.

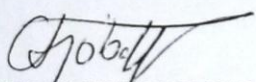
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** Máximo déficit acumulado de oxigênio em corridas livre e resistida em pista

**AUTOR:** LUIZ FERNANDO PAULINO RIBEIRO

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. CLAUDIO ALEXANDRE GOBATTO

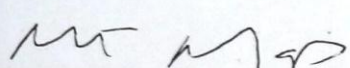
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, Área: BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA, pela Comissão Examinadora:



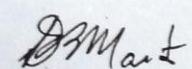
Prof. Dr. CLAUDIO ALEXANDRE GOBATTO  
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas, Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte - Limeira/SP



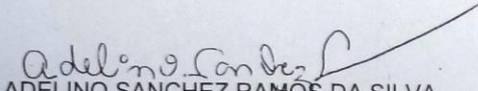
Prof. Dr. MARCELO PAPOTI  
Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo - Ribeirão Preto/SP



Prof. Dr. MARTIM FRANCISCO BOTTARO MARQUES  
Universidade de Brasília, Faculdade de Educação Física - Brasília/DF



Prof. Dr. LUIZ EDUARDO BARRETO MARTINS  
Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Biodinâmica e Ciência do Esporte - Campinas/SP



Prof. Dr. ADELINO SANCHEZ RAMOS DA SILVA  
Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo - Ribeirão Preto/SP

Data da realização: 12 de setembro de 2013.

A meus pais Paulo e Amália, todo amor e gratidão

## **AGRADECIMENTOS**

A meus pais, por todo o carinho, esforço e apoio incondicional às minhas escolhas pessoais e profissionais e, sobretudo, pelo contínuo exemplo de vida e valores. Eu os amo acima de tudo.

À Lu, namorada, amiga e parceira, pela força, paciência e dom de fazer tudo parecer mais simples.

Ao Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto, pelo voto de confiança e oportunidade de voltar pra Ilhéus com muito mais que um título acadêmico.

Aos atletas voluntários desse estudo, por doarem parte preciosa de seu tempo e esforço a algo com retorno questionável.

Aos irmãos Kiki, Tai, Du, Fe, Bola, Bru, Carlão, Kika, Dito, Kusito e Vitão, pela amizade sincera que renova, motiva e torna fáceis os momentos mais complicados.

À toda a galera do LAFAB, grandes amigos e profissionais de altíssima competência, pelos momentos sensacionais dentro e fora do universo acadêmico e por me proporcionarem enorme e constante aprendizado.

A minha filhota Pipe, pela companhia e carinho fundamentais em muitos momentos.

A todos os amigos e colegas da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), pelo apoio, respeito e motivação.

Ao Governo do Estado da Bahia e UESC, pela concessão de afastamento remunerado e bolsa de incentivo que viabilizaram a realização desse doutorado.

*“Every scientist is confronted with the choice of either complying with the prevailing logic of the system and compete with his peers in what threatens to become a general free-for-all, or try to rethink the research and publication process knowing fully well that this might be adverse to his work, but possibly beneficial on the long-term for scientists and society alike” (Farling & Majewsky, 2013).*

## RESUMO

O máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) é tido atualmente como medida padrão-ouro para diagnóstico da capacidade anaeróbia (CAn) em humanos. Particularmente o procedimento abreviado conhecido como #3 de Medbø constitui, por razões práticas, interessante opção de avaliação em atletas. Mas apesar da relevância da especificidade e crescente emprego de analisadores de gases portáteis na determinação de índices aeróbio em de campo, não são encontradas na literatura informações relativas à determinação, precisão ou validade do MAOD em pista de atletismo. Assim, foram objetivos do presente estudo: i) a determinação do MAOD e sua precisão em corredores por meio do procedimento #3 adaptado à pista; ii) análise da influência de variações quanto à inclusão de valores  $VO_2$  de repouso ( $VO_{2REP}$ ) nas regressões necessárias ao cálculo do MAOD e; iii) análise da validade concorrente do MAOD confrontando os valores obtidos em corrida livre (CL) aos verificados em teste de corrida resistida (CR). Num intervalo de duas semanas, 8 velocistas ( $21,5 \pm 3,2$  anos;  $71,5 \pm 6,0$  kg;  $180 \pm 6$  cm e  $4,9 \pm 1,3$  % de gordura) foram submetidos a 6 sessões experimentais separadas por 48 a 72 horas em pista de 400 m, sendo 3 avaliações em CL e 3 em CR. Nesta última foi utilizado aparato móvel com intuito de impor de resistência horizontal de 4 % do peso corporal ao deslocamento dos voluntários. Em todas as avaliações o  $VO_2$  foi monitorado por meio de analisador portátil em modo de telemetria. Testes incrementais contínuos em ambas as condições foram realizados para determinação do  $VO_{2PICO}$  e  $vVO_{2PICO}$ . Regressões lineares velocidade- $VO_2$  individuais foram calculadas a partir de 3 esforços submáximos de 6 min entre ~75 e 96% do  $VO_{2PICO}$  com e sem  $VO_{2REP}$  na velocidade zero para estimativa da demanda de oxigênio ( $DO_2$ ) para intensidades equivalentes a 120 e 110% da  $vVO_{2PICO}$  em CL e CR, respectivamente. Finalmente, esforços exaustivos nessas velocidades foram realizados, sendo o MAOD calculado como a diferença entre demanda total estimada ( $DO_{2TOT}$ ) e consumo acumulado de oxigênio ( $VO_{2AC}$ ). Tanto em CL quanto em CR, a inclusão de  $VO_{2REP}$  resultou em alterações significativas de diferentes parâmetros das regressões lineares, culminando em valores de MAOD significativamente superiores ( $P < 0,05$ ) ao observados sem  $VO_{2REP}$  ( $49,3 \pm 14,5$  e  $53,9 \pm 14,6$  ml/kg vs  $35,0 \pm 11,7$  e  $39,5 \pm 13,3$  ml/kg). Além disso, intervalos de confiança de 95% da  $DO_{2TOT}$  ~ 35% menores com  $VO_{2REP}$ , indicando melhor precisão nessa estratégia de regressão. Ainda assim, o alto valor desses intervalos ( $44,5 \pm 15,8$  e  $61,0 \pm 26,0$  ml/kg em CL e CR com  $VO_{2REP}$ ) torna questionáveis seus significados fisiológicos no presente contexto. Por outro lado, não foram observadas diferenças no que diz respeito ao erro de estimativa da  $DO_{2TOT}$ . Apesar de MAODs ~ 4,5 ml/kg maiores na corrida resistida, não houve diferenças estatísticas entre as condições respeitadas as opções quanto a  $VO_{2REP}$ , mas as correlações entre CL e CR foram fracas e insignificantes ( $r = 0,48$  e  $0,66$ ;  $P < 0,05$ ). Esses resultados indicam que i) adaptação à pista do procedimento #3 de Medbø com  $VO_{2REP}$  resulta em valores de MAOD compatíveis aos reportados na literatura para velocistas avaliados em esteira; ii) variações quanto ao uso de  $VO_{2REP}$  nas regressões velocidade- $VO_2$  têm influência substancial tanto sobre o MAOD quanto a precisão de sua estimativa; e iii) apesar da ausência de diferenças significativas entre as médias, a validade concorrente do MAOD entre as condições livre e resistida não pode ser atestada devido às heterogêneas respostas individuais à manipulação das condições.

**Palavras-chave:** Capacidade anaeróbia, corrida, especificidade, validade.

## ABSTRACT

Maximal accumulated oxygen deficit (MAOD) is nowadays taken as the gold standard measure of anaerobic capacity in humans. Namely, the abbreviated procedure known as the procedure #3 by Medbø, seems an interesting testing option for athletes due to practical reasons. But besides the relevance of specificity and the increasing use of portable gas analyzers for the assessment of aerobic parameters in field conditions, information on MAOD assessment, precision or validity in track tests are not available. Thus, the aims of this study were: i) to assess MAOD and its precision in runners by means of the procedure #3 adapted to the track; ii) to analyze the effects of variations regarding the use of resting  $\text{VO}_2$  ( $\text{VO}_{2\text{REP}}$ ) on the regressions used in the MAOD estimation and; iii) to analyze the concurrent validity of such measure by comparing the values attained in free (CL) and resisted (CR) running tests. In a two-week period, 8 sprint runners ( $21.5 \pm 3.2$  years;  $71.5 \pm 6.0$  kg;  $180 \pm 6$  cm and  $4.9 \pm 1.3$  % fat) were subjected to 6 experimental sessions separated by 48 - 72 h on a 400 m track, being 3 evaluations carried out in the CL and 3 in the CR conditions. In the later one, a mobile device was used in order to impose an horizontal resistance of 4 % body weight to the subjects. In all tests the  $\text{VO}_2$  was monitored by means of a portable analyzer using telemetry. Incremental tests were performed in both conditions for the assessment of  $\text{VO}_{2\text{PICO}}$  and  $\text{vVO}_{2\text{PICO}}$ . Linear regressions between velocity and  $\text{VO}_2$  were determined from 3 submaximal efforts lasting 6 min between ~75 to 96%  $\text{VO}_{2\text{PICO}}$  with and without  $\text{VO}_{2\text{REP}}$  at zero velocity for the estimation of oxygen demand ( $\text{DO}_2$ ) for intensities of 120 and 110%  $\text{vVO}_{2\text{PICO}}$  in CL and CR, respectively. Finally, exhaustive bouts at such intensities were carried out being the MAOD computed as the difference between total  $\text{DO}_2$  ( $\text{DO}_{2\text{TOT}}$ ) and accumulated oxygen uptake ( $\text{VO}_{2\text{AC}}$ ). Both in CL and CR, the inclusion of  $\text{VO}_{2\text{REP}}$  caused significant changes of different parameters of the linear regressions, resulting in significant higher MAODs ( $P < 0,05$ ) compared to those without  $\text{VO}_{2\text{REP}}$  ( $49.3 \pm 14.5$  and  $53.9 \pm 14.6$  ml/kg vs  $35.0 \pm 11.7$  and  $39.5 \pm 13.3$  ml/kg). In addition, 95% confidence intervals for  $\text{DO}_{2\text{TOT}}$  were ~ 35% lower with  $\text{VO}_{2\text{REP}}$ , indicating better precisions in such regression strategy. However, given their high values ( $44.5 \pm 15.8$  and  $61.0 \pm 26.0$  ml/kg in CL and CR with  $\text{VO}_{2\text{REP}}$ ) the physiological meaning of such confidence intervals can be questioned in the present context. On the other hand, no significant differences were found regarding  $\text{DO}_{2\text{TOT}}$  error. Despite the ~ 4,5 ml/kg higher MAODs in resisted running, no statistical differences were observed between conditions for each regression option concerning  $\text{VO}_{2\text{REP}}$ , but the between conditions correlations were weak ( $r = 0,48$  e  $0,66$ ;  $P < 0,05$ ). These results suggest that i) the adapted procedure #3 with  $\text{VO}_{2\text{REP}}$  provides MAOD values that are close to those reported in the literature for sprint runners evaluated on the treadmill; ii) variations regarding the use of  $\text{VO}_{2\text{REP}}$  in the velocity- $\text{VO}_2$  regressions have important effects on both MAOD and its precision; and iii) despite the lack of significant mean differences, the concurrent validity of MAOD between CL and CR may not be attested due to the high variability of individual responses to condition manipulations.

**Key-words:** Anaerobic capacity, running, specificity, validity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Desenho experimental adotado com indicação do intervalo entre avaliações subsequentes .....	28
<b>Figura 2</b> - Pista sintética de 400 m com indicação das demarcações utilizadas para controle da velocidade durante as avaliações .....	29
<b>Figura 3</b> - Ilustração do aparato móvel empregado nos testes de corrida resistida com indicação de medidas do chassi e posicionamento de componentes eletro-eletrônicos .....	30
<b>Figura 4</b> - Detalhes do aparato empregado para a realização dos testes de corrida resistida .....	31
<b>Figura 5</b> - Voluntário atado ao aparato móvel para a realização dos testes de corrida resistida em pista .....	32
<b>Figura 6</b> - Sistema utilizado para ajuste da resistência individual imposta nos testes de corrida resistida e calibrações para aferição da força a partir dos sinais da célula de carga .....	33
<b>Figura 7</b> - Resistência imposta na calibração e força média de tração nos diferentes estágios do teste incremental em corrida resistida .....	37
<b>Figura 8</b> - Resistência imposta na calibração e força média de tração no minuto final dos diferentes esforços submáximos preditivos em corrida resistida .....	39
<b>Figura 9</b> - Consumo de oxigênio nos esforços submáximos preditivos em corrida livre .....	40
<b>Figura 10</b> - Consumo de oxigênio nos esforços submáximos preditivos em corrida resistida .....	41

<b>Figura 11</b> - Consumo de oxigênio nos esforços submáximos preditivos comuns à corrida livre e resistida .....	42
<b>Figura 12</b> - Regressões lineares médias velocidade-VO <sub>2</sub> em corrida livre e resistida sem e com VO <sub>2</sub> de repouso e três intensidades preditivas .....	43
<b>Figura 13</b> - Correlações pareadas entre os valores de máximo déficit acumulado de oxigênio determinados com base nas regressões lineares velocidade -VO <sub>2</sub> sem e com consumo de oxigênio de repouso em corrida livre e resistida .....	48

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Características antropométricas e nível competitivo dos voluntários ..... 27
- Tabela 2** - Parâmetros fisiológicos pico e limiar ventilatório nos testes incrementais em corrida livre e resistida em pista ..... 38
- Tabela 3** – Parâmetros das regressões lineares velocidade- $VO_2$  em corrida livre considerando 3 e 4 esforços preditivos sem e com valores de  $VO_2$  de repouso na velocidade zero ..... 44
- Tabela 4** – Parâmetros fisiológicos pico observados nos testes exaustivos supramáximos nas condições de corrida livre e resistida ..... 46
- Tabela 5** – Estimativa e precisão do máximo déficit acumulado de oxigênio em corrida livre e resistida considerando 3 esforços preditivos com e sem a inclusão de valores de  $VO_2$  de repouso na velocidade zero ..... 47

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ATP</b>	Trifosfato de adenosina
<b>CAn</b>	Capacidade anaeróbia
<b>CL</b>	Corrida livre
<b>CP</b>	Creatina fosfato
<b>CR</b>	Corrida resistida
<b>DO<sub>2</sub></b>	Demanda predita de oxigênio
<b>DO<sub>2TOT</sub></b>	Demanda total estimada de oxigênio
<b>DP</b>	Desvio padrão
<b>Erro-DO<sub>2TOT</sub></b>	Erro de estimativa da demanda total de oxigênio
<b>FC</b>	Frequência Cardíaca
<b>FC<sub>PICO</sub></b>	Frequência Cardíaca Pico
<b>IC95%</b>	Intervalo de Confiança de 95%
<b>[Lac]<sub>PICO</sub></b>	Concentrações pico de lactato
<b>LV</b>	Limiar ventilatório
<b>MAOD</b>	Máximo déficit acumulado de oxigênio
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxigênio
<b>R<sup>2</sup></b>	Coefficiente de Determinação
<b>R<sub>PICO</sub></b>	Quociente respiratório pico
<b>S<sub>e</sub></b>	Erro padrão de estimativa
<b>S<sub>y</sub></b>	Erro padrão do valor predito da DO <sub>2</sub>
<b>VCO<sub>2</sub></b>	Produção de dióxido de carbono
<b>VE</b>	Ventilação
<b>VE/VO<sub>2</sub></b>	Equivalente ventilatório de oxigênio
<b>VO<sub>2</sub></b>	Consumo de oxigênio
<b>VO<sub>2AC</sub></b>	Consumo acumulado de O <sub>2</sub>
<b>VO<sub>2MAX</sub></b>	VO <sub>2</sub> máximo
<b>VO<sub>2PICO</sub></b>	Consumo pico de oxigênio
<b>VO<sub>2REP</sub></b>	Valores individuais de VO <sub>2</sub> de repouso
<b>vVO<sub>2PICO</sub></b>	Velocidade associada ao consumo pico de oxigênio

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
2.1 Capacidade anaeróbia .....	16
2.2 Máximo déficit acumulado de oxigênio.....	18
2.3 Máximo déficit acumulado de oxigênio em corrida.....	20
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>24</b>
3.1 Objetivos gerais.....	24
3.2 Objetivos específicos .....	24
<b>4 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>25</b>
<b>5 HIPÓTESES</b> .....	<b>26</b>
<b>6 MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
6.1 Voluntários .....	27
6.2 Procedimentos .....	28
6.2.1 Informações gerais .....	28
6.2.2 Medidas fisiológicas .....	29
6.2.3 Aparato para os testes de corrida resistida .....	30
6.2.4 Testes incrementais .....	32
6.2.5 Esforços submáximos preditivos e regressões lineares velocidade – VO <sub>2</sub> .....	34
6.2.6 Esforços supramáximos exaustivos e cálculo do MAOD.....	34
6.2.7 Análise estatística .....	35
<b>7 RESULTADOS</b> .....	<b>37</b>
7.1 Testes incrementais .....	37
7.2 Esforços submáximos preditivos e regressões lineares velocidade – VO <sub>2</sub> .....	39
7.3 Testes supramáximos exaustivos .....	45
<b>8 DISCUSSÃO</b> .....	<b>49</b>
<b>9 CONCLUSÕES</b> .....	<b>63</b>
<b>10 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A capacidade anaeróbia (CAn) pode ser compreendida como a maior quantidade de trifosfato de adenosina (ATP) ressintetizada por meio das vias bioenergéticas anaeróbias (sistema ATP-CP e via glicolítica) pelo organismo durante um esforço exaustivo específico de elevada intensidade (BANGSBO, 1996; GREEN, 1994). Credita-se à esse construto fisiológico papel determinante no desempenho em atividades que requerem quantidade de energia além daquela provida pela via oxidativa (DI PRAMPERO et al., 1993; FERRETI et al., 2011; MORTON, 2006; WEYAND & BUNDLE, 2005), o que evidencia a relevância de seu diagnóstico.

Devido à inexistência de método direto para quantificação da produção anaeróbia de energia pelo organismo como um todo, a CAn pode ser apenas estimada (GASTIN, 1994; GREEN, 1994). Dentre as várias medidas sugeridas para esse fim (GASTIN, 1994; GREEN, 1995; GREEN & DAWSON, 1993; NOORDHOF et al., 2010; VANDERWALLE et al. 1987) destaca-se o máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD), popularizado a partir de estudos de Medbø e colaboradores (MEDBØ et al., 1988; MEDBØ & BURGERS, 1990; MEDBØ & TABATA, 1989) e calculado como a diferença entre a demanda total estimada ( $DO_{2TOT}$ ) e o consumo acumulado de  $O_2$  ( $VO_{2AC}$ ) durante um esforço supramáximo exaustivo.

Ao utilizar a expressão *time-consuming-procedure*, do inglês, ao se referirem ao protocolo concebido como “controle” para determinação do MAOD, seus autores o reconhecem como limitação prática (MEDBØ et al.; 1988; p.51), e na mesma publicação sugerem método simplificado para tanto. O procedimento #3 de Medbø, como ficou conhecido, envolve número reduzido de esforços e fixação do intercepto Y da regressão linear entre velocidade (ou intensidade) e consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), necessária à estimativa da  $DO_{2TOT}$ . Devido à sua relativa praticidade, admite-se que o procedimento #3 de Medbø seja interessante opção de avaliação, especialmente no desporto de alto nível, onde a realização de testes fisiológicos complexos e prolongados pode enfrentar resistência de técnicos e atletas dada a inevitável interferência nos programas de treinamento.

Considerado por muitos índice padrão para o diagnóstico da CAn em humanos (GREEN & DAWSON, 1993; HILL & VINGREN, 2012; MINAHAM et al., 2007; NOORDHOF et al., 2010), vale notar que o MAOD não é imune a críticas. Limitações relativas aos pressupostos básicos necessários à sua determinação

conferem importante dependência a essa medida (NOORDHOF et al., 2010). Especificamente, a possível não-linearidade da relação intensidade- $VO_2$  sujeita a estimativa da  $DO_{2TOT}$  às características do conjunto de esforços submáximos preditivos (BANGSBO, 1992; BUCK & McNAUGHTON, 1999; GREEN & DAWSON, 1996; MAXWELL & NIMMO, 1996).

Por outro lado, tanto a fixação do intercepto Y conforme sugerido por Medbø et al. (1988) quanto a inclusão de valores individuais de  $VO_2$  de repouso ( $VO_{2REP}$ ) nas regressões têm se mostrado estratégias eficazes na redução da influência de variações metodológicas (BORTOLOTTI et al., 2010; BRICKHAM et al., 2002; RUSSEL et al., 2000) e melhora da precisão da estimativa da  $DO_{2TOT}$  em diferentes modalidades (NOORDHOF et al. 2011; RUSSEL et al., 2000; RUSSEL et al., 2002a). Ainda que número reduzido de esforços preditivos (< 10) seja comumente empregado na determinação do MAOD, persistem na literatura divergências quanto ao uso e forma de inclusão de  $VO_{2REP}$  nas regressões (BUCK & McNAUGHTON, 1999; GREEN & DAWSON, 1996; LIMA et al., 2011; NOORDHOF et al. 2011; RUSSEL et al., 2002a; WEYAND et al., 1994), possivelmente devido à escassez de informações e discussões mais aprofundadas à esse respeito.

Particularmente em corrida, modalidade adotada na proposição do método (MEDBØ et al., 1988) e largamente investigada em estudos subsequentes (CRAIG & MORGAN, 1998; HILL & VINGREN, 2011; LIMA et al., 2011; MEDBØ & BURGERS, 1990; OLESEN, 1992; OLESEN et al., 1994; REIS et al., 2005; SCOTT et al., 1991; SLONIGER et al., 1997), merece atenção a inexistência de informações acerca do MAOD e sua precisão em teste de pista. Isso a despeito da importância da especificidade na avaliação atlética (HEUGAS et al., 2007; REILLY et al., 2009; REIS et al., 2004) e do crescente emprego de sistemas portáteis e compactos de análise de gases (BILLAT et al., 2000; BILLAT et al., 2004; BILLAT et al., 2009; DUFFIELD et al., 2004, 2005; HANON et al., 2010; HEUGAS et al., 2007; MEYER et al., 2003; REIS et al., 2004; THOMAS et al., 2005; ZOUHAL et al., 2010).

Dada à atual impossibilidade de prova direta da  $CA_n$ , merece atenção o fato da validade do MAOD ser exclusivamente investigada sob perspectivas experimentais indiretas, com destaque à análise de sua estabilidade frente a variações de intensidade do esforço numa mesma modalidade (CARTER et al., 2006; CRAIG et al., 1995; GASTIN et al., 1995; HILL & VINGREN, 2011, 2012; MEDBØ et al., 1988; RUSSEL et al., 2002b). Infelizmente, porém, o erro estatístico

inerente ao cálculo do MAOD é proporcional à duração da prova supramáxima (BICKHAM et al., 2002; MEDBØ et al., 1988; REIS et al., 2004; WEBER & SCHNEIDER, 2001), o que é aparentemente ignorado em grande parte desses e outros estudos (CARTER et al., 2006; CRAIG et al., 1995; GASTIN et al., 1995; HILL & VINGREN, 2011, 2012; LIMA et al., 2011; ZAGATTO et al., 2011), restringindo assim a fidedignidade de suas inferências.

Nesse contexto, a investigação da validade concorrente do MAOD obtido em teste de pista, valendo-se de método alternativo e atentando ao erro de sua estimativa, pode se mostrar útil. À luz da especificidade e ao menos à primeira vista, adaptação ao campo do modelo de corrida resistida (CR) de Lloyd & Zacks (1972) parece interessante opção nesse sentido. Nas páginas seguintes lanço mão de parte do conhecimento acumulado em aproximadamente 25 anos de pesquisa sobre do MAOD na construção da razão lógica para a realização desse trabalho, cujo objetivo é investigar diferentes questões abordadas nessa introdução.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Capacidade anaeróbia

As capacidades e potências das vias bioenergéticas anaeróbias (sistema ATP-CP e via glicolítica) e aeróbia, constituem construtos metabólicos fundamentais no campo da Fisiologia do Exercício. Compreendidas respectivamente como quantidades e fluxos de energia disponíveis para a ressíntese de ATP durante o esforço, tais características alicerçam teorias a respeito dos fatores determinantes do desempenho humano (DI PRAMPERO et al., 1993; FERRETI et al., 2011; MORTON, 2006; WEYAND & BUNDLE, 2005) e são aspectos importantes da caracterização funcional em diferentes contextos.

Tida como limitante de tarefas que demandam elevada provisão não oxidativa de energia (FERRETI et al., 2011; MORTON, 2006; WEYAND & BUNDLE, 2005), a capacidade anaeróbia tem recebido considerável atenção da comunidade científica, fato evidenciado por 654 trabalhos retornados em busca realizada apenas no banco de dados PubMed em resposta à expressão *anaerobic capacity and exercise performance*.

Ressaltando a importância da definição clara e universal de construtos fisiológicos em texto especificamente dedicado à CAn, Green (1994) a apresenta como “maior quantidade de ATP ressintetizado via metabolismo anaeróbio pelo organismo como um todo durante um tipo específico de exercício de curta duração e máxima intensidade” (p. 170). O autor afirma ainda que os termos capacidade anaeróbia e capacidade anaeróbia máxima não são necessariamente sinônimos, visto que o segundo refere-se a valores máximos independentes das características do exercício e tem interesse apenas teórico. Por outro lado, a CAn associa-se ao desempenho atlético por definir uma quantidade de energia que subsidia determinada tarefa específica (GREEN, 1994).

A noção de estoque compreendida no construto CAn parece ser melhor evidenciada nos textos de Bangsbo (1996) e Medbø et al. (1988). Enquanto os primeiros a descrevem como máxima quantidade de ATP formada por processos anaeróbios durante o exercício, caracterizando uma entidade individual bem

definida, Bangsbo (1996) a conceitua como “maior produção de energia anaeróbia que o indivíduo pode obter em qualquer exercício realizado à exaustão” (p. 350).

Coletivamente, as três definições supracitadas remetem a importantes características da CAn, a qual: i) deve ser expressa em unidades de quantidade de energia metabólica (unidades de ATP ou equivalentes de O<sub>2</sub>); ii) é característica individual; iii) finita; iv) específica ao tipo de exercício e; v) tem magnitude independente de sua taxa de depleção. Consequência lógica dessas características é a idéia de que cada organismo deve encontrar-se exausto ao final de esforços realizados por períodos e em intensidades suficientes para a depleção da CAn (BANGSBO, 1990; MEDBØ et al., 1988; MORTON, 2006; NOORDHOF et al., 2010).

Em detrimento à análise do VO<sub>2</sub>, que por sua vez permite quantificações precisas da taxa e custo energético aeróbio (SCOTT, 2005a; SCOTT, 2005b; REIS, 2011), inferências sobre a provisão anaeróbia de energia durante o exercício são restritas a estimativas devido à inexistência de método direto para tal determinação considerando o organismo como um todo (GASTIN, 1994; GASTIN, 2001; SCOTT, 2005a; WEYAND & BUNDLE, 2005). Assim, diversas são as medidas indiretas apresentadas na literatura para avaliação da CAn. De forma geral estas incluem índices de desempenho em esforços considerados predominantemente anaeróbios, como potência, velocidade e trabalho, ou parâmetros fisiológicos como alterações nas concentrações de metabólitos musculares, concentração sangüínea de lactato, consumo de oxigênio pós-exercício e máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) (GASTIN, 1994; GREEN, 1995; GREEN & DAWSON, 1993; NOORDHOF et al., 2010; VANDERWALLE et al. 1987).

Apesar das alternativas acima, vale ressaltar a contemporaneidade da observação de Gatin (1994) de que parece não haver medida universalmente aceita para caracterização e validação da CAn. Exceto quanto ao MAOD, atualmente tido como indicativo padrão-ouro dessa característica (GRAHAM, 1996; GREEN & DAWSON, 1993; HILL & VINGREN, 2012; MINAHAM et al., 2007; NOORDHOF et al., 2010; ZAGATTO et al., 2011), análise detalhada dos diferentes métodos foge ao escopo dessa revisão, podendo ser melhor apreciadas nas publicações de Gatin (1994), Green (1995), Green & Dawson (1993) e Vanderwalle et al. (1987).

## 2.2 Máximo déficit acumulado de oxigênio

Em artigo publicado em 1988, Medbø e colaboradores amparam-se no conceito de déficit de oxigênio apresentado por Lindhard & Krogh (1920) e sugerem o MAOD como indicativo da CAn individual em equivalentes de  $O_2$ . Em seu estudo realizado em esteira inclinada, Medbø et al. (1988) calculam o MAOD como a diferença entre  $DO_{2TOT}$  e  $VO_{AC}$  durante diferentes esforços exaustivos supramáximos, isto é, em intensidades superiores ao  $VO_2$  máximo ( $VO_{2MAX}$ ). Para tanto, os mesmos admitem ser a  $DO_{2TOT}$  (expressa em ml/kg) representativa da quantidade total de energia requerida pelo exercício, assumindo como pressupostos: i) a possibilidade de predição da demanda de  $O_2$  ( $DO_2$ , expressa em ml/kg/min) por extrapolação da regressão linear individual entre velocidade- $VO_2$ , construída a partir de esforços realizados em ampla faixa de intensidades “submáximas”, e ii) a estabilidade da  $DO_2$  durante a prova exaustiva em velocidade constante.

Embora criticado, sobretudo devido à validade questionável de seus pressupostos básicos (BANGSBO, 1992, 1996; NOORDHOF et al., 2010), a partir dos estudos sequenciais de Medbø e colaboradores em esteira (MEDBØ et al., 1988; MEDBØ & BURGERS, 1990) e cicloergômetro (MEDBØ & TABATA, 1989; MEDBØ & TABATA, 1993) o MAOD vem sendo empregado no diagnóstico da CAn em diferentes tipos de exercício (BANGSBO et al., 1993; FAINA et al., 1997; OGITA et al., 1996; RUSSEL et al., 2000; ZAGATTO & GOBATTO, 2012). Destaca-se ainda o fato do mesmo ser considerado por muitos autores a melhor opção disponível e medida padrão para caracterização desse construto fisiológico em humanos (GRAHAM, 1996; GREEN & DAWSON, 1993; HILL & VINGREN, 2012; MINAHAM et al., 2007; NOORDHOF et al., 2010; ZAGATTO et al., 2011).

No artigo em que o MAOD é proposto, Medbø et al. (1988) fazem também recomendações específicas quanto ao protocolo e estimam o erro associado à tal medida. No que concerne ao protocolo, os autores sugerem número mínimo de 10 esforços submáximos entre 35 e 100 % do  $VO_{2MAX}$  com 10 minutos de duração para construção de regressões lineares velocidade- $VO_2$  e predição “reprodutível” da  $DO_2$ . Além disso, há indicação para que o esforço supramáximo exaustivo tenha duração mínima de 2, e máxima de ~ 3 minutos, a fim de maximizar o déficit de oxigênio minimizando o erro de seu cálculo. Na seção apêndice de sua publicação, Medbø et

al., (1988) estimam o referido erro para o procedimento controle em 3 ml/kg ou 4%, e atribuem 93% desse valor à imprecisão estatística da predição da  $DO_2$ .

Reconhecendo as limitações práticas de um protocolo de testes complexo e demorado, Medbø et al. (1988) propõem no mesmo apêndice o procedimento #3, o qual envolve apenas 2 a 3 esforços preditivos e fixação do intercepto Y da regressão linear em 5 ml/kg/min. Com base na ausência de diferença significativa em relação ao protocolo controle e em diferenças individuais não maiores que 3 ml/kg, os autores qualificam o procedimento #3 como boa alternativa para a determinação do MAOD. É importante salientar que ao longo dos anos, ainda que respeitada a idéia geral de Medbø et al. (1988), o MAOD vem sendo determinado por meio dos mais variados procedimentos específicos (NOORDHOF et al., 2010), o que restringe sobremaneira a comparação entre estudos dada a considerável protocolo-dependência dessa medida (BANGSBO, 1992; BUCK & McNAUGHTON, 1999; GREEN & DAWSON, 1996; MAXWELL & NIMMO, 1996).

Em conformidade à ideia de fixação do intercepto Y (Medbø et al., 1988) porém, a protocolo dependência do MAOD parece ser atenuada pela inclusão de valores de  $VO_{2REP}$  nas regressões lineares intensidade- $VO_2$  (BRICKHAM et al., 2002; RUSSEL et al., 2000; RUSSEL et al., 2002a). Essa estratégia também tem se mostrado útil quanto à melhora da precisão da estimativa da  $DO_2$  e  $DO_{2TOT}$  em remo-ergômetro (RUSSEL et al., 2000), cicloergômetro (NOORDHOF et al. 2011; RUSSEL et al., 2002a) e esteira (REIS et al., 2005), sem alterar contudo seus valores.

Todavia, a utilização do  $VO_{2REP}$  não é prática consensual (BUCK & McNAUGHTON, 1999; CRAIG & MORGAN, 1998; GREEN & DAWSON, 1996; WEYAND et al., 1994), e há evidências de que regressões velocidade- $VO_2$  não necessariamente resultam em valores de intercepto equivalentes à taxa metabólica de repouso (CRAIG & MORGAN, 1998; HILL & VINGREN, 2012; OLESEN, 1992; PUGH, 1970). Uma vez que o coeficiente angular e parâmetros de linearidade podem variar substancialmente em função de alterações do intercepto, mantidos os demais pontos da regressão, é plausível que variações quanto à inclusão ou não de  $VO_{2REP}$  possam afetar não só a precisão, mas as magnitudes da  $DO_2$ ,  $DO_{2TOT}$  e consequentemente do MAOD. Essa questão parece particularmente pertinente e aberta a especulações nos casos em que número relativamente pequeno de pontos é empregado nas regressões.

Considerada a inexistência de método direto para quantificação da CAn, é evidente o impedimento à prova imediata da validade do MAOD. Alternativamente, a relevância dessa medida tem sido analisada por meio de diferentes estratégias, incluindo comparações entre grupos intuitivamente diferentes quanto à CAn (OLESEN et al., 1994; PIZZA et al., 1996; SCOTT et al., 1991), análise de associações com outras medidas indiretas (BANGSBO et al., 1990; GREEN et al., 1996; LIMA et al., 2011; MEDBØ & TABATA, 1993; MINAHAM et al., 2007; SCOTT et al., 1991) e desempenho atlético (LIMA et al., 2011; NEVILL et al., 2008; SCOTT et al., 1991), verificação da sensibilidade ao tipo de exercício (HILL et al., 2002; HILL & VINGREN, 2011; OLESEN, 1992; OLESEN et al., 1994; WEYAND et al., 1993), e aos efeitos do treinamento físico (MEDBØ & BURGERS, 1990; MINAHAN & WOOD, 2008; WEBER & SCHNEIDER, 2002), e estabilidade frente à manipulações da oferta de O<sub>2</sub> (FRIEDMANN et al., 2007; MEDBØ et al., 1988) e variações de intensidade da prova supramáxima (CARTER et al., 2006; CRAIG et al., 1995; GASTIN et al., 1995; HILL & VINGREN, 2011, 2012; MEDBØ et al., 1988).

Em face à diversidade de desenhos experimentais e características dos voluntários investigados, bem como aos diferentes procedimentos utilizados na determinação do MAOD, não surpreende que resultados controversos sejam comuns à maioria dessas perspectivas. Nesse contexto é razoável considerar que, 25 anos após a publicação de Medbø et al. (1988), a medida atualmente considerada padrão-ouro para o diagnóstico da CAn continua sujeita a questionamentos.

### **2.3 Máximo déficit acumulado de oxigênio em corrida**

Conforme citado anteriormente, a corrida em esteira foi a modalidade originalmente adotada por Medbø et al. (1988) na proposição e análise de aspectos metodológicos da determinação do MAOD. Nesse estudo os autores observaram ainda a consistência desse parâmetro frente à condição de hipóxia e sua estabilidade em esforços exaustivos maiores que 2 minutos, período esse comumente tomado como referência para a escolha de intensidades da prova

exaustiva e aceitação da sua eficácia (HILL & VINGREN, 2011; LIMA et al., 2011; PIZZA et al., 1996; SCOTT et al., 1991).

De fato, a semelhança entre déficits de oxigênio obtidos em esforços supramáximos exaustivos realizados em diferentes intensidades é frequentemente tomada como importante prova da natureza finita dessa medida (CARTER et al. 2006; HILL & VINGREN, 2011; MEDBØ et al., 1988; MEDBØ & TABATA, 1989; WEBER & SCHNEIDER, 2001), por sua vez interpretada como indício de existência da CAn (MEDBØ et al., 1988). Vale ressaltar aqui, entretanto, que excluída a imprecisão estatística na predição da  $DO_2$ , a duração da tarefa supramáxima é a mais importante fonte independente de erro na determinação do MAOD (BICKHAM et al., 2002; MEDBØ et al., 1988; REIS et al., 2010; WEBER & SCHNEIDER, 2001). É razoável então, que manipulações de intensidade da prova supramáxima acarretem variações dos erros de estimativa da  $DO_{2TOT}$  por afetarem diretamente o tempo de esforço até a exaustão. No entanto, com raras exceções a estudos realizados em cicloergômetro (WEBER & SCHNEIDER, 2001) e natação (REIS et al., 2010), a potencial influência da duração da prova exaustiva sobre a imprecisão estatística na determinação do MAOD tem sido aparentemente ignorada na literatura.

Outro detalhe importante da investigação de Medbø et al. (1988), é a utilização de considerável inclinação da esteira (6° ou 10,5 %) a fim de “manter a velocidade relativamente baixa mesmo nas maiores intensidades de exercício” (p. 51). Resultados de estudos posteriores, porém, atestam que a corrida em esteira inclinada proporciona maiores valores de MAOD em relação à corrida horizontal ou com ligeira elevação (OLESEN, 1992; OLESEN et al., 1994; SLONIGER et al., 1997a,b). Esses achados podem ser parcialmente explicados pela exigência de maior massa muscular durante a corrida em aclive (SLONIGER et al., 1997a,b), o que corrobora dados provenientes de diferentes modelos experimentais (HILL & VINGREN, 2012; OLESEN, 1992; WEYAND et al., 1993) indicando que o MAOD expressa características periféricas e peculiares ao tipo de exercício realizado.

Embora diferenças entre as condições inclinada e horizontal possam remeter à idéia de que a primeira seja mais adequada à estimativa da CAn em corrida (OLESEN, 1992), segundo OLESEN et al. (1994) o MAOD em protocolos com inclinação possivelmente reflete características de um conjunto de músculos diferente daquele recrutado na corrida plana. A maior amplitude do componente

lento do  $VO_2$  na corrida inclinada (PRINGLE et al., 2002) constitui restrição adicional à validade do MAOD nessa condição, sugerindo ser questionável sua utilização para estimativa da CAn em corrida (NOORDHOF et al., 2010).

Pelo exposto acima é evidente que a redução e/ou anulação da inclinação da esteira proporcionam maior especificidade na avaliação, estratégias essas adotadas em vários trabalhos envolvendo o MAOD em corrida (BOSQUET et al., 2008; BRICKHAM et al., 2002; HILL & VINGREN, 2011; LIMA et al., 2011; OLESEN et al., 1994; REIS et al., 2005). Entretanto, em interessante revisão sobre a especificidade da prescrição do treinamento e avaliações fisiológicas, Reilly et al. (2009) afirmam que enquanto testes em laboratório trazem vantagens relativas à reprodutibilidade e controle das condições ambientais, ergômetros apresentam limitações quanto à reprodução exata das demandas características ao desempenho esportivo. Corroborando essa afirmação, diferentes estudos sugerem que diferenças entre o custo metabólico da corrida realizada em pista e esteira não podem ser descartadas (JONES & DOUST, 1996; McKINEN & DANIELS, 1976; PUGH, 1970). Ainda nesse sentido Heugas et al. (2007) recomendam a avaliação de corredores em pista para otimização da aplicação prática dos resultados de um teste.

Valendo-se da disponibilidade de sistemas portáteis de análise de gases, é crescente o número de publicações envolvendo a determinação do  $VO_2$  de corredores em pista (BILLAT et al., 2000; BILLAT et al., 2004; BILLAT et al., 2009; DUFFIELD et al., 2004, 2005; HANON et al., 2010; HEUGAS et al., 2007; MEYER et al., 2003; REIS et al., 2004; THOMAS et al., 2005; ZOUHAL et al., 2010). Coletivamente, esses estudos atestam a viabilidade da caracterização de diferentes índices e respostas metabólicas de atletas em condições próprias à modalidade. Interessante notar nesse contexto que embora o déficit acumulado de oxigênio seja empregado por muitos na quantificação da importância relativa do metabolismo anaeróbio em diversas provas (BILLAT et al., 2004; BILLAT et al., 2009; DUFFIELD et al., 2004, 2005; HEUGAS et al., 2007; THOMAS et al., 2005; ZOUHAL et al., 2010), os valores observados não indicam necessariamente o MAOD, inexistindo na literatura relatos de protocolo específico de campo para sua determinação em corredores.

Apesar da aparente viabilidade da estimativa da CAn por meio do MAOD em teste de pista, a praticidade da avaliação deve ser considerada levando-se em conta o tempo normalmente restrito dispensado à avaliações por parte de atletas e/ou

técnicos, especialmente no alto nível. Adaptação do procedimento #3 de Medbø et al. (1988) parece interessante opção nesse sentido. A análise da precisão e validade concorrente do MAOD obtido nessa condição utilizando estratégias alternativas podem também ampliar o corpo de evidências acerca dessa variável.

Com intuito de quantificar o trabalho realizado na corrida horizontal na esteira, Lloyd & Zacks (1972) empregaram interessante método no qual forças resistivas horizontais conhecidas foram aplicadas aos indivíduos por meio de cargas atreladas à cintura dos mesmos através de cinto e polia. Utilizando variações de carga (1,2 a 5,5 kg) e velocidade (11,3 a 13 km/h), Lloyd & Zacks (1972) verificaram relações lineares entre a taxa de trabalho horizontal e o  $VO_2$  para seus três voluntários. Investigações posteriores atestaram elevações da taxa metabólica em função da aplicação de cargas horizontais durante a corrida usando métodos semelhantes (CHANG & KRAM, 1999; COOKE et al., 1991).

Tanto a corrida resistida horizontal (CR) quanto à inclinada acarretam maior trabalho externo comparadas à atividade no plano segundo Chang & Kram (1999). Todavia, os mesmos apontam que diferenças críticas entre essas condições no que diz respeito aos padrões de movimento resultam em importantes divergências quanto aos seus efeitos fisiológicos, como a maior eficiência mecânica em CR. Interessantemente, Chang & Kram (1999) verificaram elevações de ~ 13 e 30 % no  $VO_2$  durante a corrida em esteira a 3,3 m/s (11,9 km/h) em resposta à imposição de cargas horizontais resistivas equivalentes a 3 e 6% do peso corporal, sem alterações significativas de parâmetros cinemáticos como frequência de passada e tempo de contato.

Com base nesses resultados parece razoável admitir que a CR contra cargas relativamente baixas constitui ferramenta válida para elevação da taxa de trabalho mecânico, e conseqüentemente da demanda energética, respeitando a especificidade do gesto motor. Assim, a determinação do MAOD em CR pode representar alternativa atraente para análise da validade concorrente dessa medida e ratificação do alcance da CAn em teste de pista para corredores.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivos gerais

O presente estudo teve como objetivos gerais a determinação do MAOD e sua precisão por meio do procedimento #3 de Medbo et al. (1988) adaptado à pista analisando a influência de variações quanto à inclusão de valores de  $VO_{2REP}$  nas regressões lineares  $VO_2$ -velocidade, bem como a análise da validade concorrente do MAOD obtido em corrida livre confrontando seus valores àqueles observados em teste de corrida resistida.

#### 3.2 Objetivos específicos

Buscando atingir os objetivos gerais acima propostos constituíram objetivos específicos dessa investigação:

- i) quantificar o MAOD de corredores por meio de adaptação do procedimento #3 realizado exclusivamente em pista de atletismo nas condições de corrida livre e resistida, atentando à precisão estatística de predição da  $DO_{2TOT}$ ;
- ii) averiguar a influência de variação quanto à utilização do  $VO_{2REP}$  sobre parâmetros das regressões lineares  $VO_2$ -velocidade bem como sobre a predição da  $DO_2$ ,  $DO_{2TOT}$ , MAOD e precisão dessas estimativas;
- iii) comparar valores de MAOD, seus determinantes diretos e parâmetros das regressões lineares  $VO_2$ -velocidade, obtidos nas condições de corrida livre e resistida em pista.

## 4 JUSTIFICATIVA

Devido ao papel determinante do metabolismo anaeróbio na tolerância ao exercício de alta intensidade, admite-se que a quantificação precisa da CAn constitui aspecto fundamental para a melhor compreensão dos fatores limitantes do desempenho esportivo e otimização da preparação física. Apesar disso, persistem na literatura importantes lacunas quanto à precisão de estimativa e validade do MAOD, medida aceita como padrão para caracterização da CAn. Essa afirmação parece particularmente legítima para condições de campo que maximizem a especificidade da avaliação, como a corrida em pista.

Ao propor determinação do MAOD em teste de pista, analisando a precisão de sua estimativa e validade concorrente frente à manipulação do protocolo usando método alternativo, essa investigação procura levantar informações que ampliem o corpo de evidências acerca desse parâmetro em concordância à idéia de que:

Validação de um teste é um processo contínuo, o qual envolve triagem de um corpo de evidências aplicando uma variedade de métodos com intuito de determinar o grau de precisão quando da utilização das suas medidas para inferências específicas (Wood, 1989, p.25).

## 5 HIPÓTESES

Consoante aos objetivos ii e iii propostos no item 3.2 dessa tese, as hipóteses específicas do presente estudo são:

- i) a ocorrência de alterações significativas de parâmetros das regressões lineares  $VO_2$ -velocidade, assim como  $DO_2$ ,  $DO_{2TOT}$ , MAOD e precisão dessas estimativas devido à variações quanto ao uso de  $VO_{2REP}$ ;
- ii) ausência de diferenças significativas e observação de altas correlações entre valores de MAOD obtidos em corrida livre e resistida consideradas as mesmas estratégias no que se refere ao  $VO_{2REP}$ , à despeito de possíveis diferenças entre parâmetros das regressões,  $DO_2$  e  $DO_{2TOT}$  entre as condições.

## 6 MÉTODOS

### 6.1 Voluntários

Após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro – SP (protocolo 3527 de 5 de Junho de 2009), 10 indivíduos treinados do sexo masculino foram convidados a participar desse estudo como voluntários. A amostra por conveniência foi composta por corredores velocistas de uma equipe de atletismo de alto nível, com prévia experiência em competições nacionais e/ou internacionais.

Os objetivos, procedimentos e riscos envolvidos na realização dos testes foram previamente apresentados aos atletas, que assinaram, em duas vias, termo de consentimento esclarecido concordando em participar dessa investigação. Por meio de anamnese inicial buscou-se identificar aqueles a serem excluídos por uso de medicamentos que afetassem o desempenho e/ou existência de lesões ou outras enfermidades não completamente resolvidas no período das avaliações (1 caso). Foi ainda considerado critério de exclusão durante o estudo a inadequação quanto ao cumprimento satisfatório do protocolo experimental, o que acarretou exclusão de outro atleta da análise final dos dados. Dos 8 voluntários considerados, 3 eram especialistas na prova de 400 m rasos, 2 nos 100 m rasos, 1 nos 400 m com barreiras e 2 nos 110 m com barreiras. As características antropométricas bem como o nível competitivo dos atletas, expresso em diferença percentual da melhor marca na especialidade à época do estudo em relação ao recorde mundial, são apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1 -** Características antropométricas e nível competitivo dos voluntários (n= 8).

Idade (anos)	Massa (kg)	Estatura (cm)	Gordura (%)	Nível*
21,5 ± 3,2 (18 – 28)	71,5 ± 6,0 (61,1 - 79,2)	180 ± 6 (171 - 188)	4,9 ± 1,3 (3,2 – 6,7)	9,8 ± 2,1 (7,0 – 13,1)

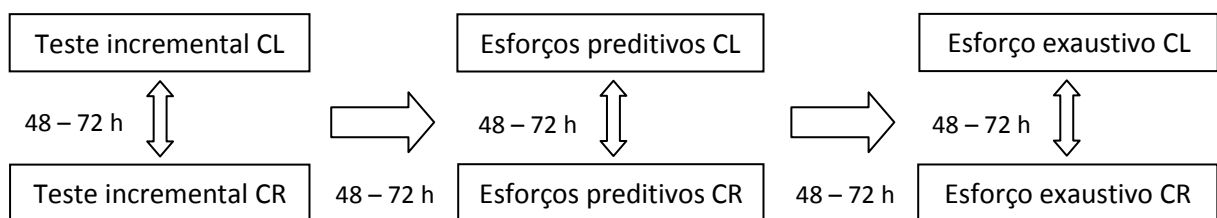
Valores expressos em média ± DP (amplitude). \*Diferença percentual da melhor marca em relação ao recorde mundial na especialidade.

## 6.2 Procedimentos

### 6.2.1 Informações gerais

Inicialmente os voluntários foram submetidos à avaliação antropométrica para determinação da massa corporal e estatura utilizando balança digital e fita métrica. Além disso, a porcentagem de gordura corporal foi estimada por meio da medida de dobras cutâneas conforme protocolo proposto por Jackson & Pollock (1978). Os atletas foram então orientados a ter refeições leves e manter hábitos de hidratação entre 2 e 3 horas antes de cada avaliação, além de evitar sessões extras de atividade física intensa e ingestão de álcool nas 24 h precedentes aos testes.

Num intervalo de duas semanas, no início do período preparatório da temporada, os voluntários foram submetidos a 6 sessões experimentais separadas por 48 a 72 horas em pista sintética de atletismo de 400 m. As avaliações foram realizadas aproximadamente na mesma hora do dia para cada sujeito no período matutino, com temperatura ambiente entre 25 e 32 °C. Teste incremental, esforços submáximos preditivos e supramáximo exaustivo em velocidades constantes foram realizados em CL e CR. Apesar da ordem dos testes ter sido necessariamente respeitada em cada condição, os voluntários foram alocados de forma aleatória em CL ou CR em cada avaliação específica, conforme ilustrado na figura 1. Em todas as oportunidades as velocidades foram controladas por meio de sinais sonoros proporcionados por um avaliador experiente, com intuito de guiar os atletas a passarem por marcas posicionadas a cada 50 m na pista (Figura 2).



**Figura 1** - Desenho experimental adotado com indicação do intervalo entre avaliações subsequentes. Setas denotam a ordem de realização dos testes. CL = corrida livre; CR = corrida resistida.



**Figura 2** - Pista sintética de 400 m com indicação das demarcações utilizadas para controle da velocidade durante as avaliações.

#### 6.2.2 Medidas fisiológicas

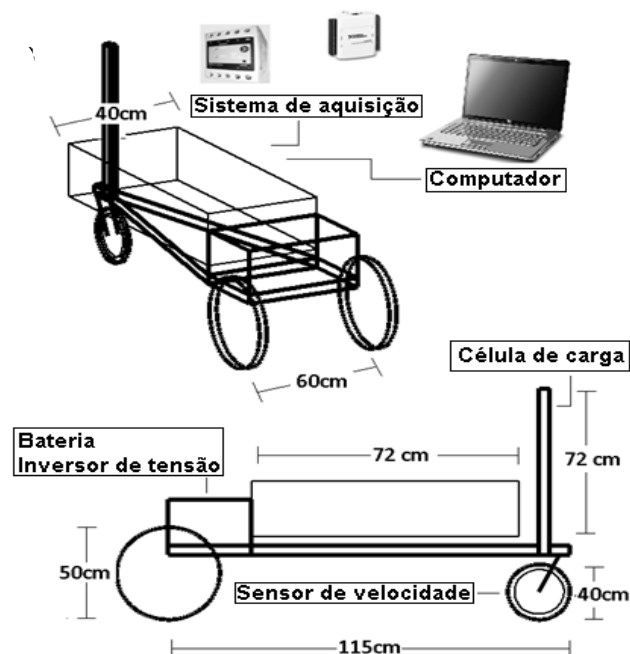
Em todos os testes os voluntários tiveram  $\dot{V}O_2$ , produção de dióxido de carbono ( $\dot{V}CO_2$ ) e ventilação (VE) monitorados respiração a respiração por meio de analisador de gases portátil (K4b<sup>2</sup>, Cosmed, Roma, Itália), previamente calibrado conforme recomendações do fabricante. Para tanto foram utilizadas amostras de mistura gasosa de concentrações conhecidas com 16% de  $O_2$  e 5% de  $CO_2$  (White Martins, Brasil) e ar ambiente, além de seringa de 3 l para calibração do sensor de ventilação. Além disso, a frequência cardíaca (FC) foi aferida durante os esforços usando cinto transmissor (T61, Polar Electro, Kempele, Finlândia). Os dados brutos referentes aos parâmetros acima foram continuamente transferidos via telemetria a software específico (K4b<sup>2</sup> Data Management Software, versão 9.1b, Cosmed, Roma, Itália) e posteriormente analisados em Excel (Microsoft Office Excel 2007 for Windows, Microsoft, USA) utilizando médias móveis de 15 respirações sucessivas (Robergs et al., 2010).

Amostras sanguíneas de 25  $\mu$ L foram coletadas do lóbulo da orelha dos voluntários em tubos capilares heparinizados nos minutos 1, 3, 5, 7 e 9 após os testes incrementais e supramáximos em velocidade constante, sendo imediatamente transferidas a tubos Eppendorf de 1,5 mL contendo 400  $\mu$ L de solução de ácido tricloroacético 4% e armazenadas em gelo para posterior análise da lactacidemia em

leitadora de microplaca (Asys Expert Plus UV, Biochrom, UK). As concentrações pico de lactato ( $[Lac]_{PICO}$ ) foram consideradas para análise.

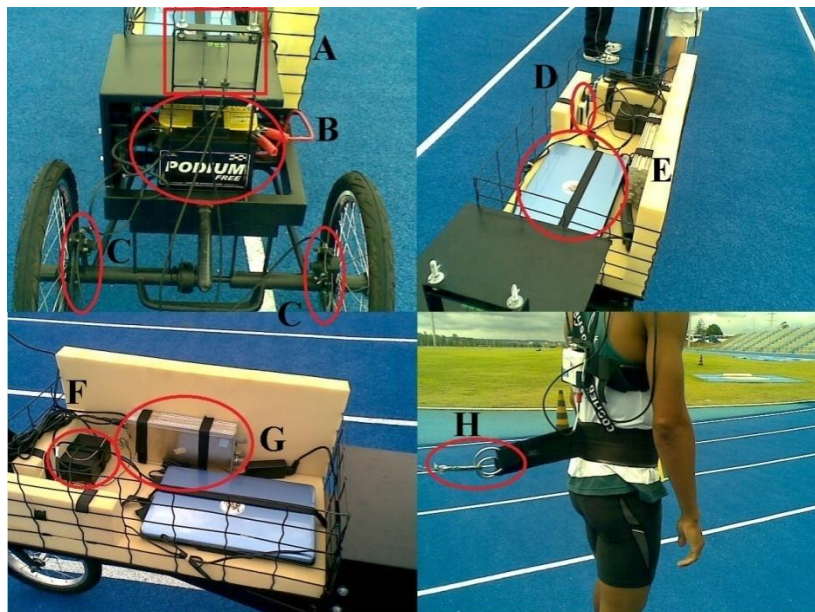
### 6.2.3 Aparato para os testes de corrida resistida

Aparato móvel desenvolvido em nosso laboratório e recentemente descrito por Sousa (2013) foi utilizado nos testes de CR. O referido instrumento consiste em chassi metálico de triciclo com haste vertical alocada em sua porção dianteira, pneus de borracha e sistema de freio mecânico a disco ajustável nas rodas traseiras. O mesmo é ainda equipado com sensor magnético (55110, Hamlin, USA) em sua roda dianteira e célula de carga (CSL/ZL-250, MK, Brasil) fixada à haste frontal, a qual permite ajuste de sua altura. Numa cesta soldada ao centro do chassi encontram-se fonte de energia, amplificador DC universal (Gould, USA), condicionador de sinais (USB-6008, National Instruments, USA) e notebook, sistema esse alimentado por bateria de 12 V e inversor DC-AC fixados à região pôsterio-inferior do chassi. Características mais específicas do aparato são mostradas nas figuras 3 e 4.



**Figura 3** - Ilustração do aparato móvel empregado nos testes de corrida resistida com indicação de medidas do chassi e posicionamento de componentes eletro-eletrônicos (adaptado de Sousa, 2013).

Para os testes em CR os corredores foram atados à altura da cintura ao aparato por meio de cinto de nylon, o qual foi fixado à célula de carga por cabo de aço de 1,5 m (Figura 5). Nessa condição foram impostas aos atletas resistências equivalentes a 4 % do peso corporal. Para tanto, antes de cada teste o aparato foi freado ao máximo e a carga equivalente à resistência individual, aplicada horizontalmente ao sistema utilizando uma polia e anilhas de massas conhecidas (Figura 6). Então a frenagem foi progressiva e lentamente reduzida até que o aparato começasse a se mover, momento no qual a resistência foi tida como ajustada.



**Figura 4** - Detalhes do aparato empregado para a realização dos testes de corrida resistida. A) regulador da frenagem mecânica; B) bateria 12 V; C) freios a disco; D) condicionador de sinais; E) notebook; F) fonte de energia; G) amplificador DC e; H) fixação do cabo de aço ao cinto de nylon.

Além de possibilitar a aplicação de resistência horizontal ao deslocamento em toda a extensão da pista, o aparato permitiu a aferição contínua da força de tração horizontal exercida. Para calibração dos sinais aferidos pela célula de carga, forças conhecidas de 0 a 343 N foram aplicadas horizontalmente à mesma antes das avaliações por meio de anilhas acopladas ao sistema de polia anteriormente citado.

As voltagens resultantes foram então registradas e regressões lineares calculadas a fim de permitir a conversão de sinais em milivolts a unidades de força. Os sinais da célula de carga foram amplificados, captados a 1000 Hz em ambiente LabView (LabView Signal Express 2009, National Instruments, USA) e posteriormente analisados usando rotinas específicas em MATLAB (MATLAB, R2008a, MathWorks, USA). Valores médios de força em cada estágio do teste incremental, nos minutos finais dos esforços preditivos e durante a prova exaustiva supramáxima em CR foram computados.



**Figura 5** - Voluntário atado ao aparato móvel para a realização dos testes de corrida resistida em pista. A) Fixação do cabo de aço à célula de carga ajustada à altura da cintura do indivíduo.

#### 6.2.4 Testes incrementais

Testes incrementais máximos foram realizados para determinação do consumo pico de oxigênio ( $VO_{2PICO}$ ) e velocidade associada a esse parâmetro ( $vVO_{2PICO}$ ), sendo também verificados o limiar ventilatório (LV), FC pico ( $FC_{PICO}$ ) e  $[Lac]_{PICO}$  em CL e CR.



**Figura 6** - Sistema utilizado para ajuste da resistência individual imposta nos testes de corrida resistida e calibrações para aferição da força a partir dos sinais da célula de carga.

Após equipados e monitorados durante 5 minutos na condição de repouso em pé para obtenção de medidas basais, os voluntários realizaram aquecimento composto por trote de 800 m (2 voltas na pista) seguido de 5 minutos de alongamentos. Os testes incrementais propriamente ditos tiveram então início a 9 km/h, com velocidade acrescida de 1 km/h a cada 2 minutos até a exaustão voluntária ou a não sustentação da velocidade pré-determinada, indicada pelo não alcance de duas marcas sucessivas nos intervalos requeridos apesar de intenso estímulo verbal.

Os maiores valores de  $VO_2$ , FC e quociente respiratório (R) durante os testes foram tomados como  $VO_{2PICO}$ ,  $FC_{PICO}$  e  $R_{PICO}$ , respectivamente, enquanto para determinação da  $vVO_{2PICO}$  foi considerada a menor velocidade na qual o  $VO_{2PICO}$  for observado. Já o LV foi identificado visualmente pelo início da elevação sustentada do equivalente ventilatório de oxigênio ( $VE/VO_2$ ) sem concomitante aumento da relação  $VE/VCO_2$  (CAIOZZO et al., 1982). Na determinação das velocidades associadas ao LV e  $VO_{2PICO}$  foram adotadas correções pela duração do estágio até as respectivas ocorrências, como indicado por Kuipers et al. (1985).

### 6.2.5 Esforços submáximos preditivos e regressões lineares velocidade – $\text{VO}_2$

Seguindo procedimentos já descritos de instrumentação, medidas de repouso e aquecimento, os voluntários foram solicitados a realizar esforços submáximos com 6 minutos de duração em velocidades constantes de 9, 11, 13 e 15 km/h em CL e CR. Para cada atleta tais esforços foram realizados em sessão única em cada condição, da menor para a maior velocidade, com período de repouso passivo variável até que o  $\text{VO}_2$  retornasse a valores próximos aos de repouso antes de uma nova corrida. Uma vez que nenhum dos atletas sustentou a intensidade de 15 km/h pela duração requerida em CR, nessa condição foram consideradas três ao invés de quatro velocidades submáximas. O  $\text{VO}_2$  médio individual no último minuto de repouso precedente ao exercício foi tomado como  $\text{VO}_{2\text{REP}}$ , enquanto em esforço foram consideradas as médias de  $\text{VO}_2$  observadas no sexto minuto em cada velocidade. Regressões lineares individuais velocidade- $\text{VO}_2$  foram então construídas com e sem a inclusão de  $\text{VO}_{2\text{REP}}$  na velocidade zero em CL e CR, sendo a  $\text{DO}_2$  para os esforços supramáximos exaustivos em ambas as condições predita pela extrapolação dessas regressões.

### 6.2.6 Esforços supramáximos exaustivos e cálculo do MAOD

Corridas supramáximas em velocidades constantes foram realizadas para determinação de parâmetros necessários ao cálculo do MAOD. Em CL e CR foram utilizadas velocidades equivalentes a 120 e 110 % da  $v\text{VO}_{2\text{PICO}}$  alcançada nos respectivos testes incrementais. Além dos procedimentos e aquecimento padrão, previamente a esses esforços os voluntários tiveram a oportunidade de realizar de uma a duas corridas breves (~ 5 a 8 s) objetivando adequação e familiarização às velocidades pré-estabelecidas. A demanda total de oxigênio ( $\text{DO}_{2\text{TOT}}$ ) para as provas exaustivas foi computada como produto da  $\text{DO}_2$  predita pela duração do exercício ao segundo mais próximo, adotados os mesmos critérios de exaustão e estimulação dos testes incrementais. O MAOD foi então calculado em valores relativos à massa corporal ( $\text{mlO}_2/\text{kg}$ ) como a diferença entre  $\text{DO}_{2\text{TOT}}$  e consumo acumulado de oxigênio ( $\text{VO}_{2\text{AC}}$ ) no esforço, obtido pela área sob a curva do  $\text{VO}_2$  em função do

tempo. Os valores pico das respostas fisiológicas alcançadas nessas avaliações também foram aferidos para fins de comparação.

### 6.2.7 Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada através dos softwares Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft, USA) e Statistica 7.0 (Statsoft, USA). Os resultados são apresentados em média  $\pm$  desvio padrão (DP) e amplitude para todas as variáveis estudadas. Especificamente quanto às regressões velocidade-VO<sub>2</sub>, a qualidade dos ajustes lineares foi analisada levando-se em conta o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o erro padrão de estimativa ( $S_e$ ). Já a precisão de estimativa da DO<sub>2</sub> foi quantificada por meio do erro padrão do valor predito ( $S_y$ ) (Equação 1) e intervalo de confiança de 95% (IC95%-DO<sub>2</sub>) (PARSONS, 1978; ALTMAN & GARDNER, 1988), os quais multiplicados pela duração da prova supramáxima proporcionaram respectivamente o cômputo do erro de predição (ERRO-DO<sub>2TOT</sub>) (REIS et al., 2004) e intervalo de confiança de 95% da DO<sub>2TOT</sub> (IC95%-DO<sub>2TOT</sub>) (RUSSEL et al., 2000), por sua vez indicativos da precisão do MAOD.

$$s_y = s_e \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}} \quad (1)$$

Onde:

$S_e$  = erro padrão de estimativa da regressão

$n$  = número de pontos empregados na regressão;

$x$  = velocidade supramáxima associada à DO<sub>2</sub> predita;

$\bar{x}$  = média das velocidades empregadas na regressão

$x_i$  = valores de cada velocidade empregada na regressão

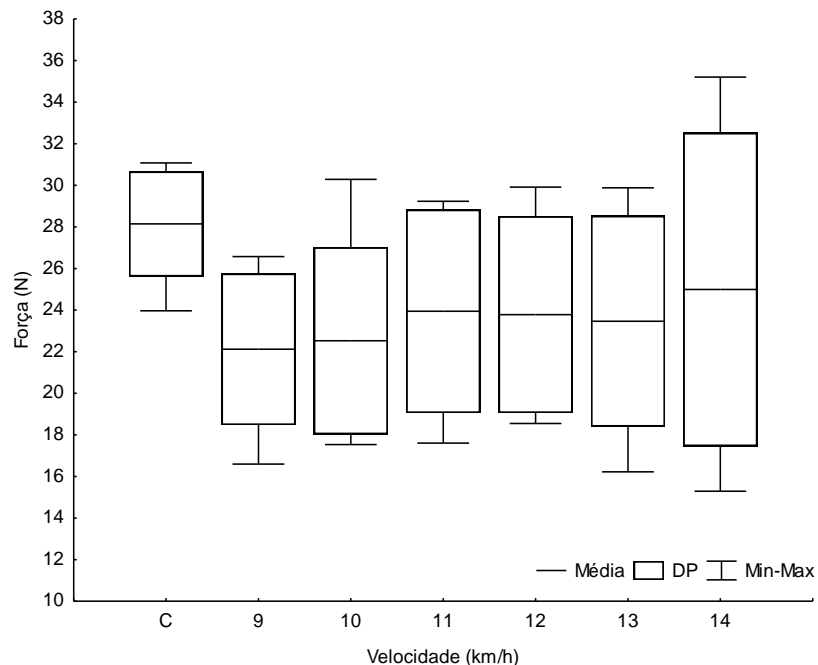
Comparações entre dois e apenas dois conjuntos de dados foram realizadas por meio do teste t de Student pareado. Análises de variância (ANOVAs) para

medidas repetidas com uma (one-way) ou duas (two-way) entradas foram utilizadas para comparações simultâneas entre três ou mais valores. A esfericidade dos dados submetidos às ANOVAs com mais de dois níveis foi averiguada pelo teste de Mauchly, e correções de Greenhouse-Geisser para graus de liberdade foram empregadas caso necessário. Quando apontadas diferenças significativas, comparações pareadas foram realizadas por meio do teste *post-hoc* de Scheffé. O grau de associação entre variáveis de interesse específicas foi determinado pelo coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e para todo o tratamento inferencial aqui descrito foi aceita significância estatística quando  $P < 0,05$ .

## 7 RESULTADOS

### 7.1 Testes incrementais

A resistência imposta aos atletas em CR por meio da calibração da frenagem do aparato foi de  $28,1 \pm 2,3$  (24,0 – 31,2) N. Devido a falhas técnicas, sinais de força não foram captados durante o teste incremental para um indivíduo. Dos voluntários restantes apenas dois alcançaram 15 km/h nessa avaliação. Assim, ANOVA one-way foi realizada envolvendo resistência imposta e forças de tração aferidas nos estágios de 9 a 14 km/h com  $n = 7$ . Como pode ser observado na figura 7, a força nos estágios incrementais foi em média 4,7 N ou 16,5 % menor que a resistência imposta, não sendo verificadas, entretanto, diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre essas variáveis segundo análise de variância com correção de Greenhouse-Geisser.



**Figura 7 -** Resistência imposta na calibração (C) e força média de tração nos diferentes estágios do teste incremental em corrida resistida. ANOVA one-way:  $F(1,48; 8,90) = 2,087$ ;  $P = 0,18$  ( $n = 7$ ).

Os índices fisiológicos determinados nos testes incrementais contínuos em CL e CR são apresentados na tabela 2. Não foram observadas diferenças significativas entre as condições quanto ao  $VO_2$  no limiar ventilatório,  $VO_{2PICO}$ ,  $R_{PICO}$ ,  $FC_{PICO}$  e  $[Lac]_{PICO}$  ( $P > 0,05$ ). No entanto, reduções médias de 10,4 e 13,8 % da velocidade no LV e  $vVO_{2PICO}$  em resposta à imposição de resistência horizontal mostraram-se estatisticamente significativas ( $P < 0,05$ ). Foram verificadas ainda correlações significativas entre valores de  $VO_{2PICO}$ ,  $vVO_{2PICO}$  e  $FC_{PICO}$  obtidos em CL e CR ( $r \geq 0,71$ ;  $P < 0,05$ ), o que não ocorreu para as demais variáveis.

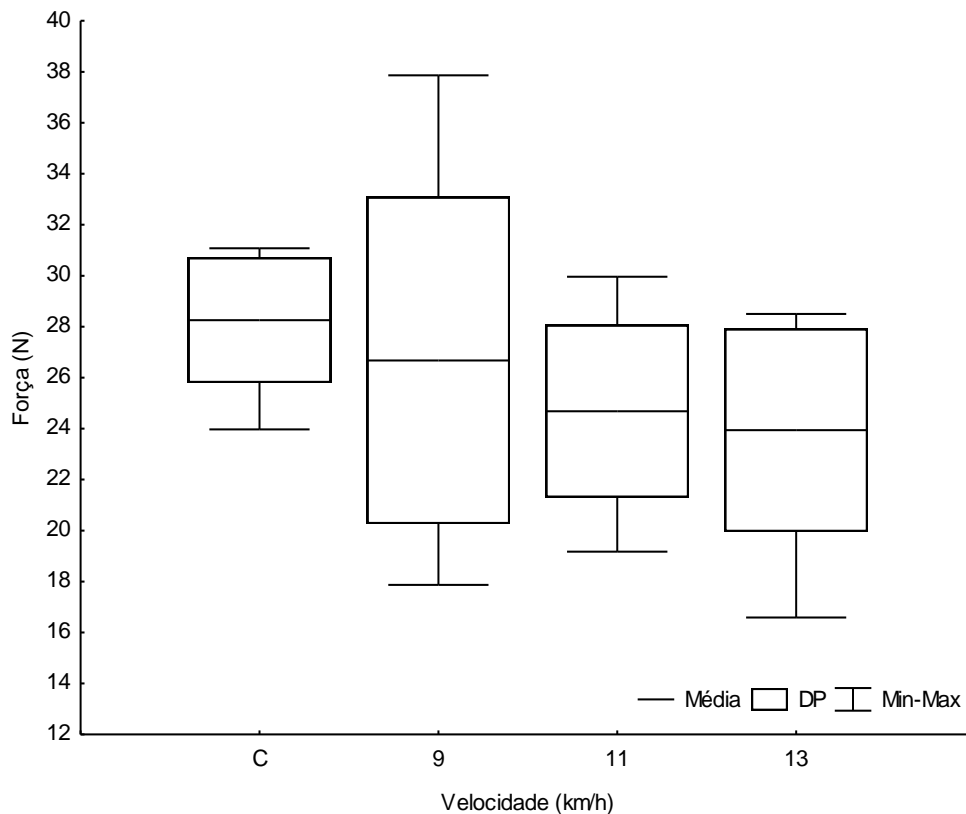
**Tabela 2 -** Parâmetros fisiológicos pico e limiar ventilatório nos testes incrementais em corrida livre (CL) e resistida (CR) em pista (n = 8).

	CL	CR	P–teste t	r de Pearson
LV (ml/kg/min)	39,0 ± 3,1 (35,3 - 43,5)	40,4 ± 2,4 (37,0 - 43,9)	0,24	0,39
LV (km/h)	12,5 ± 0,4 (11,5 - 12,9)	11,2 ± 0,5 (10,6 - 12,0)	< 0,01	0,28
$VO_{2PICO}$ (ml/kg/min)	48,9 ± 2,6 (45,1 - 52,9)	49,7 ± 2,1 (46,9 - 53,2)	0,28	0,71*
$vVO_{2PICO}$ (km/h)	16,7 ± 1,0 (15,6 - 18,5)	14,4 ± 0,6 (13,4 - 15,4)	< 0,01	0,80*
$R_{PICO}$	1,25 ± 0,08 (1,14 - 1,38)	1,25 ± 0,03 (1,20 - 1,30)	0,93	0,39
$FC_{PICO}$ (bpm)	192 ± 4 (186 - 198)	191 ± 5 (181 - 198)	0,40	0,75*
$[lac]_{PICO}$ (mM)	10,4 ± 1,3 (9,2 - 13,0)	8,9 ± 1,7 (6,5 - 11,2)	0,11	-0,14

Dados expressos em média ± DP (amplitude). LV = limiar ventilatório;  $VO_{2PICO}$  = consumo pico de oxigênio;  $vVO_{2PICO}$  = velocidade associada ao  $VO_{2PICO}$ ;  $R_{PICO}$  = quociente respiratório pico;  $FC_{PICO}$  = frequência cardíaca pico;  $[Lac]_{PICO}$  = lactacidemia pico. \* $P < 0,05$ .

## 7.2 Esforços submáximos preditivos e regressões lineares velocidade – VO<sub>2</sub>

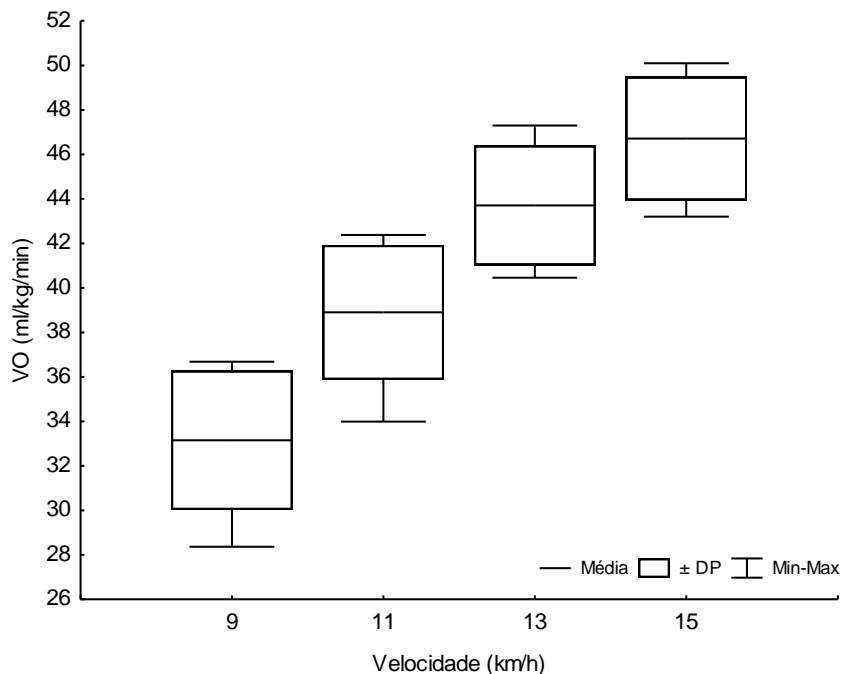
Assim como no teste incremental dados de força deixaram de ser captados durante um conjunto de esforços submáximos, mas em outro indivíduo. Comparação entre resistência imposta na calibração e forças médias de tração no minuto final de cada velocidade preditiva foi realizada levando-se em conta 7 atletas (Figura 8), sendo significância estatística apontada por ANOVA one-way ( $P < 0,05$ ). Os valores médios nas corridas a 9, 11 e 13 km/h foram respectivamente 1,6; 3,6 e 4,3 N inferiores à força imposta, diferenças equivalentes a 5,6; 12,6 e 15,3%. Todavia, contrastes *post-hoc* não se mostraram significantes, notado  $P = 0,05$  entre resistência imposta e força em 13 km/h.



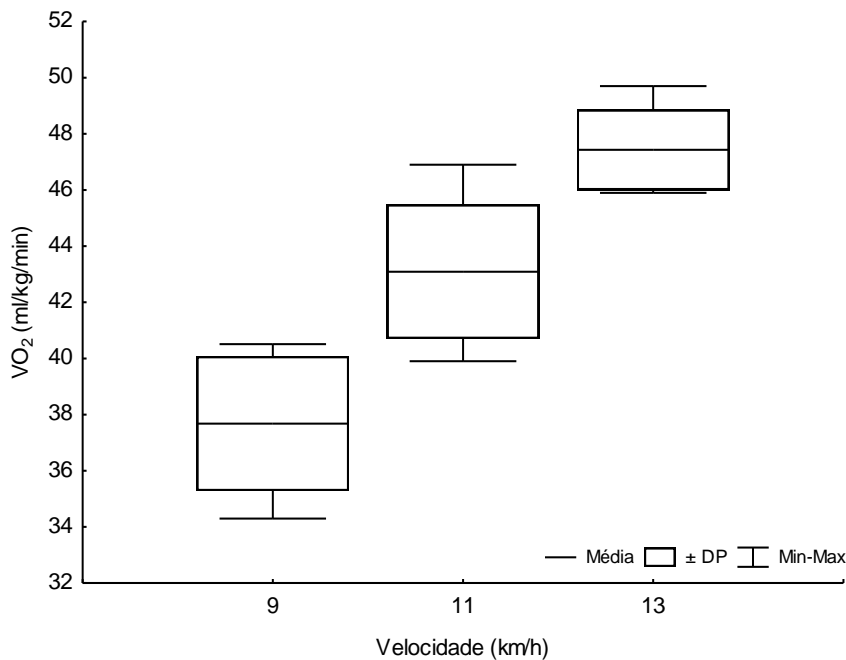
**Figura 8** - Resistência imposta na calibração (C) e força média de tração no minuto final dos diferentes esforços submáximos preditivos em corrida resistida. ANOVA one-way:  $F(3; 18) = 3,839$ ;  $P = 0,03$  ( $n = 7$ ).

O  $VO_{2REP}$  mensurado previamente aos esforços submáximos preditivos em CL [ $5,9 \pm 0,5$  (5,3 - 6,6) ml/kg/min] não diferiu daquele em CR [ $5,7 \pm 0,7$  (4,9 - 7,0) ml/kg/min] ( $P = 0,39$ ), sendo a correlação entre eles apenas moderada e também não significativa ( $r = 0,57$ ;  $P > 0,05$ ).

Em ambas as condições, o  $VO_2$  médio no sexto minuto de exercício mostrou-se aumentado em função da velocidade, com efeitos significativos ( $P < 0,01$ ) apontados por ANOVAs one-way (empregada correção de Greenhouse-Geisser no caso de CL). Testes *post-hoc* de Scheffé revelaram diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre todas as velocidades tanto em CL (Figura 9) quanto CR (Figura 10). Expressas em percentuais do  $VO_{2PICO}$  verificado nos respectivos testes incrementais, as intensidades submáximas corresponderam a  $67,8 \pm 5,0$  (60,3 - 74,4),  $79,6 \pm 5,5$  (68,9 - 86,0),  $89,4 \pm 2,8$  (85,4 - 94,2) e  $95,5 \pm 3,0$  (90,4 - 99,4) % em CL; e  $75,9 \pm 5,0$  (67,8 - 80,9),  $86,9 \pm 5,4$  (76,4 - 92,4) e  $95,6 \pm 3,7$  (89,1 - 99,0) % em CR.



**Figura 9** - Consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) nos esforços submáximos preditivos em corrida livre ( $n = 8$ ). ANOVA one-way:  $F(1,36; 9,54) = 251,88$ ;  $P < 0,01$ . Post-hoc de Scheffé:  $P < 0,01$  entre todas as velocidades.

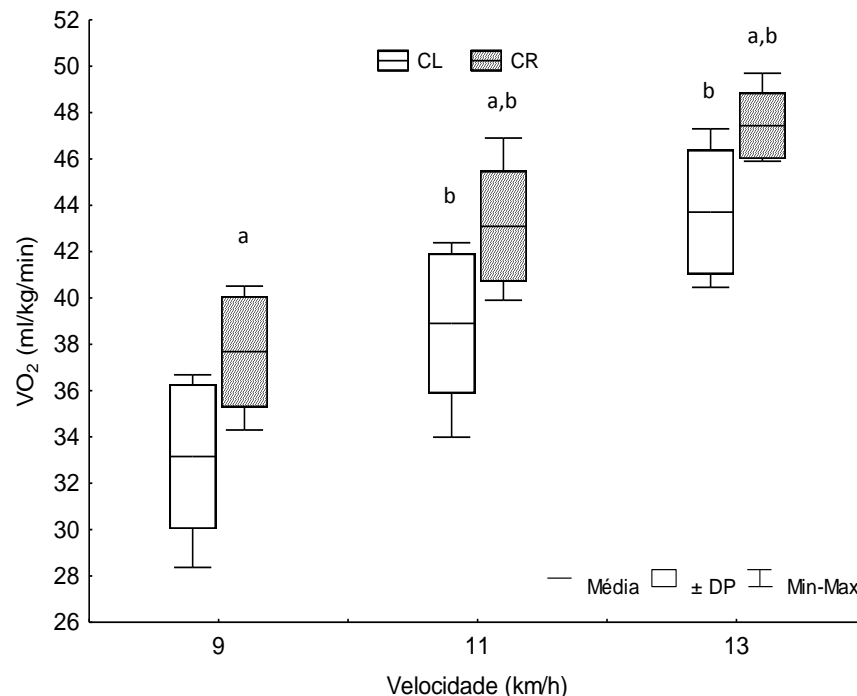


**Figura 10** - Consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) nos esforços submáximos preditivos em corrida resistida ( $n = 8$ ). ANOVA one-way:  $F(2; 14) = 223,3$ ;  $p < 0,01$ . Post-hoc de Scheffé:  $P < 0,01$  entre todas as velocidades.

Considerando apenas as velocidades comuns às situações, ou 9, 11 e 13 km/h, as alterações de  $VO_2$  entre CL e CR foram de respectivamente  $4,5 \pm 1,3$  (2,3 – 5,9),  $4,2 \pm 1,8$  (2,5 – 6,9) e  $3,9 \pm 1,6$  (1,7 – 5,7) ml/kg/min (Figura 11). Conforme ANOVA two-way, foram observados efeitos significativos sobre o  $VO_2$  tanto para o fator velocidade quanto condição ( $P < 0,01$ ), mas não para a interação entre estes ( $P > 0,05$ ). Além de elevações significativas ( $P < 0,01$ ) a cada incremento de intensidade, confrontos *post-hoc* revelaram maior  $VO_2$  em CR em todas as velocidades ( $P < 0,01$ ).

Dado à diferença entre a quantidade de pontos disponíveis para a construção de regressões lineares em CL e CR, e admitindo melhor equiparação entre estas quanto às faixas de intensidade relativa quando adotadas as três maiores velocidades em ambas, a corrida preditiva de 9 km/h em CL foi excluída das análises subsequentes. Novas comparações foram realizadas, agora tendo como variáveis independentes a ordem dos esforços submáximos (1º, 2º e 3º) em relação às intensidades relativas em detrimento às velocidades absolutas.

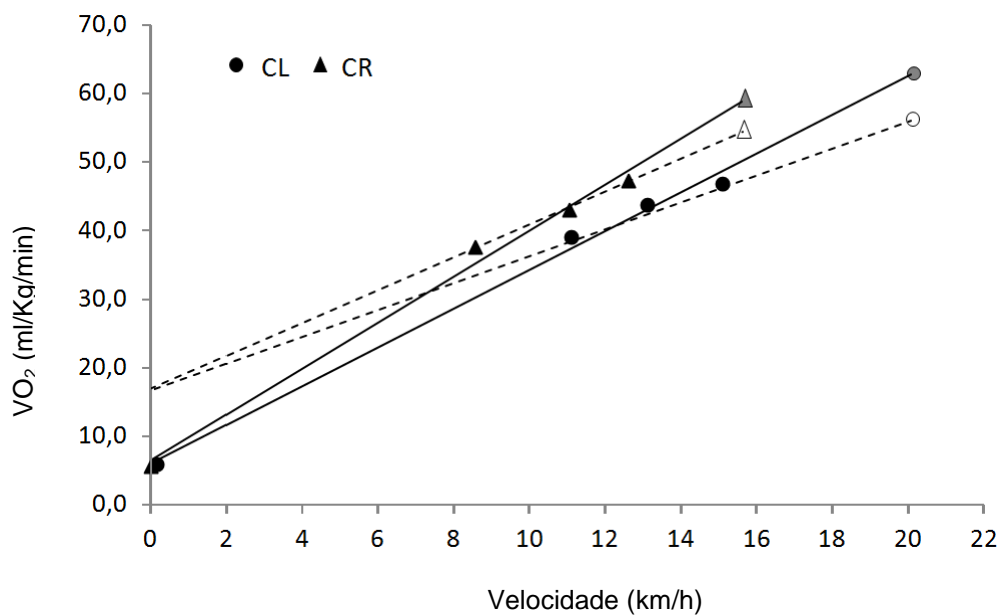
Significâncias estatísticas foram indicadas por ANOVAs two-way para os efeitos esforço [F(2, 14)= 276,74; P < 0,01] e condição [F(1, 7)= 8,40; P = 0,02], bem como interação entre eles [F(2, 14) = 4,44; P = 0,03] no que se refere às intensidades preditivas expressas em % do  $VO_{2PICO}$ . Com exceção às comparações entre CL e CR quanto ao segundo ( $89,4 \pm 2,8$  vs  $86,9 \pm 5,4$  %; P = 0,36) e terceiro ( $95,5 \pm 3,0$  vs  $95,6 \pm 3,7$  %; P = 0,99) esforços, diferenças significativas ocorreram em todos os contrastes pareados, incluindo o primeiro esforço nas diferentes condições ( $79,6 \pm 5,5$  vs  $75,9 \pm 5,0$  %; P = 0,03).



**Figura 11** - Consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) nos esforços submáximos preditivos comuns à corrida livre (CL) e resistida (CR). ANOVA two-way: F(2,14) = 327,72; P < 0,01 para velocidade; F(1, 7) = 70,722, P < 0,01 para condição, e F(2,14) = 1,014; P = 0,39 para a interação velocidade-condição. Post-hoc de Scheffé: <sup>a</sup>P < 0,01 em relação à CL na mesma velocidade; <sup>b</sup>P < 0,01 em relação às demais velocidades na mesma condição (n = 8).

Resultados relativos às regressões lineares velocidade- $VO_2$  sem e com valores de  $VO_{2REP}$  em CL e CR são ilustrados na figura 12 e detalhados na tabela 3.

ANOVAs two-way (condição x utilização de  $VO_{2REP}$ ) revelaram efeito “condição” significativo apenas para inclinação e  $DO_2$  ( $P < 0,05$ ). Por outro lado, variação quanto ao  $VO_{2REP}$  resultou em efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para todas as variáveis exceto  $R^2$  e  $S_y$ , não sendo observada qualquer interação importante entre os efeitos principais. De acordo com testes de Scheffé, não houve qualquer diferença significativa entre as condições no que tange aos parâmetros das regressões sem  $VO_{2REP}$ . No entanto, tanto em CL quanto em CR a inclusão de  $VO_{2REP}$  acarretou reduções estatisticamente significantes de intercepto e  $IC95\%-DO_2$ , e elevações de inclinação e  $DO_2$  ( $P < 0,05$ ). As regressões com  $VO_{2REP}$  também resultaram em maior  $S_e$  ( $P < 0,05$ ) quando comparadas à CL sem  $VO_{2REP}$ , e a única diferença significativa entre as condições considerada a inclusão de  $VO_{2REP}$  foi a maior inclinação em CR ( $P < 0,05$ ), a qual se mostrou superior a todos os outros valores.



**Figura 12** - Regressões lineares médias velocidade- $VO_2$  em corrida livre (CL) e resistida (CR) sem (linhas achuradas) e com (linhas contínuas)  $VO_2$  de repouso ( $VO_{2REP}$ ) e três intensidades preditivas. Demandas de oxigênio para velocidades supramáximas previstas sem e com  $VO_{2REP}$  indicadas por círculos branco e cinza em CL, e triângulos branco e cinza em CR ( $n = 8$ ).

**Tabela 3 -** Parâmetros das regressões lineares velocidade-VO<sub>2</sub> em corrida livre (CL) e resistida (CR) sem e com valores de VO<sub>2</sub> de repouso (VO<sub>2</sub>REP) na velocidade zero (n = 8).

	CL		CR		Two-way ANOVA P		
	Sem VO <sub>2</sub> REP	Com VO <sub>2</sub> REP	Sem VO <sub>2</sub> REP	Com VO <sub>2</sub> REP	Condição	VO <sub>2</sub> REP	Interação
Intercepto (ml/kg/min)	17,0 ± 6,6 (2,5 – 22,3)	6,4 ± 0,5 <sup>a</sup> (5,7 – 7,1)	16,7 ± 5,8 (8,9 – 23,5)	6,5 ± 0,8 <sup>a</sup> (5,3 – 7,8)	0,97	<0,01	0,90
Inclinação (ml/kg/min/km/h)	2,000 ± 0,468 (1,500 – 2,900)	2,802 ± 0,190 <sup>b</sup> (2,596 – 3,042)	2,416 ± 0,447 (1,897 – 2,974)	3,347 ± 0,180 <sup>d</sup> (3,136 – 3,652)	<0,01	<0,01	0,54
S <sub>e</sub> (ml/kg/min)	0,693 ± 0,345 (0,160 – 1,060)	1,893 ± 0,574 <sup>b</sup> (0,894 – 2,418)	1,011 ± 0,430 (0,420 – 1,697)	2,289 ± 1,114 <sup>b</sup> (0,680 – 3,912)	0,09	<0,01	0,86
R <sup>2</sup>	0,984 ± 0,010 (0,971 – 0,999)	0,993 ± 0,004 (0,988 – 0,998)	0,975 ± 0,018 (0,950 – 0,996)	0,989 ± 0,009 (0,974 – 0,999)	0,07	0,08	0,49
DO <sub>2</sub> (ml/kg/min)	57,3 ± 4,8 (51,5 – 66,9)	62,5 ± 2,6 <sup>a</sup> (58,8 – 65,7)	55,1 ± 3,1 (50,4 – 58,8)	59,3 ± 3,2 <sup>c</sup> (55,5 – 63,7)	0,03	<0,01	0,54
S <sub>y</sub> (ml/kg/min)	1,8 ± 1,0 (0,4 – 3,5)	1,9 ± 0,5 (1,1 – 2,4)	2,0 ± 1,1 (0,7 – 3,6)	2,1 ± 1,0 (0,7 – 3,7)	0,39	0,82	0,94
IC95%-DO <sub>2</sub> (ml/kg/min)	46,4 ± 25,7 (9,1 – 88,9)	16,5 ± 4,7 <sup>a</sup> (9,1 – 20,7)	50,3 ± 27,8 (17,8 – 92,2)	18,3 ± 8,3 <sup>c</sup> (6,0 – 31,8)	0,53	0,01	0,85

Valores expressos em média ± desvio padrão (amplitude). S<sub>e</sub> = erro padrão de estimativa; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; DO<sub>2</sub> = demanda predita de oxigênio para as velocidades supramáximas; S<sub>y</sub> = erro padrão do valor predito da DO<sub>2</sub>; IC95%-DO<sub>2</sub> = intervalo de confiança de 95% do valor predito da DO<sub>2</sub>. <sup>a</sup>P < 0,05 em relação aos valores sem VO<sub>2</sub>REP; <sup>b</sup>P < 0,05 em relação à CL sem VO<sub>2</sub>REP; <sup>c</sup>P < 0,05 em relação à CR sem VO<sub>2</sub>REP; <sup>d</sup>P < 0,05 em relação aos demais valores.

### 7.3 Testes supramáximos exaustivos

A diferença entre a força aferida na prova supramáxima em CR ( $26,8 \pm 6,2$  N) e a resistência imposta pela frenagem do aparato foi de  $-1,3 \pm 5,8$  N, não alcançando significância estatística segundo o teste t de Student ( $P = 0,55$ ;  $n = 8$ ). A força na corrida exaustiva em CR também não diferiu de forma significativa das aferidas nas provas preditivas, sendo ligeiramente maior que aquelas a 9 (0,8 N), 11 (2,8 N) e 13 (3,5 N) km/h [ANOVA one-way:  $F(1,16; 6,99) = 1,171$ ,  $P = 0,33$  com correção de Greenhouse-Geisser].

As velocidades empregadas nos esforços supramáximos exaustivos livre e resistido foram  $20,1 \pm 1,3$  (18,7 – 22,2) e  $15,8 \pm 0,6$  (14,7 – 16,9) km/h, resultando em tempos de exaustão de respectivamente  $2,68 \pm 0,46$  (2,12 – 3,52) e  $3,47 \pm 0,75$  (2,28 – 4,50) min, e  $VO_{2AC}$  de  $119,0 \pm 25,7$  (90,0 – 160,5) e  $152,7 \pm 40,8$  (86,0 – 218,7) ml/kg. Diferenças significativas entre as condições foram observadas tanto para a velocidade ( $P < 0,01$ ) quanto tempo de exaustão ( $P = 0,04$ ), mas não  $VO_{2AC}$  ( $P = 0,08$ ). Além disso, a correlação entre as velocidades em CL e CR se mostrou significativa ( $r = 0,80$ ;  $P < 0,05$ ), ocorrência não observada para as outras duas variáveis ( $r = 0,05$  e  $0,09$ ;  $P > 0,05$ ).

De acordo com o teste t de Student pareado, não houve diferenças significativas entre CR e CL quanto aos parâmetros fisiológicos pico observados nos testes supramáximos ( $P > 0,05$ ). As correlações intercondições para essas variáveis também não alcançaram significância estatística ( $P < 0,05$ ) (Tabela 4).

ANOVAs two-way teste (incremental vs exaustivo) x condição (CL vs CR) para medidas repetidas indicaram ausência de efeitos principais ou interações significativas para  $VO_{2PICO}$  e  $R_{PICO}$  ( $P = 0,06$  a  $0,85$ ). Por outro lado, efeito “teste” significativo foi verificado para a  $FC_{PICO}$  ( $P < 0,01$ ), com comparações *post-hoc* indicando maiores valores nos esforços incrementais em relação àqueles nos testes exaustivos ( $P < 0,01$ ). Quanto ao  $[Lac]_{PICO}$ , efeito teste significativo foi sugerido pela ANOVA ( $P = 0,03$ ), com menor valor em CR vs CL. Porém, não foram observadas diferenças significativas quando das comparações *post-hoc* pareadas para esta variável ( $P = 0,15$  a  $0,92$ ).

**Tabela 4 -** Parâmetros fisiológicos pico observados nos testes exaustivos supramáximos nas condições de corrida livre (CL) e resistida (CR) (n = 8).

	CL	CR	P–teste t	r de Pearson
VO <sub>2PICO</sub> (ml/kg/min)	48,8 ± 3,8 (44,6 – 56,8)	49,3 ± 2,9 (45,6 – 53,8)	0,60	0,68
R <sub>PICO</sub>	1,29 ± 0,09 (1,14 – 1,38)	1,33 ± 0,04 (1,29 -1,39)	0,21	0,38
FC <sub>PICO</sub> (bpm)	184 ± 6 (178 – 196)	182 ± 6 (174 – 193)	0,45	0,54
[lac] <sub>PICO</sub> (mM)	10,9 ± 1,5 (9,2 – 13,4)	9,9 ± 1,7 (7,1 – 12,5)	0,11	0,51

VO<sub>2PICO</sub> = consumo pico de oxigênio; R<sub>PICO</sub> = quociente respiratório pico; FC<sub>PICO</sub> = frequência cardíaca pico; [Lac]pico = lactacidemia pico. Dados expressos em média ± DP (amplitude).

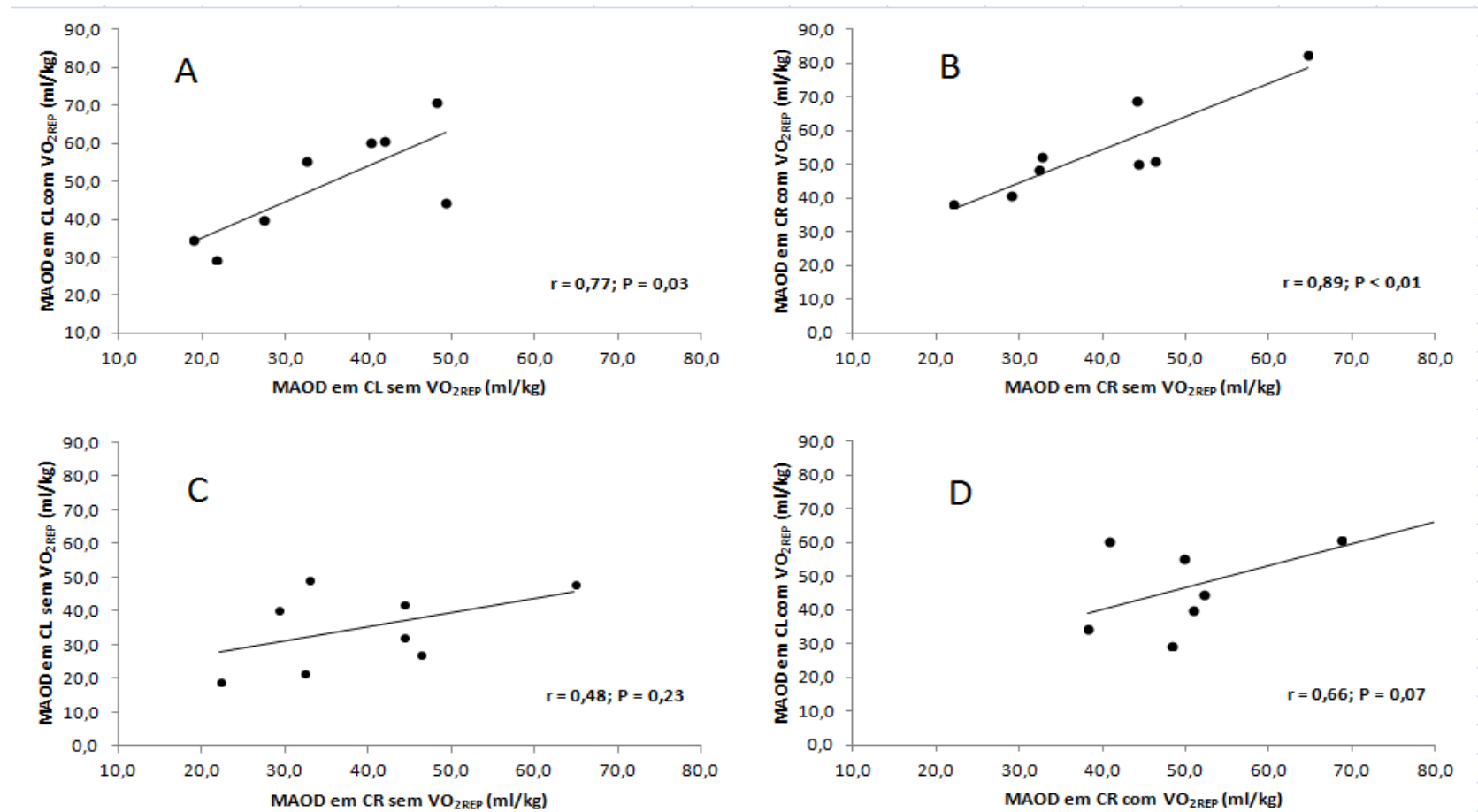
A tabela 5 traz os resultados relativos ao MAOD, demanda total estimada de oxigênio e indicativos de sua precisão, calculados com base nas regressões sem e com uso de VO<sub>2REP</sub> em CL e CR. ANOVAs two-way indicaram efeitos significativos da variação do uso de VO<sub>2REP</sub> sobre o MAOD, DO<sub>2TOT</sub> e IC95%-DO<sub>2TOT</sub>, além de efeitos significativos da condição sobre esta última e o Erro-DO<sub>2TOT</sub>.

Apesar de discrepâncias significativas entre todos os valores de DO<sub>2TOT</sub> (P < 0,05), não foram observadas diferenças entre as condições para MAODs computados sem VO<sub>2</sub> ou com VO<sub>2REP</sub>. Já a inclusão de VO<sub>2REP</sub> acarretou elevações médias de ~14 ml/kg do MAOD em ambas as condições, diferenças que alcançaram significância estatística (P < 0,05). Embora maiores valores de Erro-DO<sub>2TOT</sub> tenham sido observados em CR, não foram confirmadas diferenças por comparações *post-hoc* (P > 0,05). Por outro lado, intervalos de confiança de 95% da DO<sub>2TOT</sub> foram substancialmente maiores quando computados sem VO<sub>2REP</sub>, sendo aquele em CR significativamente maior que os obtidos com VO<sub>2REP</sub>, independentemente da condição (Tabela 5). Enfim, correlações significativas (P < 0,05) foram verificadas entre MAODs determinados intra, mas não intercondições (Figura 13 A-D).

**Tabela 5** - Estimativa e precisão do máximo déficit acumulado de oxigênio em corrida livre (CL) e resistida (CR) considerando 3 esforços preditivos com e sem a inclusão de valores de  $VO_2$  de repouso ( $VO_{2REP}$ ) na velocidade zero (n = 8).

	CL		CR		Two-way ANOVA P		
	Sem $VO_{2REP}$	Com $VO_{2REP}$	Sem $VO_{2REP}$	Com $VO_{2REP}$	Condição	$VO_{2REP}$	Interação
MAOD (ml/kg)	35,0 ± 11,7 (19,0 – 49,3)	49,3 ± 14,5 <sup>a</sup> (29,3 – 70,6)	39,5 ± 13,3 (22,2 – 64,7)	53,9 – 14,6 <sup>a,b</sup> (38,3 – 82,2)	0,26	< 0,01	0,97
DO <sub>2TOT</sub> (ml/kg)	154,0 ± 30,7 (109,0 – 208,5)	168,3 ± 33,3 <sup>c</sup> (124,5 – 231,0)	192,2 ± 48,4 <sup>c</sup> (115,1 – 262,6)	206,6 ± 50,1 <sup>c</sup> (126,7 – 280,1)	0,06	< 0,01	0,97
E <sub>RRRO</sub> -DO <sub>2TOT</sub> (ml/kg)	4,9 ± 2,7 (1,0 – 8,1)	5,2 ± 1,8 (2,5 – 7,7)	7,3 ± 5,0 (2,3 – 15,0)	7,1 ± 3,0 (2,5 – 13,0)	0,02	0,98	0,83
IC95%-DO <sub>2TOT</sub> (ml/kg)	124,6 ± 69,0 (26,7 – 206,1)	44,5 ± 15,8 (21,1 – 66,6)	185,0 ± 126,0 <sup>d</sup> (58,0 – 374,6)	61,0 ± 26,0 (21,7 – 108,8)	0,03	0,02	0,27

MAOD = máximo déficit acumulado de oxigênio; DO<sub>2TOT</sub> = demanda total estimada de oxigênio; Erro-DO<sub>2TOT</sub> = erro de predição da DO<sub>2TOT</sub>; IC95%-DO<sub>2TOT</sub> = intervalo de confiança de 95% da DO<sub>2TOT</sub>. Valores expressos em média ± desvio padrão (amplitude). *Post-hoc* de Scheffé: <sup>a</sup>P < 0,05 em relação ao valor sem  $VO_{2REP}$  na mesma condição; <sup>b</sup>P < 0,05 em relação à CL sem  $VO_{2REP}$ ; <sup>c</sup>P < 0,05 em relação a todos os outros valores; <sup>d</sup>P < 0,05 em relação aos valores com  $VO_{2REP}$ .



**Figura 13** - A-D. Correlações pareadas entre os valores de máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) determinados com base nas regressões lineares velocidade  $-VO_2$  sem e com consumo de oxigênio de repouso ( $VO_{2REP}$ ) em corrida livre (CL) e resistida (CR).

## 8 DISCUSSÃO

A partir dos estudos de Medbø e colaboradores, publicados entre o final da década de 80 e início dos anos 90 (MEDBØ & BURGERS, 1990; MEDBØ et al., 1988; MEDBØ & TABATA, 1989; MEDBØ & TABATA, 1993), o MAOD se difundiu amplamente no meio científico. Críticas relativas à validade dos pressupostos que fundamentam sua determinação (BANGSBO, 1992; BANGSBO, 1996), sobretudo devido à ocorrência do componente lento do  $VO_2$  em intensidades supralimiais, parecem não ter evitado que esse parâmetro tenha alcançado o status de “padrão-ouro” para o diagnóstico da CAn e seja assim considerado em diversos tipos de exercício (BANGSBO et al., 1993; FAINA et al., 1997; LIMA et al., 2011; OGITA et al., 1996; RUSSEL et al., 2000; ZAGATTO & GOBATTO, 2012).

Possivelmente devido à baixa praticidade, salvo poucas exceções (BUCK & McNAUGHTON, 1999; MEDBØ & TABATA, 1989; MEDBØ & TABATA, 1993; NOORDHOF et al., 2011) o protocolo sugerido como controle para determinação do MAOD com ao menos 10 provas submáximas de 10 minutos é raramente empregado. De certa forma, Medbø et al. (1988) anteciparam essa situação e sugeriram o procedimento #3, cuja idéia básica é estimar a  $DO_2$  de forma abreviada por meio da fixação do intercepto Y das regressões e número reduzido de esforços preditivos. Esse estudo foi realizado com intuito de suprir parcialmente a lacuna científica acerca da determinação do MAOD por meio do procedimento #3 adaptado à pista para corredores. Para tanto, foram utilizadas regressões  $VO_2$ -velocidade construídas a partir de 3 esforços preditivos de 6 minutos entre ~ 75 e 96% do  $VO_{2PICO}$ , com e sem  $VO_{2REP}$  nas condições livre e resistida, além de provas supramáximas entre 110 e 120% da  $vVO_{2PICO}$ .

A noção de que o intercepto Y da relação velocidade- $VO_2$ , ou seja, a  $DO_2$  na velocidade “zero”, deve corresponder à taxa metabólica com o indivíduo em repouso aparece em diferentes textos (BILLAT et al., 2009; HILL & VINGREN; 2012; McKINEN & DANIELS, 1976). Ao indicar o intercepto de 5 ml/kg/min quando do uso do procedimento #3, Medbø et al. (1988) tomam como base o valor aproximado da média de Y observada nas regressões obtidas no procedimento controle ( $5,1 \pm 0,2$  ml/kg/min). Já o uso comum desse valor é sustentado pelos autores pela “pequena

variação” e diferenças “insignificantes” entre seus voluntários. É curioso porém que no apêndice de seu trabalho, Medbø et al. (1988) justifiquem parcialmente a exclusão de corridas preditivas de baixa intensidade das regressões lineares pelas mesmas resultarem em interceptos muito além do  $VO_2$  de repouso pré-exercício (p.57).

Nesta investigação, as médias de intercepto Y originadas pelas regressões sem  $VO_{2REP}$  em CL e CR foram cerca de três vezes maiores que o valor sugerido por Medbø et al. (1988) e que o consumo de oxigênio mensurado na situação de repouso previamente aos testes submáximos (grande média  $\pm$  DP =  $5,8 \pm 0,6$  ml/kg/min) que, por sua vez, se revelaram próximos aos reportados por Bickham et al. (2002) para a mesma condição ( $5,5 \pm 0.4$  ml/kg/min). Somados à grande variação individual (2,5 a 23,5 ml/kg/min) nossos resultados contrariam a idéia de que este último representa a taxa metabólica de repouso, pelo menos quando computado em pista com 3 esforços preditivos em intensidades relativamente elevadas. Valores de Y com larga variação individual em corrida e incompatíveis com taxas metabólicas de repouso foram verificados também por autores como Craig & Morgan (1998), Olesen (1992), Olesen et al. (1994) e Pugh (1971), o que pode ser explicado pelo incremento em degrau do  $VO_2$  na transição do repouso para a o exercício (OLESEN, 1992; PUGH, 1971)

De forma fiel à recomendação de Medbø et al. (1998), a fixação do intercepto em 5 ml/kg/min tem sido amplamente adotada quando número reduzido de esforços preditivos são utilizados (BORTOLOTTI et al., 2010; BRICKHAM et al., 2002; LIMA et al., 2011; NUMELLA & RUSKO, 1995; RUSSEL et al., 2000), mas essa não é a única estratégia de inclusão da taxa metabólica de repouso nas regressões. A alocação de valores individuais de  $VO_{2REP}$  no intercepto (BICKHAM et al., 2002; NOORDHOF et al., 2011) e na intensidade “zero” de esforço (REIS et al., 2004; REIS et al., 2005) são também empregadas, sendo que nesta última o mesmo é considerado ponto adicional da regressão sem ancoragem do intercepto. Essa abordagem foi utilizada nesta investigação devido ao pressuposto de que forçar a reta a partir de um valor pré-definido pode caracterizar manipulação matemática reduzindo assim a validade ecológica do modelo. Independente da condição, a inclusão não forçada de  $VO_{2REP}$  afetou de forma significativa todos os parâmetros das regressões exceto  $R^2$  e  $S_y$  (Tabela 3).

Transformado em unidade pertinente, o valor médio da inclinação  $VO_{2-}$  velocidade com  $VO_{2REP}$  em CL indicou custo energético por distância (0,168 ml/kg/m) similar aos calculados por McKinen & Daniels (1976) e Di Prampero et al. (1993) (0,176 e 0,177 ml/kg/m) para a corrida em pista. Variação de 0,156 a 0,183 ml/kg/m entre os atletas aqui avaliados reflete, porém, discrepâncias individuais de cerca de 16% na eficiência, o que corrobora variações entre 13 e 22 % observadas em corredores treinados (BILLAT et al., 2004; BILLAT et al., 2009; REIS et al., 2004).

Se por um lado a regressão com  $VO_{2REP}$  em CL resultou em custos energéticos condizentes aos da literatura, a elevação de  $10,6 \pm 6,3$  ml/kg/min do intercepto sem  $VO_{2REP}$  acarretou atenuação de  $0,802 \pm 0,479$  ml/kg/min/km/h, ou 28,6%, da inclinação da regressão. Além de custo energético por distância substancialmente inferior aos comumente reportados (0,120 vs 0,176 – 0,200 ml/kg/m) (BILLAT et al., 2004; BILLAT et al., 2009; Di PRAMPERO et al., 1993; McKINEN & DANIELS, 1976; REIS et al., 2004), a variação interindividual desta medida também revelou-se bastante ampliada nessa opção de regressão (0,090 a 0,174 ml/kg/m).

Outras consequências interessantes da inclusão de  $VO_{2REP}$  em CL foram o aumento significativo de  $S_e$  sem modificação do  $R^2$ . Ainda que de forma geral os valores para ambos parâmetros enquadrem-se nas faixas normalmente verificadas (CRAIG e MORGAN, 1998; MEDBØ et al., 1988; REIS et al., 2004; REIS et al., 2005) e possam ser interpretados como evidências de adequação do modelo linear, maior  $S_e$  com  $VO_{2REP}$  indica que a inclusão da taxa metabólica de repouso incorre em maior dispersão dos pontos em torno de reta (EZEKIEL & FOX, 1959; PARSONS, 1978). Adicionalmente aos interceptos aqui observados esse achado sugere que quando extrapolada à intensidade zero, a regressão ótima entre velocidade e  $VO_2$  não necessariamente se aproxima do  $VO_{2REP}$ . No entanto essa questão deve ser analisada com cautela. Levando-se em conta que a regressão com dois pontos é perfeita ( $r$  e  $R^2 = 1$ ), segundo RUSSEL et al. (2000) é de se esperar que três pontos (como nas regressões sem  $VO_{2REP}$ ) produzam elevados coeficientes e baixos valores de  $S_e$ .

De fato, coeficientes de determinação ou correlação elevados são frequentemente considerados na análise da adequação do ajuste linear (AISBETT &

LE ROSSIGNOL, 2003; CRAIG & MORGAN, 1998; OLESEN et al., 1994; REIS et al., 2004; REIS et al., 2005; WEYAND et al., 1994). No entanto, Buck & McNaughton (1999) utilizaram diferentes combinações de esforços preditivos em cicloergômetro e verificaram importantes alterações nos parâmetros da regressão intensidade- $\text{VO}_2$  e MAOD sem quaisquer modificações de  $r$  ( $> 0,99$ ), levando Russel et al. (2000) a questionar o uso dos coeficientes. Essa discussão é fomentada pela observação no presente estudo de  $R^2$  ligeiramente superior (0,993 vs 0,984) na regressão com  $\text{VO}_{2\text{REP}}$ , atribuindo maior proporção da variação do  $\text{VO}_2$  à variação da velocidade (PARSONS, 1978) concomitantemente ao maior  $S_e$ . Também com base nos dados de Buck & McNaughton (1999), não surpreende que o  $R^2$  não tenha se mostrado insensível a alteração da inclinação e conseqüente elevação média de 9,1% ( $5,2 \pm 3,4$  ml/kg/min) da  $\text{DO}_2$  predita para a velocidade de 120% da  $v\text{VO}_{2\text{PICO}}$  em CL com  $\text{VO}_{2\text{REP}}$ .

Cabe nesse ponto a ressalva de que coeficientes de determinação ou erro padrão de estimativa da regressão não indicam necessariamente a precisão da predição de um valor  $Y$  ( $\text{DO}_2$ ) para determinado  $X$  na regressão linear (ALTMAN & GARDNER, 1988; EZEKIEL & FOX, 1959; PARSONS, 1978; RUSSEL et al., 2000; SNEDECOR & COCHRAN, 1989), o que justifica o emprego de medidas mais específicas na quantificação do erro estatístico associado à  $\text{DO}_2$ , incluindo o erro padrão do valor predito ( $S_y$ ) (REIS et al., 2004; REIS et al., 2005) e intervalos de confiança de 95% (BRICKHAM et al., 2002; NOORDHOF et al., 2011; RUSSEL et al., 2000; RUSSEL et al., 2002a). Pressuposto comum ao cálculo de tais medidas é a distribuição normal dos desvios de  $Y$  em torno das médias definidas pela reta de regressão para cada valor de  $X$  (EZEKIEL & FOX, 1959).

Neste trabalho,  $S_y$  sem e com  $\text{VO}_{2\text{REP}}$  em CL foram praticamente idênticos (1,8 e 1,9 ml/kg/min), correspondendo a aproximadamente 3% da  $\text{DO}_2$  predita. Já a inclusão de  $\text{VO}_{2\text{REP}}$  reduziu o IC95%- $\text{DO}_2$  de 46,4 para 16,5 ml/kg/min, ou 80,9 e 26,4 % das respectivas demandas preditas. Em relação à  $S_y$ , variações inversamente proporcionais ocorreram nos termos da fórmula adotada em seu cálculo (ver sub ítem 6.2.7), resultando em produtos semelhantes. Já o IC95%- $\text{DO}_2$ , computado em conformidade a textos básicos (ALTMAN & GARDNER, 1988; PARSONS, 1978), envolveu adição e subtração da  $\text{DO}_2$  de  $S_y$  multiplicado pelo valor “ $t$ ” referente a  $P$  bicaudal de 95% e grau de liberdade (gl) igual a  $n - 2$ . Devido ao pequeno número

de pontos e à diferença de 1 gl entre as regressões, os valores do múltiplo “t” foram de respectivamente 12,706 e 4,302 sem e com  $VO_{2REP}$ . Isso explica não só o IC95%- $DO_2$  cerca de 3 vezes maior sem  $VO_{2REP}$  mas também inviabilidade de comparação entre as diferentes medidas de erro.

Medbo et al. (1988) submeteram seus voluntários à corridas em diferentes velocidades objetivando causar exaustão em 15 e 30 s, 1, 2, 4 e mais que 5 min, e observaram incrementos significativos do déficit acumulado de oxigênio em função da duração do esforço nas provas inferiores a 2 min. Baseados na estabilização da medida em esforços de duração igual ou superior à essa, os autores sugerem que a prova supramáxima induza exaustão entre 2 e 3 minutos, a fim de permitir o alcance do MAOD minimizando o erro de seu cálculo.

A duração das corridas supramáximas em CL nesta investigação variou de 2,12 a 3,52 min, portanto respeitando o período tido como mínimo para caracterização do MAOD. Os parâmetros fisiológicos pico alcançados nessa avaliação mostraram-se similares aos aferidos no teste incremental na mesma condição, sendo diferenças médias de 0,1 ml/kg/min, 8 bpm e 0,5 mM verificadas no que se refere ao  $VO_{2PICO}$ ,  $FC_{PICO}$  e  $[Lac]_{PICO}$ , respectivamente. A demanda total de oxigênio em média 14,3 ml/kg maior com  $VO_{2REP}$  resultou em MAOD 40,1 % superior com tal opção de regressão. Com exceção a um voluntário, o qual apresentou redução de 4,9 ml/kg, elevações individuais variaram de 7,7 a 22,8 ml/kg, ou 35,5 a 81,4% em relação às regressões sem  $VO_{2REP}$  (Tabela 5).

Os valores de MAOD aqui obtidos com  $VO_{2REP}$  (~ 50 ml/kg) podem ser considerados condizentes ou apenas ligeiramente inferiores aos 52 a 60 ml/kg previamente observados em corredores velocistas avaliados em esteira com inclinação entre 0 e 1% em nosso (LIMA et al., 2011) e outros laboratórios (DAL PUPO et al., 2012; OLESEN et al., 1992; OLESEN et al., 1994; WEYAND et al., 1994). Nesse contexto, os valores resultantes das regressões sem  $VO_{2REP}$  parecem ser atípicos tendo em vista os comumente reportados em amostras de atletas semelhantes à desse estudo.

Comparada a corrida inclinada originalmente empregada por Medbø et al. (1988), avaliações em esteira com inclinação nula ou de 1% certamente conferem maior especificidade à determinação do MAOD em atletas ao permitirem o alcance de velocidades mais próximas às verificadas em situações reais. Ainda assim,

resultados de diferentes estudos sugerem que o custo metabólico da corrida em esteira não necessariamente reflete aquele em pista dada a influência da resistência do ar (JONES & DOUST, 1996; McKINEN & DANIELS, 1976; PUGH, 1970). Além disso, segundo Billat et al. (2004) testes de campo costumam ser melhores aceitos por atletas de elite em comparação a testes laboratoriais, e Heugas et al. (2007) sustentam que avaliações em pista otimizam as aplicações dos resultados ao cotidiano de corredores.

Naquele que parece ser o primeiro estudo a analisar o déficit acumulado de oxigênio (AOD) em protocolo inteiramente realizado em pista, Reis et al. (2004) valem-se de provas submáximas de 5 minutos de duração e  $VO_{2REP}$  na velocidade zero para cômputo das regressões lineares e estimativa da  $DO_2$  para corrida *all out* de 400 m em 10 especialistas nessa distância. Interessantemente, no referido estudo esforço com duração média de 53,9 s a 26,6 km/h resultou em AOD de  $60,7 \pm 6,2$  ml/kg, valor similar ou ainda maior que o observado em velocistas em testes de velocidade constante em esteira horizontal. Com base nesses resultados, os pesquisadores sugerem a possibilidade do esforço *all out* em pista acarretar alcance do MAOD em tempo menor que testes de 2 min em intensidade constante. Essa especulação encontra suporte em estudos realizados em cicloergômetro por Withers et al. (1993) e Craig et al. (1995), nos quais esforços máximos de respectivamente 60 e 70 s parecem ter sido suficientes para a determinação do MAOD em ciclistas treinados. Outro aspecto interessante do estudo de REIS et al. (2004) é a estimativa do erro associado ao AOD em  $1,87 \pm 0,90$  ml/kg, ou 3.1%. No cálculo desse valor os autores levaram em consideração tanto o erro estatístico de predição da  $DO_{2TOT}$  (computado multiplicando-se  $S_y$  pela duração da prova) quanto e o erro de mensuração do  $VO_2$  assumido como 3%.

Além da praticidade, outro importante argumento utilizado por Medbø et al. (1988) à favor do procedimento #3 foi a proximidade de valores de MAOD obtidos por meio deste aos do procedimento controle, cujo erro foi estimado em 3 ml/kg ou 4%. Medbø et al. (1988) contudo, deixaram de reportar a precisão do método abreviado, o que foi posteriormente analisado por Bickham et al. (2002). Utilizando  $VO_{2REP}$  individual alocado no intercepto Y, regressões lineares  $VO_2$ -velocidade construídas com 10, 4 e 2 esforços preditivos e prova supramáxima exaustiva 110% da  $vVO_{2MAX}$ , Bickham et al. (2002) determinaram déficits acumulados de oxigênio de 7 corredores em esteira. Nessa investigação as regressões com 10, 4 e 2 esforços

não resultaram em diferenças significativas entre valores de  $DO_2$  (70,3; 70,6 e 70,1 ml/kg/min), AOD (43,3; 44,2; 42,6 ml/kg),  $S_y$  (3,99; 3,94 e 3,43 ml/kg/min) e IC95%- $DO_2$  (7,8; 7,7 e 6,7 ml/kg/min). A partir dos valores reportados de limites inferior e superior do IC95%- $DO_{2TOT}$  (como erro associado ao AOD), foi possível calcular esse parâmetro em 22,4; 21,0 e 17,9 ml/kg.

Nota-se que além de demonstrar estabilidade das diferentes medidas à manipulação do número de esforços preditivos com  $VO_{2REP}$ , os resultados de Bickham et al. (2002) indicam  $S_y$  e intervalos de confiança respectivamente maiores e menores que os dessa tese. Isso embora as intensidades relativas utilizadas por estes autores nos procedimentos abreviados (~70 a 93%  $VO_{2MAX}$ ) não tenham diferido tanto das aqui adotadas. Os valores reduzidos de IC95%- $DO_2$  e IC95% $DO_{2TOT}$  na investigação em questão, porém, podem ser explicados pela adoção de valor t (que multiplica  $S_y$ ) relativamente baixo (1,96) e comum a todas as regressões.

Quanto à redução dos intervalos de confiança em resposta à inclusão de  $VO_{2REP}$  nas regressões, os achados dessa investigação corroboram aqueles de estudos conduzidos em remo ergômetro (Russel et al., 2000) e cicloergômetro (Russel et al., 2002a; Noordhof et al., 2011), os quais atestam precisão ~ 40% maior com fixação do intercepto Y. Comparações mais detalhadas entre os estudos são limitadas, não só por diferenças quanto aos tipos e protocolos de exercício, mas também devido a divergências ou ausência de informações específicas acerca do cálculo das medidas de erro. Merece atenção, porém, o fato dos intervalos de confiança aqui calculados envolverem variações em alguns casos bastante improváveis de  $DO_2$  e  $DO_{2TOT}$ , sugerindo ser questionável o uso dessas medidas para quantificação da precisão do MAOD, pelo menos quando respeitada a restrição dos graus de liberdade (e conseqüente elevado valor t) devido ao uso de número reduzido de pontos nas regressões (EZEKIEL & FOX, 1959; PARSONS, 1978, ALTMAN & GARDNER, 1988). Bickham et al. (2002) atentam aos benefícios de estimativas precisas e minimização do erro de medida da  $DO_{2TOT}$ , mas a partir das considerações acima fica clara a necessidade de análise crítica previamente à adoção de indicadores de precisão.

É provável que uma conjuntura de fatores possa ter contribuído com a grande aceitação do MAOD enquanto medida padrão-ouro da CAn. Devido à relevância desse construto para a Fisiologia do Exercício, era, como ainda é, evidente o apelo por índices quantitativos do mesmo, especialmente que pudessem ser obtidos de forma não-invasiva. Soma-se a isso, a densa sequência de publicações de Medbø e colaboradores (MEDBØ & BURGERS, 1990; MEDBØ et al., 1988; MEDBØ & TABATA, 1989; MEDBØ & TABATA, 1993), que além de estabelecerem diretrizes apresentam consistente argumentação a favor do MAOD. No entanto, apreciadas controvérsias acumuladas sob várias perspectivas experimentais ao longo dos anos (BANGSBO et al., 1990; BANGSBO et al., 1996; CARTER et al., 2006; CRAIG et al., 1995; GREEN et al., 1996; HILL & VINGREN, 2012; MEDBØ & TABATA, 1993; MINAHAN & WOOD, 2008; OLESEN et al., 1994; PIZZA et al., 1996; SCOTT et al., 1991; WEYAND et al., 1993) pode se considerar ainda questionável a validade do referido parâmetro .

Abordando de maneira alternativa a validade concorrente do MAOD, nesta investigação foram confrontados os resultados obtidos em CL e CR. Através da adaptação à pista de atletismo do modelo de Lloyd e Zacks (1972), buscou-se proporcionar imposição contínua de baixa resistência horizontal aos atletas, de forma a elevar o custo energético da corrida sem comprometer a especificidade da modalidade.

Em suporte à especificidade desse modelo, os índices fisiológicos verificados no teste incremental em CR foram bastante semelhantes àqueles obtidos em CL (Tabela 2). A discrepância média entre as condições foi de 1,4 ml/kg/min para o  $VO_2$  em LV; 0,8 ml/kg/min para  $VO_{2PICO}$ , 1 bpm para  $FC_{PICO}$  e 1,5 mM para  $[Lac]_{PICO}$ , além de virtualmente nula quanto a  $R_{PICO}$ . Já as reduções significativas das velocidades associadas ao LV (10,4 %) e  $VO_{2PICO}$  (13,8 %) bem como os maiores valores de  $VO_2$  nos esforços preditivos em CR atestam a elevação da demanda energética em resposta à imposição da resistência horizontal.

De modo geral, as correlações intercondições das medidas acima foram de baixas a moderadas e alcançaram significância para apenas três das sete variáveis ( $VO_{2PICO}$ ,  $vVO_{2PICO}$  e  $FC_{PICO}$ ). É sempre confortável justificar esses achados pela homogeneidade da amostra, composta exclusivamente por atletas treinados. Mas conforme abordado adiante nesse texto, fatores outros podem ter contribuído com

variações intraindividuais em menor ou maior grau, incluindo condições ambientais, limitações técnicas e motivação.

Dados de parâmetros fisiológicos pico ou limiares em modelo de CR semelhante ao adotado neste estudo não foram encontrados na literatura, seja em testes de laboratório ou campo. Ponderadas as respectivas particularidades, as formas de exercício que mais se assemelham à CR parecem ser a corrida com resistência imposta por para-quedas, pneus, ou anilhas (ALCARAZ et al., 2008; HARRISON & BOURKE, 2009), e a corrida atada em esteira não motorizada (HOPKER et al., 2009; LAKOMY, 1987; LIM & CHIA, 2007), utilizadas em treinamento e avaliações *all out*. O impedimento ao movimento livre se dá por motivos óbvios na primeira, enquanto a força vertical exercida pelo avaliado a cada passada acarreta considerável resistência na segunda opção em função do atrito entre o cinto e a base da esteira, ao que se atribui as menores velocidades pico alcançadas em relação à corrida livre (HIGHTON et al., 2012; LAKOMY, 1987). É curioso que de forma análoga à presente investigação, Davies et al. (1984) não observaram diferenças significativas entre testes incrementais realizados em esteiras não motorizada e convencional no que diz respeito ao  $VO_{2MAX}$ , o que lhes foi suficiente para atestação da “validade” do ergômetro alternativo para essa avaliação.

Com intuito de analisar o custo metabólico da geração de forças horizontais em esteira, Chang e Kram (1999) empregaram sistema semelhante ao de Lloyd e Zacks (1972) e impuseram cargas de 3 e 6% do peso corporal durante corrida a 3,3 m/s (ou 11,9 km/h) a 8 voluntários. Essas resistências resultaram em elevações médias de  $VO_2$  de respectivamente 4,6 e 10,6 ml/kg/min (13,1 e 30,2 %) em relação à corrida sem carga. Nesta tese, resistência imposta de 4 % do peso corporal em CR causou elevação média de 4,2 ml/kg/min ou 11% do  $VO_2$  nas provas submáximas, analisadas de forma agrupada. Explicação razoável para o incremento da demanda energética, e portanto, da efetividade de CR na presente conjuntura, pode ser encontrada no artigo de Cooke et al. (1991). Segundo estes, a corrida contra força horizontal envolve menor eficiência devido à redução do trabalho muscular negativo e aumento do positivo em cada ciclo de passada, comprometendo o aproveitamento da energia elástica acumulada nos membros inferiores durante a fase excêntrica de contração.

As velocidades submáximas de 9, 11 e 13 km/h em CR resultaram em intensidades de ~76 a 96% do  $VO_{2PICO}$ , faixa bastante similar à observada em CL a

11, 13 e 15 km/h (~ 80 a 96%  $VO_{2PICO}$ ). Essa similaridade e a equiparação no que se refere ao número de pontos utilizados nas regressões justificam a exclusão da velocidade de 9 km/h em CL. Considerando ainda que a referida velocidade correspondeu a não mais que 75% do  $VO_{2PICO}$  em todos os atletas, sua exclusão também garantiu maior fidelidade às intensidades preconizadas no procedimento #3 original (Medbø et al., 1988).

De maneira similar a CL, a inclusão de  $VO_{2REP}$  causou redução do intercepto de  $10,3 \pm 5,3$  ml/kg/min paralelamente à elevação de  $0,931 \pm 0,482$  ml/kg/min/km/h na inclinação (Tabela 3). Mais uma vez convertendo essa unidade não usual de inclinação a custo energético do transporte por distância, chega-se a valores médios de 0,145 e 0,201 ml/kg/m, com variações individuais 0,114 a 0,178 e 0,188 a 0,219 ml/kg/m, nas regressões sem e com  $VO_{2REP}$ . O custo energético em CR com  $VO_{2REP}$  foi significativamente maior que os demais aqui computados, e cerca de 20% superior àquele em CL com  $VO_{2REP}$ . Merece atenção entretanto que mesmo com  $VO_{2REP}$ , o custo em CR não se mostra superior aos relatados por alguns autores (~ 0,200 ml/kg/m) para a corrida livre em pista (BILLAT et al., 2009; REIS et al., 2004) e esteira a 1% (CRAIG & MORGAN, 1998), além de ser inferior aos verificados em esteira inclinada (~ 0,300 ml/kg/m) (CRAIG & MORGAN, 1998; MEDBØ et al., 1988).

Em concordância aos resultados em corrida livre,  $S_e$  e  $DO_2$  na corrida resistida foram maiores, e  $IC95\%-DO_2$  foi menor com  $VO_{2REP}$ , não sendo significativas quaisquer diferenças inter ou intra-condições quanto ao  $R^2$  e  $S_y$ . A reprodução desses achados confere maior confiabilidade às considerações feitas anteriormente nessa discussão tanto acerca da influência de manipulações da origem das regressões no eixo da ordenada (com ou sem  $VO_{2REP}$ ) quanto às particularidades das diferentes medidas de precisão.

Quando comparadas as condições guardadas as variações em  $VO_{2REP}$ , a única diferença significativa apontada foi a maior inclinação em CR com  $VO_{2REP}$ . Parece curioso que alterações percentuais médias similares (~20%) do custo energético tenham ocorrido sem e com  $VO_{2REP}$  entre as condições, mas diferença estatística tenha sido atestada apenas no segundo caso. Isso pode ser explicado pela variabilidade ampliada das inclinações secundária às maiores dispersões de intercepto sem  $VO_{2REP}$ .

As elevações da  $DO_2$  predita para 110% da  $vVO_{2PICO}$  variaram de 1,3 a 7,2 ml/kg/min (média  $\pm$  DP =  $4,2 \pm 2,0$  ml/kg/min) em resposta à inclusão do  $VO_2$  de

repouso nas regressões. Em termos relativos,  $S_y$  foi equivalente a ~3,5% nas duas opções, mas também como em CL o IC95%- $DO_2$  foi substancialmente menor com  $VO_{2REP}$ . Sobre esses resultados cabem as observações já feitas nessa seção.

Faz-se necessário nesse ponto ressaltar que comparações entre condições quanto à  $DO_2$ ,  $S_y$  e IC95%- $DO_2$  devem ser interpretadas com cuidado, tendo em vista que essas variáveis referem-se a diferentes intensidades supramáximas relativas nos esforços exaustivos em CL e CR. Essa divergência pode explicar as demandas previstas ligeiramente superiores em CL mesmo com as inclinações aproximadamente 20 % maiores em CR, sem diferenças estatísticas entre as condições respeitadas as opções de regressão.

Diferenças em relação à  $vVO_{2PICO}$  e à extrapolação linear a 110 ou 120% da mesma implicaram na adoção de velocidade em média 4,3 km/h menor, e tempo de exaustão 0,79 min maior no esforço exaustivo em corrida resistida. Seis voluntários sustentaram a corrida supramáxima por mais tempo nessa condição (0,73 a 2,10 min), e dois atletas tiveram esforços mais duradouros em CL (0,12 e 0,63 min). A adoção de diferentes intensidades relativas nos esforços supramáximos teve como justificativa observação dos próprios atletas quanto à dificuldade de manutenção de velocidades elevadas tracionando o aparato. Além disso, ao ser submetido ao esforço a 120% da  $vVO_{2PICO}$  nessa condição, um atleta apresentou exaustão precoce (< 2 min) e inadequada aos objetivos desse estudo, sendo num primeiro momento excluído das análises. Dessa forma, também em CR todos os atletas sustentaram o esforço supramáximo por período maior que o mínimo comumente sugerido para “completa utilização” da CAn e aceitação do déficit acumulado de oxigênio como máximo em esforços de intensidade constante (HILL & VINGREN, 2011; LIMA et al., 2011; MEDBØ et al., 1988; PIZZA et al., 1996; SCOTT et al., 1991).

As demandas estimadas totais de oxigênio nos esforços exaustivos resistidos foram cerca de 23 % maiores em CR que em CL (Tabela 5), ao passo que a diferença média de 33,7 ml/kg entre as condições quanto ao  $VO_{2AC}$  não foi significativa ( $P = 0,08$ ), fato parcialmente atribuído à heterogeneidade dos dados. Além disso, foi 7,5 % maior a  $DO_{2TOT}$  com  $VO_{2REP}$  comparada à regressão sem  $VO_{2REP}$  em CR, respondendo pela elevação de 14,4 ml/kg (36,5%) do déficit acumulado de oxigênio.

Conforme hipotetizado, apesar das discrepâncias entre seus determinantes diretos ( $DO_{2TOT}$  e  $VO_{2AC}$ ) e da elevação de  $\sim 4,5$  ml/kg na corrida resistida, o MAOD se mostrou robusto à manipulação da condição em cada estratégia de regressão de acordo com testes de hipótese nula. Análise das respostas individuais revela que sem  $VO_{2REP}$ , dois atletas tiveram maior MAOD em CL (diferenças de 16,5 e 11,1 ml/kg), enquanto os restantes apresentaram valores de 2,2 a 19,0 ml/kg superiores em CR. Quadro semelhante foi observado quando incluído  $VO_{2REP}$  nas regressões, com duas reduções (5,4 e 19,3 ml/kg) e aumentos de 3,9 a 19,2 ml/kg para seis voluntários. A heterogeneidade dessas variações explica não só a ausência de diferenças estatisticamente significativas, mas também as baixas correlações intercondições para o MAOD (Figura 13). Vale notar ainda elevações de aproximadamente 2 ml/kg do  $E_{RRO-DO_{2TOT}}$  em CR devido à maior duração da prova supramáxima, o que resultou em precisões em torno de 2,7 a 4,4% menores em relação ao MAOD em CL. Da mesma forma, maiores intervalos de confiança da  $DO_{2TOT}$  foram computados na primeira condição, com o pior resultado entre todos verificado em CR sem  $VO_{2REP}$ .

Corroborando esses achados, Weber & Schneider (2001) observaram valores semelhantes de MAOD em provas exaustivas a 110 e 120% do  $VO_{2PICO}$  em cicloergômetro em 14 voluntários, mesmo com maior tempo de exaustão na intensidade mais baixa (3,7 vs 2,6 min). Os autores mencionam também ausência de diferenças significativas entre os erros de estimativa do MAOD nas diferentes provas (7.0 vs 6.3 %), mas não indicam como estes foram calculados. Ainda, Carter et al. (2006) e Hill & Vingren (2011) reportam ausência de diferenças significativas entre déficits acumulados de oxigênio em corridas realizadas em diferentes intensidades até a exaustão em esteira.

Diferentemente dos trabalhos acima, nesta investigação a validade do MAOD foi testada pela imposição de resistência durante a corrida em pista, o que envolveu a predição específica da  $DO_2$  nessa condição. Parece interessante assim considerar os achados controversos de Russel et al. (2002b) e Hill & Vingren (2012). Tais estudos tiveram como objetivo analisar a influência da cadência de pedalada sobre o MAOD em cicloergômetro, tendo como justificativa a bem estabelecida elevação da demanda metabólica em maiores cadências a uma dada taxa de trabalho externo.

Russel et al. (2002b) utilizaram intercepto fixo em  $VO_{2REP}$  em 5 cargas preditivas na construção de regressões  $VO_2$ -potência em esforços a 120 e 80 rpm, e verificaram MAOD 16 % maior em teste supramáximo realizado na primeira cadência. Em contraste intencional a esses autores, Hill & Vingren (2012) estimaram a  $DO_2$  através de regressões lineares sem  $VO_{2REP}$  e duas cargas submáximas a 60, 80 e 100 rpm, o que resultou em interceptos de ~ 7, 8 e 10 ml/kg/min e MAODs praticamente idênticos ( $52,5 \pm 5$  ml/kg) em esforços exaustivos nas diferentes cadências, à despeito de reduções significativas do tempo de até exaustão (368, 299 e 220 s). Dessa forma, Hill & Vingren (2012) sugerem que o uso de um intercepto Y comum a ambas as cadências no estudo de Russel et al. (2002b) possa ter levado à inclinações “falsamente” maiores a 120 rpm devido às maiores taxas metabólicas nas cargas submáximas. Em texto mais recente, Medbø (2010) sustenta essa afirmação ao sugerir que o intercepto Y deve ser estabelecido de forma específica, uma vez que ele pode variar consideravelmente entre tipos e modelos de exercício.

Sob essa perspectiva, apesar de atípicos os valores de MAOD computados a partir das regressões sem  $VO_{2REP}$  nessa tese não devem ser imediatamente tidos como errôneos ou subestimativas da CAn. Em verdade, a grande protocolo-dependência do MAOD (BANGSBO, 1992; MAXWELL & NIMMO, 1996; BUCK & McNAUGHTON, 1999; GREEN & DAWSON, 1996) associada às inúmeras variações metodológicas empregadas na sua determinação (NOORDHOF et al., 2010) e à impossibilidade de análise direta de sua validade, impedem ainda o estabelecimento de valores de referência para essa medida. Somadas às respostas individuais heterogêneas e às limitações apontadas a seguir, as observações acima deixam clara a necessidade de cautela quanto a afirmações contundentes sobre a validade concorrente do MAOD.

Mesmo que o presente estudo traga informações potencialmente relevantes sobre a determinação do MAOD por meio de procedimento abreviado em pista, importantes limitações metodológicas devem ser explicitadas. A primeira diz respeito a questionável validade interna dos achados devido às variações ambientais (não mensuradas) decorrentes das avaliações em pista externa de atletismo. Seguindo, apesar de amplamente empregado, o controle da velocidade por meio de feedback audio-visual proporcionado aos atletas não permite assegurar constância da intensidade, dada a necessidade de maiores ou menores ajustes particularmente

próximo à exaustão. Enquanto o primeiro problema poderia ser minimizado pela realização dos testes *indoor* (o que é inviável no Brasil devido à inexistência de pistas fechadas), estratégias como o uso de ciclista guia ou GPS permitiriam melhor controle, ou ao menos aferição mais precisa da velocidade de forma contínua.

Quanto à CR, deve-se ressaltar que apesar da ausência de diferenças significativas entre resistência imposta e força média nos diferentes testes, o ajuste estático e/ou o próprio sistema de frenagem do aparato parecem não evitar variações durante a corrida. Além disso, o grau de especificidade mecânica do modelo frente à CL pode ser questionado, levando-se em conta a inexistência de informações sobre a magnitude das alterações cinemáticas associadas. Há de se reconhecer com base nos resultados aqui verificados, porém, que à primeira vista a corrida resistida contra baixa resistência oferece especificidade superior à corrida inclinada sob a perspectiva fisiológica.

Outra importante limitação do presente estudo resulta de um de seus pontos considerados fortes, a participação de atletas de nível competitivo relativamente alto. Como no caso dessa investigação, é muitas vezes inevitável que esses atletas deem sequência aos treinamentos intensos paralelamente à realização dos testes apesar de solicitados a evitá-los durante o período experimental. Além disso, o número normalmente disponível de voluntários é restrito, o que acaba por comprometer o poder estatístico e segurança das inferências associadas.

Finalmente, vale ressaltar que ao confrontar as condições de CL e CR para análise da validade concorrente do MAOD, essa tese teve como premissa o fato da exaustão em ambas as condições resultar da teórica “depleção” de um “estoque” de energia denominado CAn, por sua vez passível de quantificação pela medida em questão. Não se pode ignorar, porém, que o modelo clássico de explicação dos fatores limitantes do desempenho atlético com base em aspectos exclusivamente metabólicos (Di PRAMPERO et al., 1993; FERRETI et al., 2011; JONES et al., 2010; MORTON, 2006; WEYAND & BUNDLE, 2005) possa ser excessivamente reducionista, e seja questionado de forma sistemática em textos recentes (NOAKES, 2011; 2012).

## 9 CONCLUSÕES

A determinação, precisão e validade concorrente do MAOD em pista de atletismo foram questões centrais dessa tese. Para tanto, essa medida foi estimada por meio de adaptação à pista do procedimento #3 de Medbø (1988), devido à sua relativa praticidade e potencial interesse no meio esportivo de alto nível. Consideradas as limitações inerentes ao desenho experimental adotado, os achados dessa tese sugerem que:

- i) com a utilização de  $VO_{2REP}$ , tanto em CL quanto CR o protocolo adotado resulta em valores de MAOD compatíveis aos reportados na literatura para velocistas avaliados em esteira sem ou com pouca inclinação;
- ii) variações quanto ao uso de  $VO_{2REP}$  têm influência substancial sobre os parâmetros das regressões velocidade- $VO_2$  (intercepto, inclinação e  $S_e$ ), e conseqüentemente sobre  $DO_2$ ,  $DO_{2TOT}$ , MAOD e suas respectivas precisões computadas por intervalos de confiança de 95%;
- iii) apesar da aparente “especificidade fisiológica” do modelo de CR e da ausência de diferenças significativas entre esta e CL, a validade concorrente do MAOD não pode ser atestada devido à variabilidade das respostas individuais entre as condições.

## 10 REFERÊNCIAS

- ALCARAZ, P.E.; PALAO, J.M.; ELVIRA, J.L.; LINTHORNE, N.P. Effects of three types of resisted sprint training devices on the kinematics of sprinting at maximum velocity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 3, p. 890-897, 2008.
- ALTMAN, D. G. & GARDNER, M. J. Calculating confidence intervals for regression and correlation. **British Medical Journal**, v.296, p. 1238 - 1242, 1988.
- BANGSBO, J. Is the O<sub>2</sub> deficit an accurate quantitative measure of the anaerobic energy production during intense exercise? **Journal of Applied Physiology**, v.73, n.3, p.1207-1209, 1992.
- BANGSBO, J. Oxygen deficit: a measure of the anaerobic energy production during intense exercise? **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.21, n.5, p. 350-363, 1996.
- BANGSBO, J.; GOLLNICK, P.D.; GRAHAM, T.E.; JUEL, C.; KIENS, B.; MIZUNO, M.; SALTIN, B. Anaerobic energy production and O<sub>2</sub> deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans. **Journal of Physiology**, n.422, p. 539-559, 1990.
- BANGSBO, J.; MICHALSIK, L.; PETERSEN, A. Accumulated O<sub>2</sub> deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. **International Journal of Sports Medicine**, v.14, n.4, p. 207-213, 1993.
- BARSTOW, T.J. & MOLÉ, P.A. Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 71, n. 6, p. 2099-2106, 1991.
- BILLAT, V.; HAMARD, L.; KORALSZTEIN, J.P.; MORTON, R.H. Differential modeling of anaerobic and aerobic metabolism in the 800-m and 1,500-m run. **Journal of Applied Physiology**, v.107, n.2, p.478-487, 2009.
- BILLAT, V.L.; LEPRETRE, P.M.; HEUGAS, A.M.; KORALSZTEIN J.P. Energetics of middle-distance running performances in male and female junior using track measurements. **Japanese Journal of Physiology**, v.54, n. 2, p.125-135, 2004.
- BILLAT, V.L.; MORTON, R.H.; BLONDEL, N.; BERTHOIN, S.; BOCQUET, V.; KORALSZTEIN, J.P.; BARSTOW, T.J. Oxygen kinetics and modelling of time to exhaustion whilst running at various velocities at maximal oxygen uptake. **European Journal of Applied Physiology**, v.82, n.3, p. 178-187, 2000.
- BORTOLOTTI, H.; ALTIMARI, L.R.; NAKAMURA, F.Y.; FONTES, E.B.; OKANO, A.H.; CHACON-MIKAHIL, M.P.T.; MORAES, A.C.; CYRINO, E.S. Determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio: efeito da duração dos testes submáximos para predição da demanda de oxigênio. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.16, n.6, p.445-449, 2010.

- BOSQUET, L.; DUCHENE, A.; DELHORS, P.R.; DUPONT, G.; CARTER, H. A comparison of methods to determine maximal accumulated oxygen deficit in running. **Journal of Sport Sciences**, v.26, n.6, p.663-670, 2006.
- BUCK, D. & McNAUGHTON, L.R. Changing the number of submaximal exercise bouts effects calculation of MAOD. **International Journal of Sports Medicine**, v.20, n. 1, p.28-33, 1990.
- CAIOZZO, V.; J DAVIS, J.A.; ELLIS, J.F.; AZUS, J.L.; VANDAGRIFF, R.; PRIETTO, C.A. and McMASTER, W.C. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. **Journal of Applied Physiology**, v.53, p.1184–1189, 1982.
- CARTER, H.; PRINGLE, J.S.; BARSTOW, T.J.; DOUST, J.H. Oxygen uptake kinetics during supra  $VO_2$ max treadmill running in humans. **International Journal of Sports Medicine**, v.27, n.2, p.149-157, 2006.
- CHANG, Y. & KRAM, R. Metabolic cost of generating horizontal forces during human running. **Journal of Applied Physiology**, v.86, n. 5, p.1657–1662, 1999.
- COOKE, C.B.; MCDONAGH, M.J.; NEVILL, A.M.; DAVIES, C.T. Effects of load on oxygen intake in trained boys and men during treadmill running. **Journal of Applied Physiology**, v.71, n.4, p.1237-1244, 1991.
- CRAIG, I.S; MORGAN, D.W. Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 30, v. 11, p. 1631-1636, 1998
- CRAIG, N.P.; NORTON, K.I.; CONYERS, R.A.; WOOLFORD, S.M.; BOURDON, P.C.; STANEF, T.; WALSH, C.B. Influence of test duration and event specificity on maximal accumulated oxygen deficit of high performance track cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v.16., n. 8, p. 534-540, 1995.
- DAVIES, B.; DAGGETT, A.; JAKEMAN, P.; MULHALL, J. Maximum oxygen uptake utilising different treadmill protocols. **British Journal of Sports Medicine**, v. 18, n. 2, p. 74-79, 1984.
- DI PRAMPERO, P.E.; CAPELLI, C.; PAGLIARO, P.; ANTONUTTO, G.; GIRARDIS, M., ZAMPARO, P.; SOULE, R.G. Energetics of best performances in middle-distance running. **Journal of Applied Physiology**, v. 74, n.5, p.2318-2324, 1993.
- DUFFIELD, R.; DAWSON, B.; GOODMAN, C. Energy system contribution to 100-m and 400-m track running events. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.7, n.3, p.302-313, 2004.
- DUFFIELD, R.; DAWSON, B.; GOODMAN, C. Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. **Journal of Sports Sciences**, v.23, n.3, p.299-307, 2005.
- EZEKIEL, M.; FOX, K. A. **Methods of Correlation and Regression Analysis: Linear and Curvilinear**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1959. 548

FAINA, M.; BILLAT, V.; SQUADRONE, R.; DE ANGELIS, M.; KORALSZTEIN, J.P.; DAL MONTE, A. Anaerobic contribution to the time to exhaustion at the minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs in elite cyclists, kayakers and swimmers. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.76, n.1, p.13-20, 1997.

FARLEY, J. & MAJEWSKY, M. Performance indicators: the educational effect of publication pressure on young researchers in environmental sciences. **Environmental Science and Technology**, v.47, n.6, p. 2437–2438, 2013.

FERRETTI, G.; BRINGARD, A.; PERINI, R. An analysis of performance in human locomotion. **European Journal of Applied Physiology**, v.111, n.3, p.391-401, 2011.

FRIEDMANN, B.; FRESE, F.; MENOLD, E.; BÄRTSCH, P. Effects of acute moderate hypoxia on anaerobic capacity in endurance-trained runners. **European Journal of Applied Physiology**, v.101, n.1, p.67-73, 2007.

GAESSER, G.A. & POOLE, D.C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and Sport Science Reviews**. v.24, p.35-71, 1996.

GASTIN, P.B.; COSTILL, D.L.; LAWSON, D.L.; KRZEMINSKI, K.; MCCONELL, G.K. Accumulated oxygen deficit during supramaximal all-out and constant intensity exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 2, p. 255-263, 1995.

GASTIN, P.B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, v.31, n.10, p.725-741, 2001.

GASTIN, P.B. Quantification of anaerobic capacity. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v.4, n.2, p.91–112, 1994.

GRAHAM, T.E. Oxygen deficit: Introduction to the assumptions and the skepticism. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.21, n.5, p. 347– 349, 1996.

GREEN, S. & DAWSON, B. Measurement of anaerobic capacities in humans: Definitions, limitations, and unsolved problems. **Sports Medicine**, v.15, n.5, p. 312-327, 1993.

GREEN, S.A. A Definition and Systems View of Anaerobic Capacity. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.69, n.2, p.168-173, 1994.

GREEN, S. & DAWSON, B.T. Methodological effects on the  $VO_2$ -power regression and the accumulated  $O_2$  deficit. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.28, n.3, p.392-397, 1996.

GREEN, S. Measurement of anaerobic work capacities in humans. **Sports Medicine**, v.19, n.1, p.32-42, 1995.

HARRISON, A.J.; BOURKE, G. The effect of resisted sprint training on speed and strength performance in male rugby players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 275-283, 2009.

HEUGAS, A.M.; NUMMELA, A.; AMORIM, M.A.; BILLAT, V. Multidimensional analysis of metabolism contributions involved in running track tests. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.10, n.5, p.280-287, 2007.

HILL, D.W. & VINGREN, J.L. Maximal accumulated oxygen deficit in running and cycling. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.36, n.6, p.831-838, 2011.

HILL, D.W.; DAVEY, K.M.; STEVENS, E.C. Maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit in running and cycling. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.27, n.5, p.463-478, 2002.

HILL, D.W.; & VINGREN J.L. The effect of pedalling cadence on maximal accumulated oxygen deficit. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, n. 7, p.2637-2643, 2012.

JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978

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

JONES, A.M.; VANHATALO, A.; BURNLEY, M.; MORTON, R.H.; POOLE, D.C. Critical power: implications for determination of VO<sub>2</sub>max and exercise tolerance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 10, p.1876-1890, 2010.

KROGH, A.; LINDHARD, J. The changes in respiration at the transition from work to rest. **Journal of Physiology**, v. 53, n. 6, p. 431-439, 1920.

KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, F.T.; KEIZER, H.A.; GEURTEN, P.; VAN KRANENBURG, G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. **International Journal of Sports and Medicine**, v. 6, n. 4, p. 197-201, 1985.

LIMA, M.C.; RIBEIRO, L.F.; PAPOTI, M.; SANTIAGO, P.R.; CUNHA, S.A.; MARTINS, L.E.; GOBATTO, C.A. A semi-tethered test for power assessment in running. **International Journal of Sports and Medicine**, v.32, n.7, p.529-34, 2011.

LLOYD, B.B., ZACKS, R.M. The mechanical efficiency of treadmill running against a horizontal impeding force. **Journal of Physiology**, v.223, n.2, p.355-363, 1972.

MAXWELL, N.S. & NIMMO, M.A. Anaerobic capacity: a maximal anaerobic running test versus the maximal accumulated oxygen deficit. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.21, n.1, p.35-47, 1996.

McMIKEN, D.F.; DANIELS, J.T. Aerobic requirements and maximum aerobic power in treadmill and track running. **Medicine and Science in Sports**, v. 8, n.1, p. 14-17, 1976.

MEDBØ, J.I. Accumulated oxygen deficit issues. In: Connes, P.; Hue, O.; Perrey, S. **Exercise physiology: from a cellular to an integrative approach**. Amsterdam: IOS Press, p. 367–385, 2010.

MEDBØ, J.I. & BURGERS, S. Effect of training on the anaerobic capacity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.22, n. 4, p.501-507, 1990.

MEDBØ, J.I. & TABATA, I. Anaerobic energy release in working muscle during 30 s to 3 min of exhausting bicycling. **Journal of Applied Physiology**, v.75, n.4, 1654-1660, 1993.

MEDBØ, J.I.; MOHN, A.C.; TABATA, I.; BAHR, R.; VAAGE, O.; SEJERSTED, O.M. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. **Journal of Applied Physiology**, v.64, n.1, p.50-60, 1988.

MEDBØ, J.I.; TABATA, I. Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.67, n.5, p1881-1886, 1989.

MEYER, T.; WELTER, J.P.; SCHARHAG, J.; KINDERMANN, W. Maximal oxygen uptake during field running does not exceed that measured during treadmill exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.88, n.4-5, p.387-389, 2003.

MINAHAN, C.; CHIA, M.; INBAR, O. Does power indicate capacity? 30-s Wingate anaerobic test vs. maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n.10, p. 836-843, 2007.

MINAHAN, C. & WOOD, C. Strength training improves supramaximal cycling but not anaerobic capacity. **European Journal of Applied Physiology**, v.102, n.6, p.659-666, 2008.

MORTON, R.H. The critical power and related whole-body bioenergetic models. **European Journal of Applied Physiology**, v.96, n.4, p.339-354, 2006.

NEVILL, A.M.; RAMSBOTTOM, R.; NEVILL, M.E.; NEWPORT, S.; WILLIAMS, C. The relative contributions of anaerobic and aerobic energy supply during track 100, 400 and 800 m performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.48, n.2, p.138-142, 2008.

NOAKES, T.D. Time to move beyond a brainless exercise physiology: the evidence for complex regulation of human exercise performance. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 36, n.1, p. 23-35, 2011..

NOAKES, T.D. Fatigue is a brain derived emotion that regulates the exercise behavior to ensure the protection of whole body homeostasis. **Frontiers in Physiology**, v.3, 2012.

NOORDHOF, D.A.; DE KONING, J.J.; FOSTER, C. The maximal accumulated oxygen deficit method: a valid and reliable measure of anaerobic capacity? **Sports Medicine**, v.40, n.4, p.285 – 302, 2010.

NOORDHOF, D.A.; VINK, A.M.; DE KONING, J.J.; FOSTER, C. Anaerobic capacity: effect of computational method. **International Journal of Sports Medicine**, v.32, n. 6, p.422-428, 2011.

OGITA, F.; HARA, M.; TABATA, I. Anaerobic capacity and maximal oxygen uptake during arm stroke, leg kicking and whole body swimming. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.157, n.4, p.435-441, 1996.

OLESEN, H.L. Accumulated oxygen deficit increases with inclination of uphill running. **Journal of Applied Physiology**, v. 73, n.3, p.1130-1134, 1992.

OLESEN, H.L.; RAABO, E.; BANGSBO, J.; SECHER, N.H. Maximal oxygen deficit of sprint and middle distance runners. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.69, n.2, p.140-146, 1994.

PARSONS, R. **Statistical Analysis: A Decision Making Approach**. 2. ed. New York: Harper & Row, 1978. 791p

PIZZA, F.X.; NAGLIERI, T.A.; HOLTZ, R.W.; MITCHELL, J.B.; STARLING, R.D.; PHILLIPS, M.D.; CAVENDER, D.L.; BRAUN, W.A. Maximal accumulated oxygen deficit of resistance-trained men. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.21, n.5, p.391-402, 1996.

PRINGLE, J.S.; CARTER, H.; DOUST, J.H.; JONES, A.M. Oxygen uptake kinetics during horizontal and uphill running in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v.88, n. 1-2, p.163-169, 2002.

PUBMED. **Search: Anaerobic capacity and exercise performance**. 2013.

Disponível em:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=anaerobic+capacity+and+exercise+performance>. Acesso em 16 jul 2013.

PUGH L.G. Oxygen intake in track and treadmill running with observations on the effect of air resistance. **Journal of Physiology**, v. 207, n. 3, p. 823-835, 1970.

REILLY, T.; MORRIS, T.; WHYTE, G. The specificity of training prescription and physiological assessment: A Review. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n.6, p.575–589, 2009.

REIS, V.; DUARTE, J.A.; ESPÍRITO-SANTO, J.; RUSSELL, A.P. Determination of accumulated oxygen deficit during a 400 m run. **Journal of Exercise Physiology online**, v. 7, n. 2. p. 77-83, 2004.

REIS, V. M.; MARINHO, D.A.; POLICARPO, F. B.; CARNEIRO, A. L.; BALDARI, C.; SILVA, A. J. Examining the accumulated oxygen deficit method in front crawl swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 6, p. 421-427, 2010.

REIS, V.M.; SILVA, A.J.; ASCENSÃO, A.; DUARTE, J.A. Inclusion of exercise intensities above the lactate threshold in  $VO_2$ /running speed regression does not improve the precision of accumulated oxygen deficit estimation in endurance-trained runners. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.4, p.455–462, 2005.

ROBERGS, R. A.; DWYER, D.; ASTORINO, T. Recommendations for improved data processing from expired gas analysis indirect calorimetry. **Sports Medicine**. v.40, n.2, p.95-111, 2010.

RUSSELL, A.; LE ROSSIGNOL, P.; LO, S.K. The precision of estimating the total energy demand: implications for the determination of the accumulated oxygen deficit. **Journal of Exercise Physiology**, v.3, n. 2, p.:55-63, 2000.

RUSSELL A.P.; LE ROSSIGNOL P.F., SNOW, R.J., LO S.K. Improving the precision of the accumulated oxygen deficit using  $VO_2$ -power regression points from below and above the lactate threshold. **Journal of Exercise Physiology**. v.5, n.1, p. 23-31, 2002a.

RUSSELL A.P.; LE ROSSIGNOL P.F., SNOW, R.J., LO S.K. Cycling at 120 when compared to 80 rev/min increases the accumulated oxygen deficit but does not affect the precision of its calculation. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 5, n. 3, p. 32-38, 2002b

SCOTT, C. Misconceptions about aerobic and anaerobic energy expenditure. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v.9, n. 2, p. 32-37, 2005.

SCOTT, C.B. Contribution of anaerobic energy expenditure to whole body thermogenesis. **Nutrition & Metabolism**, v. 2, n.14, 2005.

SCOTT, C.B; ROBY, F.B.; LOHMAN, T.G.; BUNT, J.C. The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.23, n. 5, p. 618-624, 1991.

SLONIGER, M. A.; CURETON, K.J.; PRIOR, B.M.; EVANS, E.M. Anaerobic capacity and muscle activation during horizontal and uphill running. **Journal of Applied Physiology**, v.83, n.1, p.262-269, 1997a.

SLONIGER, M. A.; CURETON, K.J.; PRIOR, B.M.; EVANS, E.M. Lower extremity muscle activation during horizontal and uphill running. **Journal of Applied Physiology**, v.83, n.6, p.2073-2079, 1997b.

SOUSA, F. A. B. **Mensuração da Potência Mecânica em Esforços de Alta Intensidade na Condição Laboratorial de Corrida Atada e na Condição de Campo em Corrida Semi-Atada e Livre**. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado em

Educação Física) - Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

THOMAS, C.; HANON, C.; PERREY, S.; LE CHEVALIER, J.M.; COUTURIER, A.; VANDEWALLE, H. Oxygen uptake response to an 800-m running race. **International Journal of Sports Medicine**, v.26, n. 4, p. 268-273, 2005.

VANDEWALLE, H.; PÉRÈS, G.; MONOD, H. Standard anaerobic exercise tests. **Sports Medicine**, v.4, n.4, p.268-289, 1987.

WEBER, C. L. & SCHNEIDER, D.A. Increases in maximal accumulated oxygen deficit after high-intensity interval training are not gender dependent. **Journal of Applied Physiology**, v.92, n.5, p. 1795–1801, 2002.

WEBER, C. L. & SCHNEIDER, D.A. Reliability of MAOD measured at 110% and 120% of peak oxygen uptake for cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, n.6, p. 1056–1059, 2001.

WEYAND, P.G.; BUNDLE, M.W. Energetics of high-speed running: integrating classical theory and contemporary observations. **American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v.288, n.4, p.R956-965, 2005.

WEYAND, P.G.; CURETON, K.J.; CONLEY, D.S.; HIGBIE, E.J. Peak oxygen deficit during one-and two-legged cycling in men and women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.25, n.5, p.584-591, 1993.

WEYAND, P.G.; CURETON, K.J.; CONLEY, D.S.; SLONIGER, M.A.; LIU, Y.L. Peak oxygen deficit predicts sprint and middle-distance track performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.26, n. 9, p. 1174-1180, 1994.

WOOD, T.M. The Changing Nature of Norm-Referenced Validity. In: SAFRIT, M. & WOOD, T.M. **Measurement concepts in Physical Education and Exercise**. 1a. Ed. Champaign: Human Kinetics, 1989. 382 p.

ZAGATTO, A.; REDKVA, P.; LOURES, J.; KALVA FILHO, C.; FRANCO, V.; KAMINAGAKURA, E.; PAPOTI, M. Anaerobic contribution during maximal anaerobic running test: correlation with maximal accumulated oxygen deficit. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.21, n. 6, p. 222-230. 2011.

ZAGATTO, A.M. & GOBATTO, C.A. Relationship between anaerobic parameters provided from MAOD and critical power model in specific table tennis test. **International Journal of Sports Medicine**, v.33, n.8, p. 613-620, 2012.

ZOUHAL, H.; JABBOUR, G.; JACOB, C.; DUVIGNEAU, D.; BOTCAZOU, M.; BEN ABDERRAHAMAN, A.; PRIOUX, J.; MOUSSA, E. Anaerobic and aerobic energy system contribution to 400-m flat and 400-m hurdles track running. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.24, n.9, p. 2309-2315, 2010.