

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS – CDS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

GEORGE VIEIRA

**PREDIÇÃO DA PERFORMANCE AERÓBIA POR MEIO DE TESTES DE CAMPO E
DE LABORATÓRIO EM CORREDORES DE ENDURANCE**

FLORIANÓPOLIS, SC

2008

GEORGE VIEIRA

**PREDIÇÃO DA PERFORMANCE AERÓBIA POR MEIO DE TESTES DE CAMPO E
DE LABORATÓRIO EM CORREDORES DE ENDURANCE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação Física – Área de concentração: Cineantropometria e Desempenho Humano.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo

FLORIANÓPOLIS / SC

2008

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS – CDS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

A dissertação: **PREDIÇÃO DA PERFORMANCE AERÓBIA POR MEIO DE TESTES
DE CAMPO E DE LABORATÓRIO EM CORREDORES DE ENDURANCE.**

Elaborada por: **George Vieira**

E aprovada em 10/12/2008 por todos os membros da Banca Examinadora, foi aceita pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina, e homologada pelo Colegiado do Curso, como requisito parcial à obtenção do título de:

MESTRE EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Área de Concentração: Cineantropometria & Desempenho Humano

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação Física

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo – UFSC (Orientador)



Prof. Dr. Fernando Roberto De-Oliveira – UFLA

Prof. Dr. Fabrizio Caputo - UDESC

Profa. Dra. Rosane Carla Rosendo da Silva – UFSC (Suplente)

DEDICATÓRIA

“Falar é completamente fácil, quando se tem palavras em mente que expresse sua opinião...

Difícil é expressar por gestos e atitudes, o que realmente queremos dizer.

Fácil é fazer companhia a alguém, dizer o que ela deseja ouvir...

Difícil é ser amigo para todas as horas e dizer a verdade quando for preciso.

Fácil é mentir aos quatro ventos o que tentamos camuflar...

Difícil é mentir para o nosso coração.”

*Utilizando pequenas passagens de um dos poemas de Carlos Drummond de Andrade,
Eu dedico esse meu trabalho a minha melhor amiga, maior esposa e eterna companheira...*

...Kenya Cléa Koerich Vieira.

AGRADECIMENTOS

Existem pessoas em nossas vidas que nos deixam felizes pelo simples fato de terem cruzado o nosso caminho. Algumas percorrem ao nosso lado, vendo muitas luas passarem, outras, entretanto, apenas vemos entre um passo e outro. A todas elas chamamos de amigo. Há muitos tipos de amigos. Talvez cada folha de uma árvore caracterize um deles. Os primeiros que surgem é o amigo pai e a amiga mãe. Mostram o que é ter vida. Depois vem o amigo irmão, com quem dividimos o nosso espaço para que ele floresça como nós. Passamos a conhecer toda a família de folhas, respeitando-a e desejando o bem.

O destino ainda nos presenteia com outros amigos, que nem imaginávamos que poderiam cruzar o nosso caminho. Muitos desses são designados amigos do peito, do coração. São sinceros, são verdadeiros. Sabem quando não estamos bem, sabem o que nos faz feliz... Esses costumam colocar muitos sorrisos na face, durante o tempo que estamos por perto. Falando em perto, não podemos nos esquecer dos amigos distantes, que ficam nas pontas dos galhos, mas que quando o vento sopra, aparecem novamente entre uma folha e outra.

O tempo passa, o verão se vai, o outono se aproxima, e perdemos algumas de nossas folhas. Algumas nascem num outro verão e outras permanecem por muitas estações. O que nos deixa mais felizes é quando as folhas que caíram continuam por perto, continuam alimentando as nossas raízes com alegria. Lembranças de momentos maravilhosos enquanto cruzavam o nosso caminho. Simplesmente porque cada pessoa que passa em nossa vida é única. Sempre deixa um pouco de si e leva um pouco de nós. Há os que levaram muito, mas não há os que não deixaram nada. Esta é a maior responsabilidade de nossa vida e a prova evidente de que duas almas não se encontram por acaso.

Obrigado pela oportunidade, ao amigo Deus, aos amigos da família, aos amigos professores, aos amigos que apareceram na minha vida, aos amigos atletas...

Agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste estudo!

EPÍGRAFE

*"O valor das coisas não está no tempo em que elas duram,
mas na intensidade com que acontecem.
Por isso existem momentos inesquecíveis,
coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis".*

(Fernando Pessoa)

PREDIÇÃO DA PERFORMANCE AERÓBIA POR MEIO DE TESTES DE CAMPO E DE LABORATÓRIO EM CORREDORES DE ENDURANCE

Mestrando: George Vieira

Orientador: Prof. Dr Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo

RESUMO

O objetivo deste estudo foi relacionar variáveis fisiológicas obtidas em testes progressivos máximos (TPM) em laboratório e campo; além de prever a *performance* nas provas de 1,5 km, 5 km e 10 km. Dez corredores de meio-fundo e fundo ($28,3 \pm 6,8$ anos e $10,6 \pm 3,1\%$ de gordura), de nível regional, realizaram um TPM na esteira, iniciando em $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (1% de inclinação), incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada 3 minutos (30s pausa). Foram identificadas as intensidades de limiares de transição (LT) adotando: a) concentração fixa $3,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (v3,5); b) o $D_{\text{máx}}$ na curva de lactato sanguíneo [la] (vCheng); c) menor relação [la] e carga, adicionando-se o valor de $1,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (vBerg); d) carga que precede o segundo incremento consecutivo na [la] maior que $0,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (vBaldari). O VO_2max medido direto ($\text{VO}_2\text{máx}_{\text{Lab}}$) e a velocidade máxima aeróbia (VMA_{Lab}) foram identificados conforme Billat et al. (1994). O TPM na pista iniciava com $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e incrementava $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada 2min. O VO_2max foi predito ($\text{VO}_2\text{máx}_{\text{LB}}$) pela equação de Léger e Boucher (1980) e a VMA (VMA_{LB}) foi ajustada (KUIPERS et al., 1985). O LT foi identificado: a) por inspeção visual da frequência cardíaca (FC) (vConconi), b) D_{max} da curva de FC (vKara). As *performances* máximas realizadas foram: 1,5 km ($287 \pm 12\text{s}$), 5 km ($1088 \pm 46\text{s}$) e 10 km ($2308 \pm 94\text{s}$). O VO_2max obtido em laboratório foi significativamente maior que o estimado em pista ($71,4 \pm 6,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ vs $65,54 \pm 2,31 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e $r = -0,51$; ns), com valores similares de $\text{VMA}_{\text{Lab}} = 18,4 \pm 0,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $\text{VMA}_{\text{LB}} = 18,6 \pm 0,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($r = 0,64$; $p = 0,04$). Também não foram encontradas diferenças significantes entre os LT, expressos em valores absolutos e relativos a VMA (v3,5= $14,9 \pm 0,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $81,2 \pm 5,6\%$; vCheng= $15,3 \pm 0,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $83,0 \pm 3,2\%$; vBerg= $15,4 \pm 0,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $83,6 \pm 5,4\%$; vBaldari= $14,6 \pm 0,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $79,5 \pm 5,2\%$; vKara= $15,1 \pm 0,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $81,3 \pm 5,59\%$; vConconi= $15,1 \pm 1,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $81,0 \pm 8,6\%$). Foram encontradas correlações significantes entre as v3,5 e vBerg ($r = 0,95$), v3,5 e vBaldari ($r = 0,79$), vBerg e vBaldari ($r = 0,79$) e significantes entre as %VMA de v3,5 e vCheng ($r = 0,81$), v3,5 e vBerg ($r = 0,98$), v3,5 e vBaldari ($r = 0,89$), vCheng e vBerg

($r = 0,79$), v_{Cheng} e $v_{Baldari}$ ($r = 0,78$) v_{Berg} e $v_{Baldari}$ ($r = 0,88$). A VMA foi a principal variável determinante da *performance* nas provas de 1,5 km ($VMA_{Lab} = 62\%$ e $VMA_{LB} = 78\%$) e 5 km ($VMA_{Lab} = 35\%$ e $VMA_{LB} = 66\%$). Por outro lado, os LT apresentam melhor predição na prova de 10 km ($v_{3,5} = 35\%$ e $v_{Kara} = 73\%$). Desta forma, os TPM em pista e esteira identificam intensidades similares associadas ao LT e VMA. Contudo, o TPM em pista fornece índices fisiológicos com maior capacidade de prever a *performance* nas provas de 1,5 km, 5 km e 10km.

Palavras-chave: avaliação aeróbia, corrida, *endurance*, *performance*.

PREDICTION OF AEROBIC PERFORMANCE BY MEANS OF FIELD AND LABORATORY TESTING IN ENDURANCE RUNNERS

Author: George Vieira

Advisor: Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo, PhD.

ABSTRACT

The objective of this study was to relate physiological variables obtained in maximal incremental tests (MIT) in laboratory and field conditions (400-m track), and also to examine their validity to predict performance in 1.5-, 5-, and 10-km running events. In the laboratory, ten trained middle- and long-distance runners (28.3 ± 6.8 years and $10.6 \pm 3.1\%$ body fat), performed a MIT on a treadmill. The initial velocity was set at $12\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ (1%grade) with increments of $1\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ every 3 min (30s pause). The velocities associated to the transition thresholds (TT) were identified according to: a) a fixed blood lactate concentration of $3.5\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (v3.5) (HECK et al., 1985); b) the Dmax of the blood lactate curve [la] (vCheng) (CHENG et al., 1992); c) the lowest relationship between [la] and workload, then $1.5\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ was added (vBerg) (BERG et al., 1990); d) the velocity immediately before a second consecutive increment in [la] of more than $0.5\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (vBaldari) (BALDARI, GUIDETTI, 2000). Both VO_2max ($\text{VO}_2\text{max}_{\text{Lab}}$) and maximal aerobic speed (MAS_{LAB}) were identified according to Billat et al. (1994). In the track, the MIT initial velocity was set at $8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ with increments of $1\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ every 2 min. Additionally, VO_2max was estimated ($\text{VO}_2\text{max}_{\text{LB}}$) by Léger & Boucher (1980) and MAS_{LB} was adjusted using (KUIPERS et al., 1985). For the field tests, the TT were identified according to: a) visual inspection of the heart rate (HR) curve (vConconi) (CONCONI et al., 1982), and; b) Dmax of the HR curve (vKara) (KARA et al., 1996). The Individual time trials obtained were: 1.5 km ($287 \pm 12\text{s}$), 5 km ($1088 \pm 46\text{s}$) and 10 km ($2308 \pm 94\text{s}$). The VO_2max obtained in laboratory was significantly higher than the VO_2max estimated in field ($71.4 \pm 6.3\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ vs $65.54 \pm 2.31\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, $r = -0.51$; ns), with similar values of $\text{MAS}_{\text{LAB}} = 18.4 \pm 0.7\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ and $\text{MAS}_{\text{LB}} = 18.6 \pm 0.7\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($r = 0.64$; $p = 0.04$), respectively. In addition, no significant differences were observed between the TT expressed as absolute as well percentage of the MAS (v3.5= $14.9 \pm 0.7\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, $81.2 \pm 5.6\%$; vCheng= $15.3 \pm 0.6\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, $83.0 \pm 3.2\%$; vBerg= $15.4 \pm 0.7\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, $83.6 \pm 5.4\%$; vBaldari= 14.6 ± 0.7

km.h⁻¹, 79.5 ± 5.2%; vKara= 15.1 ± 0.9 km.h⁻¹, 81.3 ± 5.59%; vConconi= 15.1 ± 1.8 km.h⁻¹, 81.0 ± 8.6%). Significant correlations were identified between v3.5 and vBerg (r= 0.95), v3.5 and vBaldari (r= 0.79), vBerg and vBaldari (r= 0.79), %MAS of v3.5 and vCheng (r= 0.81), v3.5 and vBerg (r= 0.98), v3.5 and vBaldari (r= 0.89), vCheng and vBerg (r= 0.79), vCheng and vBaldari (r= 0.78) vBerg and vBaldari (r= 0.88). The MAS was the main variable to predict performance in 1.5-km (MAS_{LAB}= 62% and MAS_{LB}= 78%) and 5-km (MAS_{LAB}= 35% and MAS_{LB}= 66%). On the other hand, 10-km running performance was better explained by the TT (v3.5 35% and vKara 73%). Therefore, the aforementioned MIT carried out in laboratory and field conditions identify similar intensities associated to TT and MAS. However, physiological indices obtained during MIT in the track presented a higher predictive capacity in 1.5-, 5- and 10km running events.

Key-words: aerobic evaluation, running, endurance, performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema representativo do procedimento de coleta adotado no estudo.....	40
Figura 2 - Identificação do menor equivalente (lactato/carga) de um sujeito	43
Figura 3 - Determinação do método de Cheng et al. (1992) de um sujeito	44
Figura 4 - Determinação do método de Baldari e Guidetti (2000) de um sujeito	44
Figura 5 - Identificação do método de Kara et al. (1996) de um sujeito	47
Figura 6 - Identificação do método de Conconi et al. (1982) de um sujeito	47

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Valores médios, desvios-padrão e coeficientes de variação (CV) das medidas antropométricas obtidas e das *performances* nas distâncias de 1,5 km, 5 km e 10 km.....51
- Tabela 2 - Variáveis obtidas nos protocolos incrementais de laboratório e de campo.....52
- Tabela 3: Valores relativos de $VO_2\text{max}$ obtidos nas situações de teste e re-teste realizadas com diferentes analisadores de gases.....53
- Tabela 4 - Comparação entre as velocidades utilizadas como referências de potência aeróbia determinadas em campo e laboratório.....53
- Tabela 5 - Comparação entre os valores absolutos e relativos de velocidade, de FC e de lactato sangüíneo representantes da capacidade aeróbia obtida em laboratório ($v_{3,5}$, v_{Cheng} , v_{Berg} e $v_{Baldari}$) e em campo ($v_{Conconi}$ e v_{Kara}).....54
- Tabela 6 - Correlação entre os valores absolutos dos indicadores de potência e capacidade aeróbia determinados em campo ($VO_2\text{max}$, PV, $v_{Conconi}$ e v_{Kara}) e laboratório ($VO_2\text{max}$, PV, $vVO_2\text{max}$, $v_{3,5}$, v_{Cheng} , v_{Berg} e $v_{Baldari}$).....55
- Tabela 7 - Correlação entre os valores relativos ($vVO_2\text{max}$) dos indicadores de capacidade aeróbia determinados em laboratório.....56
- Tabela 8: Correlação entre os valores relativos (PV) dos indicadores de capacidade aeróbia determinados em laboratório.....56

Tabela 9 - Correlação entre os valores relativos dos indicadores de capacidade aeróbia identificados em campo.....	57
Tabela 10 - Correlação entre os indicadores de potência e capacidade aeróbia determinados em campo (VO_2max , PV, $vConconi$ e $vKara$) e laboratório (VO_2max , PV, vVO_2max , $v3,5$, $vCheng$, $vBerg$ e $vBaldari$) com os tempos de provas nas corridas de 1,5km, 5km e 10km.....	57
Tabela 11 - Coeficientes de correlação múltipla das variáveis determinadas em laboratório com o tempo de prova nas distâncias de 1,5 km, 5 km e 10 km.....	58
Tabela 12 - Coeficientes de correlação múltipla das variáveis determinadas em campo com o tempo de prova nas distâncias de 1,5 km, 5 km e 10 km.....	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. O PROBLEMA	14
1.2. OBJETIVOS DA PESQUISA.....	18
1.3. JUSTIFICATIVA.....	18
1.4. HIPÓTESES.....	19
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1. CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO (VO ₂ max).....	20
2.2. VELOCIDADE CORRESPONDENTE AO VO ₂ max (vVO ₂ max) E TEMPO DE EXAUSTÃO (T _{lim})	23
2.3. RESPOSTAS DE LACTATO SANGÜÍNEO E LIMIARES DE TRANSIÇÃO FISIOLÓGICA (LTF)	26
2.4. PROTOCOLOS DE CAMPO.....	33
2.4.1. <i>Teste progressivo de pista - MMATT (LÉGER; BOUCHER, 1980)</i>	33
2.4.1.1. <i>Pico de velocidade (PV)</i>	34
2.4.1.2. <i>Ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC)</i>	36
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1. SUJEITOS DO ESTUDO	39
3.2. PROCEDIMENTOS ADOTADOS NO ESTUDO	39
3.2.1. <i>No ambiente laboratorial</i>	40
3.2.2. <i>Na pista de atletismo</i>	40
3.3. AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA	41
3.4. PROTOCOLOS DE LABORATÓRIO	42
3.5. CALIBRAÇÃO	45
3.6. PROTOCOLOS DE CAMPO.....	45
3.7. MENSURAÇÃO DO LACTATO SANGÜÍNEO E DA FREQUÊNCIA CARDÍACA.....	48
3.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	48
4. RESULTADOS.....	51
5. DISCUSSÃO	59
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
7. REFERÊNCIAS.....	78
ANEXO 1.....	92
ANEXO 2.....	96

1. INTRODUÇÃO

1.1. O PROBLEMA

Tradicionalmente, as principais variáveis fisiológicas que podem contribuir na *performance* de corredores em provas de meio fundo e fundo incluem o consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{max}$), os limiares de transição fisiológica (LTF) e a economia de corrida (EC) (BASSETT; HOWLEY, 2000; DENADAI, 1996). Entretanto, corredores de elite podem apresentar valores similares nesses índices e, assim, outros fatores, tais como o aspecto psicológico e a estratégia de prova, podem contribuir para o sucesso em eventos predominantemente aeróbios (GUGLIELMO, 2005).

A utilização de índices que possam, com precisão, prever a *performance* e servir de referência para a prescrição do treinamento desportivo tem, recentemente, merecido atenção da comunidade científica, principalmente pelas possíveis aplicações práticas que estas variáveis apresentam em comparação a outros índices menos precisos (GUGLIELMO, 2005).

A partir do final de 1970 surgiram outras variáveis e metodologias capazes de prever a *performance* e que, também, possam ser utilizadas como índices de referência para prescrição e controle dos efeitos do treinamento (DE-OLIVEIRA, 2004). Relacionadas à aptidão física aeróbia, surgiram as medidas da fração de utilização do $VO_2\text{max}$ ($\%VO_2\text{max}$), os limiares de transição fisiológica (LTF), os indicadores de economia de movimento ou de corrida e a intensidade ou velocidade correspondente ao $VO_2\text{max}$ ($vVO_2\text{max}$) (BRANDON, 1995; DE-OLIVEIRA, 2004; DENADAI, ORTIZ; MELLO, 2004).

Além do mais, para a determinação dos índices associados ao consumo de oxigênio ($VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$, cinética do VO_2) e ao lactato sanguíneo (limiares de transição fisiológica) são utilizadas medidas diretas que apresentam a necessidade de equipamentos sofisticados e de alto custo, restringindo a sua utilização pelos profissionais que atuam na área de treinamento desportivo voltado ao rendimento (DE-OLIVEIRA, 2004; GUGLIELMO, 2005). Desta forma, muitos pesquisadores têm desenvolvido metodologias indiretas associadas à resposta do lactato sanguíneo e

ao consumo de oxigênio para a avaliação da aptidão aeróbia e, também para a prescrição da intensidade adequada do treinamento.

Em avaliações aeróbias, o ambiente laboratorial apresenta a vantagem de proporcionar um melhor controle de variáveis externas que podem interferir no desempenho durante um teste progressivo máximo. Por outro lado, a avaliação laboratorial tem como a principal desvantagem a dificuldade de reproduzir uma situação mais específica e próxima da realidade competitiva e de treinamento vivenciada pelo atleta. Portanto, Kranenburg e Smith (1996) sugerem a realização da avaliação aeróbia por meio de testes de campo, assumindo que os testes aplicados em campo poderiam ser mais facilmente incorporados na prática pelos treinadores e, por conseguinte, introduzido na rotina de treinamento dos atletas. Assim, a principal vantagem deste tipo de abordagem é atribuída a sua maior validade ecológica.

O Maximal Multistage Aerobic Track Test (MMATT), também conhecido como teste de Léger e Boucher (1980), apresenta-se como uma metodologia alternativa mais acessível, tendo como principais vantagens seu baixo custo e fácil aplicação comparada aos testes incrementais laboratoriais que empregam medidas diretas. A avaliação aeróbia por meio do MMATT permite identificar a potência aeróbia máxima - $VO_2\text{max}$ e pico de velocidade (PV), prever a *performance* e planejar programas de treinamento (ROWAN; LÉGER; LAVOIE, 1986; DE-OLIVEIRA, 2004).

Léger e Boucher (1980) obtiveram evidências de validade entre a medida de $VO_2\text{max}$ estimado na pista e determinada diretamente em laboratório, não identificando diferenças significantes entre estes valores obtidos. Além disso, o $VO_2\text{max}$ estimado na pista foi reprodutível ($r= 0,97$, teste e re-teste). Berthoin et al. (1996) também não demonstraram diferenças significantes no $VO_2\text{max}$ e o PV identificado com diferentes métodos no MMATT e a $vVO_2\text{max}$ determinada também com diferentes metodologias em ambiente laboratorial na esteira. Da mesma forma, Basset; Chouinard e Boulay (2003) submeteram 5 corredores de média distância e 5 corredores de longa distância ao MMATT e ao teste incremental em laboratório e evidenciaram valores similares de $VO_2\text{max}$ e $vVO_2\text{max}$ entre os grupos avaliados.

As evidências apresentadas na literatura parecem credenciar o MMATT para a avaliação da potência aeróbia, entretanto, essa mesma importância não tem sido observada para a validação da determinação da capacidade aeróbia neste teste.

Uma vez que, em ambas as situações de campo e laboratório são aplicados testes progressivos máximos, a adoção de uma metodologia simples como o monitoramento da frequência cardíaca (FC) durante a realização do MMATT tornaria viável a determinação indireta do segundo limiar de transição fisiológica (LTF₂). Este parâmetro parece representar uma aproximação confiável das medidas diretas de lactato sanguíneo tradicionalmente utilizadas para a obtenção do LTF₂.

Durante décadas foi assumida a existência de uma relação linear entre a FC e a intensidade de esforço em testes incrementais (ÅSTRAND; RODAHL, 1986). Contudo, Conconi et al. (1982) identificaram visualmente uma quebra da linearidade na curva de FC nos estágios finais de testes progressivos denominando esse fenômeno de ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC), a velocidade correspondente ao PDFC foi significativamente associada com a intensidade no LTF₂ ($r= 0,99$).

A subjetividade implícita neste método foi, durante anos, alvo de inúmeras críticas e controvérsias, e como alternativa para essa questão, Kara et al. (1996) propuseram a aplicação do modelo matemático proposto por Cheng et al. (1992) na curva de FC durante testes progressivos máximos (identificando o Dmax da FC). Kara et al. (1996) comparam esta metodologia com o modelo descrito por Conconi et al. (1982) para a identificação do LTF₂ e não verificaram diferenças significantes entre os valores de FC, as velocidades correspondentes ao LTF₂, identificadas por intermédio do método visual e matemático.

Desta forma, o modelo descrito por Kara et al. (1996) também tem a vantagem de ser uma metodologia não invasiva, podendo ser facilmente aplicado e interpretado, pois, elimina a subjetividade presente no modelo descrito por Conconi et al. (1982). Desta forma, o uso deste método permitiria estabelecer, de modo mais objetivo, o LTF₂ no MMATT.

Diversos estudos (BRANDON; BOILEAU, 1987; BRANDON, 1995; DENADAI, 1996, NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990; DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004) têm buscado verificar a relação isolada ou em combinação das variáveis fisiológicas com o rendimento desportivo em corredores de média e/ou longa duração, principalmente analisando variáveis laboratoriais.

No entanto, na literatura há uma lacuna de estudos comparando a capacidade de predição da *performance* em corridas de meio-fundo e fundo, combinando, por um lado, um grupo de variáveis fisiológicas determinadas em

laboratório por meio de medidas diretas e, por outro lado, um grupo de variáveis mensuradas indiretamente por meio de protocolos de campo.

Além do mais, existem muitos estudos que analisaram a predição da *performance* aeróbia durante a corrida a partir dos índices fisiológicos citados anteriormente. Estes estudos, entretanto, utilizaram modelos de regressão simples ou múltipla, analisando, no mesmo grupo de atletas, as relações entre os índices fisiológicos e o desempenho aeróbio em uma única distância, a qual varia freqüentemente entre 1,5 km e 5 km (DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004). Há, portanto, uma dificuldade em encontrar estudos, realizando em uma mesma abordagem, a predição da *performance* englobando um número maior de distâncias e, principalmente, verificando distintamente a capacidade preditiva de variáveis identificadas separadamente em ambiente laboratorial e em campo.

A relação entre os diferentes índices fisiológicos que determinam a *performance* aeróbia pode ser modificada em função de diversos fatores (nível de treinamento do atleta, especialidade do mesmo, experiência na prova, etc.), A relação entre os diferentes índices fisiológicos que determinam a *performance* aeróbia pode ser modificada em função da distância percorrida, apresentando influência de questões como: Assim,

Com base nas referências supracitadas, tem sido proposto que a distância da prova e, portanto, a intensidade do exercício, pode influenciar as relações entre os índices fisiológicos e a *performance* aeróbia. Além disso, o percentual de contribuição aeróbia determinado pelo LTF_2 e a intensidade relativa a vVO_2max são proporcionalmente diferentes entre as provas de 1,5 km, 5 km e 10 km e podem, também, apresentar alterações em função do treinamento intervalado intenso e do nível de aptidão aeróbia. Possivelmente as relações entre os índices fisiológicos e a *performance*, nestas distâncias, possam ser diferentes em resposta ao treinamento predominantemente aeróbio de alta intensidade.

Face ao exposto, foram formulados os seguintes problemas de pesquisa: **“Qual é a relação das variáveis obtidas por meio de teste realizado em campo com os índices mensurados diretamente em teste laboratorial? Quais são os parâmetros que apresentam maior poder preditivo da *performance* de corredores de *endurance*?”**

1.2. OBJETIVOS DA PESQUISA

1) Comparar as variáveis fisiológicas obtidas nos protocolos de campo ($VO_2\text{max}$, PV e PDFC) e de laboratório ($VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e LTF_2).

2) Verificar a correlação entre os índices fisiológicos determinados em protocolos de campo e no laboratório, com a *performance* obtida nas provas de 1,5km, 5 km e 10 km.

3) Identificar as variáveis fisiológicas de campo e de laboratório que melhor predizem a *performance* nas distâncias de 1,5 km, 5 km e 10 km.

1.3. JUSTIFICATIVA

Existe um grande interesse por parte da comunidade científica em desenvolver métodos precisos, que possibilitem quantificar a capacidade dos indivíduos em realizar exercício físico. Assim, muitos são os estudos que têm procurado determinar as variáveis fisiológicas capazes de prever *performance* e que, também, possam ser utilizados como índices de referência para a prescrição e o controle dos efeitos do treinamento (OLIVEIRA et al., 1994; BALIKIAN; DENADAI, 1996).

Tomando como base o princípio da especificidade, e eliminando a necessidade de ergômetros específicos de laboratório, as avaliações de atletas de elite têm procurado aproximar-se o máximo possível do gesto técnico e/ou da situação competitiva, preferencialmente aplicando-se os testes em ambiente conhecido dos atletas (BALIKIAN; DENADAI, 1996). Desta forma, os testes têm se transferido dos laboratórios para o campo de prática desportiva, sendo este de competição ou treinamento (CHICHARRO; ARCE, 1991).

As variáveis aeróbias apresentadas no presente estudo podem ser determinadas por meio de avaliações de laboratório ou de campo, empregando-se métodos invasivos e/ou não-invasivos. Entretanto, de acordo com Carminatti (2006), uma avaliação laboratorial ou de campo com metodologia invasiva é dispendiosa, tanto do ponto de vista financeiro, pois requer profissionais altamente especializados para a administração dos testes, bem como a necessidade do uso instrumentação

sofisticadas, quanto do ponto de vista do tempo necessário para avaliar um grande número de sujeitos, em virtude da dificuldade de avaliá-los simultaneamente.

A relevância desta abordagem está no fato de poder tornar os modelos preditivos tradicionais mais acessíveis aos centros de treinamento, colocando o processo de avaliação mais próximo da realidade da maior parte destes locais. Tal abordagem pode colaborar para a expansão da utilização de conceitos tradicionalmente laboratoriais em situações práticas de avaliação de campo, apresentando maior validade ecológica, além de ter um formato mais simplificado e acessível.

Somado a estes fatores parece também não haver estudos comparando, em uma mesma situação, avaliações laboratoriais e de campo com a *performance* de um mesmo grupo de corredores, em diferentes eventos, especialmente, visando prever a *performance* simultaneamente nas distâncias de 1,5km, 5km e 10km.

1.4. HIPÓTESES

H1: As medidas aeróbias obtidas no teste de pista não apresentam diferenças significativas em relação aos mesmos índices determinados em laboratório e, portanto, são consideradas válidas para o controle e a prescrição do treinamento de corredores de *endurance*.

H2: Os parâmetros fisiológicos obtidos nos testes laboratoriais que melhor predizem a *performance* nas provas de 1,5 km, 5 km e 10 km são os mesmos determinados em campo. Contudo, a especificidade do teste de pista proporciona um maior poder preditivo da *performance*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO ($VO_2\text{max}$)

Atualmente, o $VO_2\text{max}$ pode ser entendido como a mais alta taxa, na qual o oxigênio pode ser captado e utilizado pelo corpo durante o exercício máximo (BASSETT; HOWLEY, 2000). Entretanto, muitos dos conhecimentos aceitos e compreendidos recentemente pertinentes ao $VO_2\text{max}$ foram introduzidos na fisiologia do exercício por intermédio dos estudos realizados por Hill e Lupton (1923) e Hill, Long e Lupton (1924).

Destes trabalhos, foram levantados quatro postulados referentes ao $VO_2\text{max}$: a) existe um limite superior para os valores de VO_2 ; b) há diferenças individuais no $VO_2\text{max}$; c) um elevado valor de $VO_2\text{max}$ é pré-requisito para o sucesso em corridas de média e longa distância; d) o $VO_2\text{max}$ é limitado principalmente pela habilidade do sistema cardiovascular de transporta oxigênio para os músculos (BASSETT; HOWLEY, 2000).

Um estudo clássico realizado por Astrand e Saltin (1961), por meio de testes descontínuos, que havia um “teto” nos valores de VO_2 em resposta ao incremento de carga de exercício, a partir do qual ocorria uma ineficiência no aumento do VO_2 . Estes achados de Astrand e Saltin (1961) corroboram as afirmações realizadas por Hill e Lupton (1923) apontando para a existência de um platô no consumo de oxigênio.

Entretanto, a identificação do platô de VO_2 nem sempre é observada em todos os sujeitos que realizam testes incrementais com protocolos contínuos. A justificativa encontrada para essa ausência do fenômeno observada em alguns sujeitos é atribuída ao fato do $VO_2\text{max}$ pode ser atingido justamente quando o indivíduo está fadigando (término do exercício). Deste modo, o indivíduo não conseguiria sustentar nenhum estágio adicional. Essa incapacidade de realização de um estágio adicional impossibilita a caracterização do fenômeno do platô (DUCAN et al., 1997; BASSETT; HOWLEY, 2000).

Do mesmo modo, em protocolos descontínuos, a identificação do platô de VO_2 pode não ocorrer em virtude da duração dos esforços empregada nestes

protocolos. No mínimo, são utilizados 3 minutos de duração, tornando bastante difícil de ser sustentado o esforço físico em alta intensidade (BASSET; HOWLEY, 2000).

Noakes (1988) propôs que a *performance* máxima alcançada durante o exercício pode ser limitada em virtude do desenvolvimento de uma progressiva dispnéia ou atribuída a fatores musculares. Deste modo, a ausência no platô de VO_2 poderia estar associada à falha dos mecanismos intracelulares de transporte do cálcio, outra possibilidade sugerida estaria associada a alterações na atividade da miosina ATPase ou, ainda, poderia ser um efeito combinado de ambos mecanismos. Assim, incrementos no consumo de oxigênio pode ser o resultado e não necessariamente a causa das modificações ocorridas na atividade muscular ou das respostas ventilatórias ao exercício sistemático.

Por este motivo o platô de VO_2 não pode ser utilizado como único critério para caracterizar que o VO_{2max} foi atingido. Portanto, recomenda-se a aplicação de um segundo critério para verificar que o esforço máximo foi alcançado durante o teste. Os critérios apresentados na literatura podem também apresentar divergências quanto aos seus pontos de corte. Contudo, pode-se determinar que o esforço foi realmente máximo utilizando pico de FC, concentrações de lactato sanguíneo [La] e razão de troca respiratória (BASSET; HOWLEY, 2000; SHEPAHRD, 1984).

Uma vez determinado o VO_{2max} , esse parâmetro pode apresentar inúmeras aplicações práticas, dentre as quais destaca-se a possibilidade de avaliar o nível de aptidão dos indivíduos que, além de ser utilizado como parâmetro de prescrição do exercício ($\%VO_{2max}$), pode servir para avaliar os efeitos do treinamento, além de permitir o diagnóstico de limitações cardiovasculares e/ou respiratórias severas (SHEPHARD, 1984).

Em testes bem controlados, cuja finalidade é determinar o VO_{2max} , uma variação intra-individual nos valores de VO_{2max} de um dia para outro tem sido reportada entre 4 - 6%, e consideradas variações biológicas naturais (TAYLOR et al., 1955; SHEPHARD, 1984).

Existe consenso na literatura sobre o fato de o VO_{2max} ser o índice fisiológico que melhor descreve a capacidade funcional dos sistemas cardiovascular e respiratório. O VO_{2max} representa a capacidade máxima de integração do organismo em captar, transportar e utilizar o oxigênio para a produção aeróbia de energia (DENADAI, 1999).

Vale ressaltar que o $VO_2\text{max}$ é influenciado por fatores genéticos e ambientais na sua determinação. Deste modo, o treinamento pode provocar significativas alterações nos valores desta variável (BRANDON, 1995; DENADAI, 1999).

Basset e Howley (2000) argumentam que o $VO_2\text{max}$ pode ser limitado por alguns fatores: a) capacidade de difusão pulmonar; b) débito cardíaco máximo; c) capacidade de transporte de oxigênio (conteúdo de hemoglobina); d) limitações musculares associadas ao gradiente de difusão periférica, nível de enzimas mitocondriais e densidade capilar.

Portanto, além de existirem aspectos que limitam o $VO_2\text{max}$, há fatores que determinam a *performance* aeróbia. Dentre estes determinantes da *performance* aeróbia figuram: o $VO_2\text{max}$, a economia de corrida e a fração de utilização do $VO_2\text{max}$ (BASSET; HOWLEY, 2000; COSTILL; THOMASON; ROBERTS, 1973).

Retomando ao terceiro postulado das teorias de Hill e Lupton (1923), os autores reportam que a capacidade do ser humano para realizar exercícios de média e longa duração depende principalmente do metabolismo aeróbio e, por isso, o sucesso de atletas de médias e longas distâncias depende de valores elevados de $VO_2\text{max}$.

Entretanto, apesar de atletas corredores de *endurance* terem como características valores elevados de $VO_2\text{max}$, o nível de importância e o percentual utilizado desse índice podem ser diferentes para as provas de médias e longas distâncias (COSTILL; THOMASON; ROBERTS, 1973).

De fato, Costill, Thomason e Roberts (1973) mostraram uma correlação inversa ($r = -0,91$) entre o $VO_2\text{max}$ e o tempo de corrida na distância de 10 milhas. Torna-se importante destacar que o grupo avaliado poderia ser considerado heterogêneo tendo uma grande variação nos valores de $VO_2\text{max}$ ($54,8 - 81,6 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

Por outro lado, em grupos homogêneos de corredores tem sido demonstrado que o $VO_2\text{max}$ apresenta uma baixa correlação com a *performance* em eventos predominantemente aeróbios. Um exemplo desta situação foi o estudo conduzido por Grant et al. (1997) com corredores de média e longa distâncias, em que o segundo limiar de lactato (LTF_2) foi a variável que melhor explicou a *performance* em corrida de 3 km (87% da variância do fenômeno), enquanto o $VO_2\text{max}$ e a economia de corrida não apresentaram boa correlação.

Denadai (1996) destaca que os baixos valores de correlação que podem existir principalmente em indivíduos altamente treinados, provavelmente, pode ser atribuído ao fato de que o $VO_2\text{max}$ nem sempre se modifique com o treinamento ou destreinamento; contudo, nestas mesmas condições, pode haver aumento ou diminuição da *performance*.

Embora o $VO_2\text{max}$ seja notadamente o parâmetro fisiológico que melhor expressa a aptidão cardiorrespiratória do indivíduo (BASSET; HOWLEY, 2000; SILVA; TORRES, 2002), este índice tem apresentado pouco poder discriminatório da *performance* em atletas de alto rendimento denotando, assim, a identificação de outros índices fisiológicos que possam melhor predizer o desempenho esportivo e auxiliar na prescrição e no controle do treinamento.

Brandon (1995) destaca que na corrida, onde a produção de energia é influenciada também pela massa corporal do atleta, o $VO_2\text{max}$ costuma ser expresso em valores relativos ($\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) demonstrando maiores valores de correlação com a *performance*.

Um esquema representativo e teórico alternativo para explicar o comportamento do $VO_2\text{max}$ está vinculado ao modelo do Governador Central". Assumindo este modelo, os motivos da falência no aumento do VO_2 em teste progressivo podem ser decorrentes de estímulos inibitórias gerados no mecanismo contrátil da musculatura esquelética, evitando, assim, possíveis danos ao sistema cardiovascular e, conseqüentemente, à vida do sujeito. Isto explicaria, ao menos em partes, a fadiga que ocorre em exercício progressivo máximo (GREENN, et al. 1989a; GREEN, et al., 1989b; NOAKES, 1988; NOAKES, 2000). Além disso, a capacidade de aproveitar os componentes elásticos musculares pode estar associada à dificuldade de incrementar a carga (DE-OLIVEIRA, 2004).

2.2. VELOCIDADE CORRESPONDENTE AO $VO_2\text{max}$ ($vVO_2\text{max}$) E TEMPO DE EXAUSTÃO (T_{lim})

A utilização de índices que possam, com precisão, predizer a *performance* e servir de referência para a prescrição do treinamento desportivo tem, recentemente, merecido atenção da comunidade científica, principalmente pelas possíveis

aplicações práticas que estas variáveis apresentam em comparação a outros índices menos precisos.

A $vO_2\text{max}$ é o índice que melhor descreve a associação entre a potência aeróbia máxima ($VO_2\text{max}$) e a economia de movimento. A partir desta variável é possível determinar o tempo máximo de exercício ou tempo de exaustão (T_{lim}) que pode ser sustentado nesta intensidade de exercício (DENADAI, 2000b).

É importante enfatizar que o treinamento realizado para a melhora do $VO_2\text{max}$ e, conseqüentemente, da $vVO_2\text{max}$, torna-se bastante atrativo para atletas que competem em provas de média duração (2-3 mim até 10-15 min) (DENADAI, 2000b). Como sugestão para o aprimoramento destes índices tem sido sugerida a inclusão de uma ou duas sessões de treinos semanais de treinamento intervalado de alta intensidade (DENADAI, 2000b; BILLAT et al., 1999).

A $vVO_2\text{max}$ e o T_{lim} são variáveis que têm apresentado valores confiáveis de reprodutibilidade (BILLAT et al., 1994b; LINDSAY et al., 1996) e, também, validade na predição da *performance* em provas de média e longa duração (LINDSAY et al., 1996; HILL; ROWELL, 1996). Além disso, o T_{lim} tem apresentado correlação significativa, em ciclistas e nadadores, com o máximo déficit acumulado de oxigênio (DAO), o qual é considerado o “padrão ouro” para a avaliação da capacidade anaeróbia (FAINA et al., 1997). No estudo realizado por Faina et al. (1997), foi verificado que 16% da energia utilizada, durante o exercício realizado a 100% $vVO_2\text{max}$, foi derivada do metabolismo anaeróbio.

Billat et al. (1996) realizaram um estudo com 15 corredores de *endurance* aplicando testes incrementais na esteira ergométrica objetivando examinar a influência da duração e da velocidade de cada estágio na $vVO_2\text{max}$ e no T_{lim} .

Os autores não encontraram diferenças na $vVO_2\text{max}$ ($20,7 \pm 1,0 \text{ km.h}^{-1}$ e $20,8 \pm 0,9 \text{ km.h}^{-1}$, respectivamente) determinada no teste 1 (incrementos de $1,0 \text{ km.h}^{-1}$ e estágios com 2 min) e no teste 2 (incrementos de $0,5 \text{ km.h}^{-1}$ e estágios com 1min). Outro dado interessante deste estudo refere-se aos T_{lim} determinados na $vVO_2\text{max}$, demonstrando um alto grau de variação interindividual (35 - 45%), mas não sendo observadas diferenças significativas entre os T_{lim} do grupo ($345 \pm 120 \text{ s}$ no teste 1 e $373 \pm 169 \text{ s}$ no teste 2).

Portanto, os autores concluíram que pequenas mudanças realizadas no protocolo podem não ter um impacto significativo nos valores de $VO_2\text{max}$ e, conseqüentemente, no T_{lim} obtido nesta mesma intensidade.

Além do mais, a prescrição do treinamento utilizando a $vVO_2\text{max}$ e o Tlim tem sido um assunto central de diversos estudos e revisões (LAURSEN; JENKINS, 2002; LAURSEN et al., 2002). Parece consenso para muitos pesquisadores que o treinamento intervalado de alta intensidade é indispensável para a melhora da *performance* aeróbia em diferentes modalidades esportivas, principalmente em provas com duração superior a 1 minuto.

Desta forma, Billat et al. (1999) sugerem que o treinamento intervalado seja realizado em séries de cinco repetições com as seguintes características: intensidade - 100% $vVO_2\text{max}$, duração - 60% Tlim e recuperação ativa - 60% $vVO_2\text{max}$, com a mesma duração do exercício.

É importante ressaltar que esta intensidade de exercício não é a única que possibilita ao atleta atingir o $VO_2\text{max}$ durante o treinamento. Hill, Williams e Burt (1997) investigaram, em corredores, o tempo que o $VO_2\text{max}$ pode ser sustentado a 92% e 100% $vVO_2\text{max}$. Pôde-se verificar que os corredores atingiram o $VO_2\text{max}$ nas duas intensidades propostas e o tempo necessário para atingir o $VO_2\text{max}$ foi menor quando o exercício foi realizado a 100% $vVO_2\text{max}$. Porém, o tempo de manutenção no $VO_2\text{max}$ foi maior no exercício a 92% $vVO_2\text{max}$.

Desta forma, pode-se sugerir que intensidades superiores a 92% $vVO_2\text{max}$ parecem ser interessantes para o treinamento intervalado, quando o objetivo é atingir e manter o $VO_2\text{max}$, já que estas intensidades (< 100%) podem ser sustentadas por um tempo maior, determinando uma maior sobrecarga sobre o sistema aeróbio. Então, se o objetivo da sessão de treinamento é manter por mais tempo possível o $VO_2\text{max}$, a intensidade poderia ser menor que a $vVO_2\text{max}$.

Quando o Tlim é utilizado para determinar a duração individualizada do tempo do exercício, deve-se considerar o tempo necessário para atingir o $VO_2\text{max}$ e o seu respectivo tempo de sustentação. Durante exercícios a 92% e a 100% da $vVO_2\text{max}$, o Tlim apresenta uma grande variabilidade individual, podendo interferir na precisão de sua utilização para o controle do tempo do exercício. Além disso, no estudo realizado por Hill, Williams e Burt (1997), verificou-se que nenhum dos atletas avaliados alcançou o $VO_2\text{max}$ a 60% Tlim, sugerindo que esta duração parece não ser adequada para a prescrição da duração do estímulo. Desta forma, parece ser necessário um tempo maior de exercício para se atingir o $VO_2\text{max}$, principalmente quando os atletas realizam uma recuperação passiva entre as séries de exercícios.

Assim, quando o objetivo é atingir o $VO_2\text{max}$, a utilização do Tlim para prescrever a duração do exercício poderia não ser muito precisa, visto que os estudos supracitados têm apresentado resultados contraditórios no que se refere ao tempo necessário para atingir o $VO_2\text{max}$ em diferentes intensidades. Com isso, Hill, Williams e Burt (1997) têm sugerido que a utilização do tempo necessário para atingir o consumo máximo de oxigênio ($TAVO_2\text{max}$) permite a identificação exata do momento no qual o $VO_2\text{max}$ foi alcançado e, partir deste instante, o quanto de exercício seria sustentado no $VO_2\text{max}$, ao passo que o Tlim e os seus percentuais utilizados na prescrição de exercício teriam menor poder discriminatório.

2.3. RESPOSTAS DE LACTATO SANGÜÍNEO E LIMIARES DE TRANSIÇÃO FISIOLÓGICA (LTF)

Desde o estudo conduzido por Fletcher e Hopkins (1907), no qual os autores demonstraram a formação de lactato durante a contração muscular, tem sido grande o interesse da comunidade científica em estudar os mecanismos que controlam a produção, a liberação e a remoção do lactato durante o exercício.

Mais recentemente, porém, tem-se verificado que a resposta do lactato sangüíneo ao exercício pode, de modo mais preciso que o $VO_2\text{max}$, avaliar a capacidade de rendimento em provas predominantemente aeróbias e, detectar, principalmente durante um acompanhamento longitudinal, a existência ou não de adaptações fisiológicas determinadas pelo treinamento de *endurance*. Mesmo em grupos de atletas altamente treinados, com valores similares de $VO_2\text{max}$, a resposta do lactato sangüíneo é altamente relacionada com o desempenho aeróbio (DENADAI, 1999; GRECO, 2003).

Um dos maiores problemas relacionados à resposta do lactato sangüíneo ao exercício ocorre em função do amplo número de terminologias empregadas pelos pesquisadores para identificar fenômenos fisiológicos semelhantes. Além disso, existem também diferentes definições e referências que são utilizadas para a interpretação dos limiares, durante o exercício com aumento progressivo de cargas.

Desta forma, pesquisadores têm demonstrado que o início de acúmulo de lactato no sangue apresenta concentrações variáveis e não valores fixos. Assim, vários termos têm sido propostos, como: OPLA (*Onset of plasma lactate*

accumulation) como sendo a intensidade de exercício anterior ao aumento exponencial do lactato no sangue (FARREL et al., 1979); outros, porém, utilizam o termo Limiar de Lactato (LL) (IVY et al., 1980; TANAKA; MATSUURA, 1984).

Além disso, Coyle et al. (1983) definiram esse mesmo LL como sendo a intensidade de exercício na qual há um aumento de 1 mmol.L^{-1} no lactato sangüíneo, acima dos valores da linha de base. Existem evidências que o LL pode ocorrer em uma intensidade 5% acima do OPLA, estando esta muito próxima das velocidades relacionadas pelos atletas durante a prova de maratona (DENADAI, 2000).

Por outro lado, pesquisadores do esporte têm identificado a intensidade de exercício correspondente à máxima fase estável de lactato (MSSL), utilizando concentrações fixas de 4 mmol.L^{-1} , entretanto, com diferentes terminologias. Os termos mais empregados têm sido: LAn (KINDERMANN et al., 1979); Limiar Aeróbio-Anaeróbio (MADER et al., 1976); OBLA (*onset of blood lactate accumulation*) (SJODIN; JACOBS, 1981) e Limiar Anaeróbio Individual (IAT) (STEGMANN; KINDERMANN; SCHNABEL, 1981).

Segundo Bourdon (2000), os protocolos incrementais permitem identificar e assumir a existência de domínios fisiológicos separados por dois limiares ou duas perdas de continuidade, identificados como primeiro limiar de lactato ou primeiro limiar de transição fisiológica (LTF_1) e segundo limiar de lactato ou segundo limiar de transição fisiológica (LTF_2):

O LTF_1 está associado à primeira intensidade em que há um aumento sustentado na [La] acima dos níveis de repouso, com [La] consistentemente abaixo e/ou próximo a 2 mmol.L^{-1} . Por outro lado, o LTF_2 representa a intensidade que provoca um rápido aumento nas [La], indicando o limite superior do equilíbrio entre o aparecimento e o desaparecimento do lactato, com níveis de lactato sangüíneo comumente entre $2,5$ e 5 mmol.L^{-1} (DE-OLIVEIRA, 2004).

Contudo, a MLSS tem sido considerada o “padrão ouro” de determinação da capacidade aeróbia máxima. Conceitualmente, a MLSS é entendida como a mais alta concentração de lactato sangüíneo ou intensidade de exercício, na qual é mantido um balanço entre a liberação e a remoção do lactato sanguíneo (BILLAT et al., 2003; BENEKE, 2003). Este parâmetro tem sido amplamente utilizado para avaliar a capacidade aeróbia, prescrever intensidades adequadas de treinamento (DENADAI; GOMIDE; GRECO, 2005), prever a *performance* e controlar os efeitos do treinamento (BILLAT et al., 2003).

Entretanto, apesar da sua importância, a identificação da MLSS tem como desvantagem a necessidade de realização de vários testes em carga constante de aproximadamente 30 minutos de duração, exigindo que um mesmo avaliado tenha que retornar diversas vezes ao laboratório (HECK et al., 1985; BENEKE; HÜTLER; LEITHÄUSER, 2000; DENADAI; GOMIDE; GRECO, 2005).

De acordo com Beneke (2003), essa necessidade de confirmação da MLSS ocorre devido à carga inicialmente utilizada ser derivada de um teste realizado com cargas progressivas. A identificação de um limiar e, conseqüentemente, sua velocidade de referência durante teste incremental, o qual, posteriormente, é assumido para a realização da MLSS, tem historicamente utilizado vários tipos de conceitos e protocolos, por isso pode não necessariamente obter um nível idêntico de lactato sangüíneo ou intensidade de esforço na MLSS.

Este mesmo aspecto foi mencionado por Denadai (1995). Segundo o autor, a resposta do lactato ao exercício e a relação entre os limiares é dependente do tipo de protocolo utilizado no processo de avaliação. De um modo geral, os protocolos incrementais existentes apresentam incrementos de cargas realizadas de forma contínua ou descontínua.

Além disso, os protocolos de teste podem apresentar características diferenciadas em função do tipo de variável estudada. Deste modo, para a detecção de limiares ventilatórios, normalmente, são aplicados protocolos contínuos que utilizam pequenos incrementos de carga (WASSERMAN et al., 1994); por outro lado, os protocolos de teste para a identificação dos limiares metabólicos (respostas de lactato) podem ser contínuos ou descontínuos e requerem estágios de esforço com maior duração em virtude da cinética do lactato (HECK et al., 1985). Isto se deve, em parte, pela defasagem entre a produção de lactato nos músculos e o seu aparecimento (acúmulo) no sangue. De acordo com Jacobs (1981), períodos de exercício inferiores a 4 minutos podem subestimar a concentração sangüínea de lactato.

Todavia, dentre os protocolos apresentados na literatura, uma metodologia bastante atrativa, amplamente utilizada e mais simplificada para a aproximação da MLSS, consiste na identificação de limiares de transição fisiológica (LTF) adotando concentrações fixas de [la]. A determinação destes limiares pode ser facilmente obtida aplicando-se um protocolo progressivo em uma única visita laboratorial (BENEKE; HÜTLER; LEITHÄUSER, 2000). Apesar dessa vantagem, deve-se

destacar que independente do modo de identificação, esse tipo de abordagem é invasiva, envolve coleta de sangue e o emprego de equipamentos sofisticados de acesso restrito e custo elevado (WELTMAN et al., 1989; DENADAI; GOMIDE; GRECO, 2005).

Heck et al. (1985) propuseram a utilização de uma concentração fixa de 3,5 mmol·L⁻¹ para protocolos incrementais de estágios de 3 minutos de duração. Esta metodologia é considerada válida para estimar a velocidade referente à máxima fase estável de lactato sanguíneo (HECK et al., 1985; DENADAI et al., 2005; FIGUEIRA et al., 2008).

Deste modo, intensidades determinadas em testes incrementais com durações em torno de 4 - 5 minutos devem corresponder a valores sanguíneos de lactato 4 mmol·L⁻¹ e poderiam ser suportadas durante um período prolongado com carga constante, constituindo esta concentração como um referencial importante na predição da *performance* e no controle dos efeitos do treinamento (HECK et al., 1985).

Entretanto, a adoção de concentrações fixas de lactato sanguíneo para identificação do LTF₂, apresenta a limitação de não avaliar a cinética individual da curva de lactato sanguíneo durante teste incremental, podendo, assim, sub ou superestimar o LTF₂ (STEGMANN; KINDERMANN; SCHANBEL, 1981).

De um modo geral, durante o exercício ocorrem importantes ajustes hormonais, incluindo elevação dos níveis de catecolaminas, modificação da atividade de renina plasmática, assim como alterações da osmolalidade plasmática, e concentração de amônia sanguínea. Estas variáveis apresentam uma resposta exponencial ao exercício progressivo que acompanha a resposta do lactato (RIBEIRO, 1995).

Assim, buscando considerar as variações individuais existentes na cinética de lactato sanguíneo e assumindo o comportamento exponencial característico desta variável em resposta ao incremento de carga, Cheng et al. (1992) propuseram a determinação matemática do LTF₂ analisando apenas a curva de lactato sanguíneo obtida durante teste progressivo (determinação do Dmax do lactato).

No estudo de Cheng et al. (1992), os autores determinaram o Dmax de parâmetros ventilatórios e do lactato sanguíneo e não encontraram diferenças entre estes limiares. Além disso, foram demonstradas correlações significantes entre 0,78 - 0,97 entre todos os Dmax. Outro ponto importante desta investigação foi a

significante reprodutibilidade destas medidas observadas por meio dos valores de correlação estabelecidos entre 0,78 - 0,93 (situação teste e reteste).

Um dos pontos negativos da proposta de Stegman, Kindermann e Schnabel (1981) está na necessidade em coletar amostras de sangue durante a recuperação do exercício para determinação do IAT.

Outro método simplificado de aproximação da MLSS foi apresentado por Baldari e Guidetti (2000). Os autores propuseram a identificação de limiar anaeróbio individual, o qual corresponderia a carga que antecede o segundo incremento de lactato maior que $0,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ analisado e visualizado em gráficos elaborados plotando o lactato sangüíneo em função da respectiva intensidade de exercício, no qual foi mensurado.

Baldari e Guidetti (2000) verificaram que a intensidade de exercício, obtida por intermédio deste novo protocolo, representava uma intensidade similar àquela mantida durante a MLSS. Além disso, os autores destacaram que este novo protocolo teria como vantagens: fácil aplicação; não requerer esforço máximo para sua determinação; e, na prática, poderia ser utilizado para definir a intensidade de treinamento de endurance.

Berg et al. (1990) investigaram a possibilidade de aplicação de um novo método de determinação dos limiares de transição fisiológica. Os autores sugeriram a determinação da relação lactato/carga de exercício para identificação do LTF_1 e verificaram que, ao adicionar $1,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ neste valor inicialmente obtido, poderia ser encontrado um valor referente ao LTF_2 .

Vários estudos têm demonstrado associações significantes entre o LTF_2 e a *performance* em provas de média e longa distâncias (FARREL et al., 1979; SJODIN; JACOBS, 1981; LACOUR et al., 1990; (TANAKA et al., 1984; ALLEN et al., 1985; MORGAN, et al., 1989).

De acordo com Billat (1996), a velocidade de corrida referente ao LTF_2 pode ser um importante parâmetro de predição da *performance* em eventos que compreendem distâncias entre 10km e a maratona, provavelmente em função das características metabólicas destas provas, que parecem depender mais da capacidade aeróbia do que da potência aeróbia máxima.

Nicholson e Sleivert (2001) submeteram 11 corredoras e 19 corredores a um teste em esteira com o protocolo iniciando com velocidade de $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ abaixo da velocidade média da distância de 10 km e incrementava $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada 5 minutos

(com intervalos de 1 minuto) até exaustão voluntária. Nesse estudo foi determinada a associação entre a velocidade de corrida na prova de 10 km e três diferentes métodos de determinação da velocidade referente ao LTF₂ (método 1: velocidade que precedia a dois consecutivos aumentos no lactato sanguíneo ≥ 1 mmol.L⁻¹; método 2: aplicando o modelo matemático estabelecido por Cheng et al., em 1992; e método 3: adotando a concentração fixa de 4 mmol.L⁻¹).

Os autores concluíram que o segundo método mostrou-se mais sensível e válido para mensurar a velocidade do LTF₂, além de apresentar maiores valores de correlação (método 1: $r = 0,73$ para os homens e $r = 0,52$ para as mulheres; método 2: $r = 0,78$ para os homens e $r = 0,84$ para as mulheres; método 3: $r = 0,75$ para os homens e $r = 0,77$ para as mulheres) com a velocidade de corrida nos 10km.

No estudo de Denadai, Ortiz e Mello (2004), com corredores de *endurance*, foi verificado a validade preditiva do LTF₂ e das variáveis fisiológicas relacionadas ao consumo de oxigênio (VO₂max, IVO₂max, Tlim e EC) com a *performance* de corrida nos 1,5 km e nos 5 km.

Nos 1,5 km, o Tlim e vVO₂max explicaram 88% da variação da *performance*, enquanto o LTF₂ foi a única variável capaz de predizer o rendimento aeróbio na distância de 5 km. Estes dados são semelhantes aos obtidos em estudo de Grant et al. (1997), envolvendo 16 corredores bem treinados em média e longa distâncias. Os limiares de lactato (LTF₁ e LTF₂) foram os melhores preditores da *performance* nos 3km (LTF₁= 87% de explicação e LTF₂= 86% de explicação) (DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004).

Billat et al. (2004) realizaram um estudo com corredores de *endurance* master com o objetivo de verificar os efeitos do treinamento na velocidade associada a MLSS (vMLSS), no tempo de exaustão nessa velocidade (tlimMLSS) em relação às possíveis modificações de balanço de substrato energético e, também, na concentração de lactato sanguíneo na vMLSS.

Após o período de treinamento foram encontrados aumentos significantes na vMLSS e no tlimMLSS, sem, entretanto, haver alteração no percentual de oxidação de carboidratos e na concentração de lactato correspondentes a vMLSS.

Billat et al. (1999) verificaram, em um grupo de corredores de meia-distância, que a inclusão de uma sessão semanal de treino na vVO₂max, durante quatro semanas, foi suficiente para a melhora da vVO₂max, sem modificação do VO₂max e no LTF₂, já que existiu a melhora da EC.

No estudo realizado por Guglielmo (2005), a velocidade média nos 1,5km ficou entre 103 e 105% da vVO_2max de todos os grupos, independente da fase do treinamento. Por outro lado, a velocidade média nos 5 km foi entre 92 e 94% da vVO_2max , também independente dos grupos ou da fase do treinamento. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Denadai, Ortiz e Mello (2004) que verificaram, em corredores de meio fundo e fundo, que a velocidade média obtida nos 1,5 km e 5 km, antes e após o programa de treinamento, foi entre 104 e 106% e 93 e 96% da vVO_2max , respectivamente. Assim, estes dados confirmam que a prova de 1,5 km é realizada em uma intensidade acima da vVO_2max , a qual parece depender mais da potência aeróbia, e a prova de 5 km, que é realizada abaixo da vVO_2max , apresentando uma maior relação com a capacidade aeróbia.

Estes resultados são interessantes para o planejamento do programa de treinamento principalmente na fase específica, a qual tem como objetivo a realização de exercícios em uma intensidade próxima à encontrada na competição. Desta forma, pode-se discutir que o treinamento para a distância de 1,5km deveria conter um volume maior com séries em intensidades referentes a vVO_2max , visto que esta prova é realizada acima da vVO_2max e este é o índice aeróbio a ser melhorado. Por outro lado, como a *performance* nos 5 km depende mais da capacidade aeróbia (LTF_2) e sua intensidade pode ser realizada entre 92% e 96% vVO_2max (ou aproximadamente 103-105% LTF_2), o programa de treinamento deveria conter um volume maior com séries em intensidades próximas ao LTF_2 .

Independente da terminologia, o LTF_2 pode ser entendido como uma metodologia simplificada de estimativa da intensidade de exercício correspondente a MLSS. A MLSS é entendida como sendo a mais alta intensidade de exercício, na qual ocorre o máximo equilíbrio entre produção e remoção de lactato (DENADAI, 2000; DE-OLIVEIRA, 2004; GAESSER; POOLE, 1986).

Partindo destas considerações, pode-se constatar que, no metabolismo energético, não existe um limiar preciso, sendo que as relações entre lactato muscular, lactato sangüíneo, equilíbrio ácido-básico e ventilação não são sempre constantes para predizer uma relação direta de causa e efeito (RIBEIRO, 1995); porém, as informações existentes têm fornecido bons parâmetros para avaliar a *performance*, bem como determinar a intensidade relativa de esforço desejada e verificar os efeitos fisiológicos do treinamento.

2.4. PROTOCOLOS DE CAMPO

2.4.1. *Teste progressivo de pista - MMATT (LÉGER; BOUCHER, 1980)*

Na avaliação da aptidão aeróbia, deve-se levar em consideração a pertinência do teste aplicado para que haja concordância e adequação entre o protocolo escolhido e os objetivos fixados pelo avaliador (CAZORLA, 1992; DE-OLIVEIRA, 2004).

Vários protocolos de campo realizados na pista de atletismo têm sido propostos para a determinação da aptidão aeróbia, consistindo de testes máximos de corrida de diferentes durações, distâncias e estágios, podendo ser contínuos ou descontínuos. A justificativa para a utilização de protocolos de campo é devido a sua fundamentação e sustentação ser baseada nos mesmos princípios que norteiam os testes aplicados em esteira rolante (CAZORLA, 1992; DE-OLIVEIRA, 2004), tendo com o diferencial sua maior validade ecológica (DE-OLIVEIRA, 2004).

De-Oliveira (2004) destaca algumas vantagens dos testes progressivos que são inerentes ao seu local de realização (campo ou laboratório): 1) o avaliado não necessita conhecer sua velocidade de corrida ótima, pois a velocidade é imposta; 2) o exercício é psicologicamente melhor suportado porque é mais exaustivo somente nos últimos minutos precedentes ao esgotamento; 3) permite conhecer a velocidade correspondente ao $VO_2\text{max}$, que é supostamente a velocidade do último estágio, com ou sem correções.

O teste progressivo de Léger e Boucher (1980) realizado na pista de atletismo é amplamente utilizado para a determinação da aptidão aeróbia de corredores. Baseando-se na combinação de variáveis identificadas neste teste, como o pico de velocidade (PV) e as respostas da FC, torna-se possível prever o LTF_2 (DE-OLIVEIRA, 2004).

Nos experimentos realizados por Léger e Boucher (1980), os autores submeteram 25 sujeitos à mensuração indireta do $VO_2\text{max}$, em um teste progressivo em pista, e medida direta por meio de um teste incremental em esteira rolante. Os resultados encontrados mostraram não haver diferenças no valor de $VO_2\text{max}$ predito

por meio do teste de campo e de laboratório ($61,5 \pm 10,6 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, e $61,4 \pm 10,9 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, respectivamente).

Além disso, Léger e Boucher (1980) determinaram, diretamente e por intermédio da equação de estimativa, o valor de VO_2max alcançado por sete sujeitos durante a realização do teste incremental em pista. Os resultados obtidos foram bastante similares (medida direta = $70,7 \pm 6,0 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ e valor predito = $70,0 \pm 4,5 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

Ainda no mesmo estudo, Léger e Boucher (1980), buscando obter evidências de reprodutibilidade da predição do VO_2max , no teste progressivo de pista, submeteram 60 sujeitos a realização de teste e re-teste. Foram encontrados valores de VO_2max preditos similares, em dias diferentes, e um alto valor de correlação foi demonstrado entre os dois testes ($r= 0,97$).

Embora os autores supracitados tenham realizado tantos experimentos, no estudo apresentado em 1980, há, ainda, a necessidade que outras populações sejam investigadas, por exemplo, com diferentes níveis de aptidão e, também, com outras variáveis, tais como as descritas a seguir.

2.4.1.1. Pico de velocidade (PV)

A determinação do PV tem sido apresentada por treinadores ou pesquisadores como uma medida indireta alternativa de aproximação da $v\text{VO}_2\text{max}$, portanto, nesta pesquisa, esta variável visa expressar a velocidade de corrida referente à potência aeróbia, sendo determinada em ambiente não laboratorial e sem o uso de analisador de gases.

Noakes, Myburgh e Schall (1990) apresentam o PV como sendo a maior velocidade atingida e sustentada por um minuto, durante o teste progressivo. Entretanto, Kuipers et al. (1985) sugerem que essa mesma variável pode ser determinada de uma outra forma corrigindo a velocidade pelo tempo de exercício que o avaliado permaneceu no último estágio.

O PV pode ser determinado sem a necessidade de equipamento para medidas metabólicas e/ou técnicas invasivas necessárias para avaliar outros preditores fisiológicos da *performance* em corridas, como os limiares de lactato/ventilatório, EC e/ou VO_2max . Além disso, o PV representa, conjuntamente, a

capacidade dos sistemas aeróbios e anaeróbios de fornecimento de energia (DE-OLIVEIRA, 2004).

Rowan, Léger e Lavoie (1986) têm sugerido que o teste de Léger e Boucher (1980) pode ser utilizado para determinar a velocidade correspondente ao $VO_2\max$, estimar o $VO_2\max$, além de prever *performance* e prescrever a intensidade do treinamento.

Berthoin et al. (1996) compararam o PV identificado com diferentes métodos no teste de pista de Léger e Boucher (1980) e a velocidade referente ao $VO_2\max$ determinada também com diferentes metodologias em ambiente laboratorial na esteira, com 11 sujeitos moderadamente treinados. Neste estudo, não foram observadas diferenças significativas entre o PV e a velocidade correspondente ao $VO_2\max$ para nenhum dos métodos empregados. Além disso, foram encontradas correlações significantes com o valor de coeficiente de correlação variando entre 0,85 e 0,99. Outros dados importantes deste estudo referem-se ao fato de que as concentrações de lactato no final do exercício, o $VO_2\max$ e a frequência cardíaca máxima não apresentaram diferenças entre o teste de campo e laboratório.

Lacour et al. (1991) verificaram que o PV determinado no teste de Léger e Boucher (1980) foi significativamente mais elevado ($p < 0,03$) que a velocidade referente ao $VO_2\max$ determinada na esteira em 32 corredores bem treinados (8 corredoras e 24 corredores). Entretanto, estas duas variáveis apresentavam-se significativamente correlacionadas ($r = 0,79$).

Scott e Houmard (1994) identificaram o PV em esteira em grupo de 14 homens e 9 mulheres altamente treinados em provas de *endurance* e associaram essa variável com a *performance* na distância de 5 km. Os autores simularam a prova de 5 km em laboratório para minimizar o efeito de variáveis externas e permitiram que os atletas escolhessem seu próprio ritmo de prova (*self pace*). Neste grupo, o PV foi significativamente associado com o tempo obtido na distância de 5 km ($r = 0,94$) e também com a melhor *performance* nos 5 km registrada pelo atleta recentemente ($r = 0,89$). Além disso, o PV foi similarmente relacionado com *performance* nos 5 km (prova simulada) realizada por homens ($r = 0,83$) e mulheres ($r = 0,80$).

Scrimgeour et al. (1986) verificaram em um grupo de 30 atletas, considerados homogêneos em termos de $VO_2\max$, mas não em relação a

performance, que o PV atingido durante o $VO_2\text{max}$ foi, comparativamente ao $VO_2\text{max}$, o melhor preditor de *performance* em provas entre 10 e 90 km.

Noakes, Myburgh e Schall (1990) realizaram um estudo com corredores especialistas em longas distâncias (20 maratonistas e 23 ultra-maratonistas) considerados heterogêneos em termos de *performance* e verificaram que o PV determinado em esteira foi o melhor preditor de *performance* em todas as distâncias realizadas pelos ultra-maratonistas (10 km e LTF_2 $r = -0,86$ e PV $r = -0,93$; 21,1 km e LTF_2 $r = -0,84$ e PV $r = -0,92$; 42,2 km e LTF_2 $r = -0,88$ e PV $r = -0,92$, 90 km e LTF_2 $r = -0,83$ e PV $r = -0,80$). Esse mesmo comportamento foi observado no grupo dos maratonistas, exceto na prova de maratona, situação na qual a velocidade correspondente ao LTF_2 apresentou maior capacidade preditiva do desempenho (10km e LTF_2 $r = -0,92$ e PV $r = -0,94$; 21,1 km e LTF_2 $r = -0,91$ e PV $r = -0,93$; 42,2 km e LTF_2 $r = -0,93$ e PV $r = -0,88$).

Segundo Noakes, Myburgh e Schall (1990), os determinantes fisiológicos do PV não ainda não estão bem estabelecidos. Contudo, se a taxa absoluta VO_2 foi a mais importante determinante do PV, poderia ser esperado que o $VO_2\text{max}$ apresentasse o mesmo poder preditivo. No entanto, isso não foi confirmado, indicando que outros fatores contribuem para a determinação dos valores finais de PV alcançados em esteira.

2.4.1.2. Ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC)

Outro importante índice determinado em protocolos de campo é a frequência cardíaca, tendo vantagens interessantes no seu uso, principalmente, em função do baixo custo para a sua mensuração e utilização para prescrever e controlar a intensidade do treinamento aeróbio (ACHTEN; JEUKENDRUP, 2003).

Uma das bases fisiológicas que regem a aplicação da FC como indicador da intensidade de esforço é a sua relação linear (ASTRAND; SALTIN, 1961; ASTRAND; RODAHL, 1986) ou quase linear com os valores de consumo de oxigênio (DE-OLIVEIRA, 2004).

Lima (1997) argumenta que a FC obtida em teste incremental, quando plotada graficamente em função da intensidade de esforço, apresenta um comportamento curvilíneo na parte inferior, com menores incrementos proporcionais de FC que a carga. Lúcia, Hoyos e Chicharro (2001) recomendam a não utilização

destes valores baixos de FC, pois os mesmos dificultam o emprego de ajustes lineares para a interpretação dos dados e extrapolações.

No estudo de Conconi et al. (1982), foi constatada uma mudança clara na tendência linear da resposta da FC, que ocorria em velocidades próximas da máxima. A partir dessas observações surgiu a nomenclatura “velocidade de deflexão” tratada, aqui, como ponto de deflexão da FC (PDFC). É importante destacar que este ponto demonstrado por Conconi et al. (1982) mostrou-se altamente correlacionado com o LTF_2 ($r = 0,99$; $n = 10$).

Apesar de prático, o PDFC tem sido apresentado como um método alternativo de identificação de LTF_2 , porém, bastante discutido. Este ponto parece não ser uma variável fisiológica generalizável, podendo não ser encontrado em diversos sujeitos (DE-OLIVEIRA, 2004). Além disso, quando identificado, o PDFC está localizado entre 85 e 95% da $FC_{máx}$, sendo os valores percentuais crescentes com o aumento do nível de aptidão dos atletas. Esta faixa de intensidade está mais próxima do LTF_2 (DE-OLIVEIRA, 2004; CARMINATTI, 2006).

Segundo Bodner e Rhodes (2000), a validade do PDFC para determinar o LTF_2 é duvidosa, apesar do alto grau de relação existente entre o PDFC e o segundo “turnpoint” (ponto de mudança) de lactato. O PDFC parece ser confiável quando é feita a identificação positiva, entretanto, nem todos os estudos relatam 100% de reprodutibilidade (BODNER; RHODES, 2000).

Embora o método convencional (técnica de inspeção visual) seja o mais viável, possivelmente não é o método mais preciso. A identificação do PDFC pode não ser sempre evidente (RIBEIRO et al., 1985; FRANCIS et al., 1989) e, além disso, dificuldades associadas com o discernimento do ponto de deflexão visualmente podem causar uma avaliação imprecisa do PDFC (BODNER; RHODES, 2000).

Conconi et al. (1996) argumentam que as diferenças nas metodologias empregadas nos estudos justificam as divergências encontradas nos diversos trabalhos. Em virtude dessas divergências, os autores analisaram a metodologia após doze anos de aplicação do teste de Conconi e apresentaram algumas recomendações destacando-se: incrementos de velocidade bem progressivos e uniformes (similar a um protocolo de rampa), com estágios de tempo fixo e com pequenos incrementos de carga (incrementos na FC menores que 8bpm), todos estes aspectos podem melhorar a análise do PDFC.

Kara et al. (1996) propuseram a aplicação do modelo matemático proposto por Cheng et al. (1992) na determinação do PDFC denominado de Dmax e compararam com o modelo linear convencional. Para isso, 32 sujeitos com idade entre 18 e 22 anos executaram um teste progressivo no ciclo ergômetro. Os resultados deste estudo demonstraram a identificação do Dmax em 100% dos sujeitos. Não foram verificadas diferenças significativas entre os valores de FC, a carga referente ao PDFC e a %VO₂max referente ao PDFC, entre os métodos investigados. Além disso, foi encontrado elevado valor de correlação para estas mesmas variáveis entre os dois métodos ($r = 0,93$; $0,97$ e $0,93$ respectivamente).

Piasecki et al. (2005) compararam dois protocolos de determinação do Dmax (Protocolo 1 - com todos os pontos da curva de FC - mínimo de sete pontos - e protocolo 2 - somente os valores de FC acima de 140bpm) no teste de Léger e Boucher (1980) ($n = 42$ corredores de meio-fundo e fundo). Na primeira situação (todos os pontos da curva), o Dmax foi detectado em 76,2% dos atletas ($n = 32$), nos demais sujeitos ($n = 10$), foram encontradas curvas côncavas (CC), ou seja, pontos de inflexão ao invés de deflexão. Na segunda situação, assumindo os valores de FC a partir de 140 bpm, o Dmax foi encontrado em 92,9% dos corredores ($n = 39$) e apenas três CC. Quando identificados, não houve diferenças significantes entre os métodos. Assim, conclui-se que utilização dos valores de FC em baixas intensidades parece não influenciar na identificação do Dmax.

Finardi et al. (2006) compararam os valores de intensidade referente ao Dmax obtidos por meio da [La] e da FC no mesmo teste em pista. Não foram encontradas diferenças significantes ($p > 0,05$) entre os valores de velocidade ($r = 0,78$), FC ($r = 0,97$), bem como, na concentração de lactato ($r = 0,69$) no Dmax identificado pela FC e [La], com todas as correlações significantes ($p < 0,05$). Portanto, os autores obtiveram evidências de validade da utilização da FC em corredores de alto nível, como aproximação de limiares de transição fisiológica, identificado a partir do método Dmax em testes de distâncias fixas em pista.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. SUJEITOS DO ESTUDO

A seleção da amostra foi do tipo intencional não probabilística, composta por 10 corredores de meio-fundo e fundo, de nível competitivo regional e/ou estadual, do estado de Santa Catarina. As características antropométricas dos avaliados estão descritas na tabela 1. Os atletas apresentavam experiência de 2 - 5 anos de treinamento e, no período que antecedeu a realização desse estudo todos estavam treinando seis dias por semana, com um volume semanal que oscilava entre 70 e 90 km.

Todos os avaliados foram informados textual e verbalmente sobre os objetivos e a metodologia deste estudo, e aqueles que estavam dispostos a participar do estudo assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (anexo 1). Com o intuito de manter sigilo das informações coletadas, cada indivíduo simbolicamente foi identificado por uma numeração que foi usada durante todo o estudo. A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (protocolo nº 320/07) (anexo 2).

O contato com atletas foi realizado por meio de conversas realizadas com os atletas em momentos (30min – 60min) que antecederiam competições de corrida rua realizadas na cidade Florianópolis.

3.2. PROCEDIMENTOS ADOTADOS NO ESTUDO

Com o intuito de minimizar possíveis influências alheias ao protocolo experimental, todos os atletas foram devidamente orientados para chegarem ao laboratório nos dias de avaliação sem jejum maior que 4h, abstendo-se do uso de qualquer tipo de substâncias que tivesse efeito ergogênico ou deletério, além de não realizarem nenhum tipo de exercício físico intenso no dia anterior ao teste e durante o período de coleta de dados.

Todos os testes foram realizados em um mesmo período do dia e em um prazo de duas semanas. Cada teste foi executado em dias alternados, havendo um intervalo de 48 horas entre os mesmos. Na primeira semana, os atletas realizaram

em uma pista de 400 metros as provas simuladas de *performance* nas distâncias de 10km, 5km e 1,5km, respectivamente, e posteriormente o teste incremental na pista. Na semana seguinte, iniciaram os testes de laboratório (figura 1, esquema representativo do procedimento de coletas).

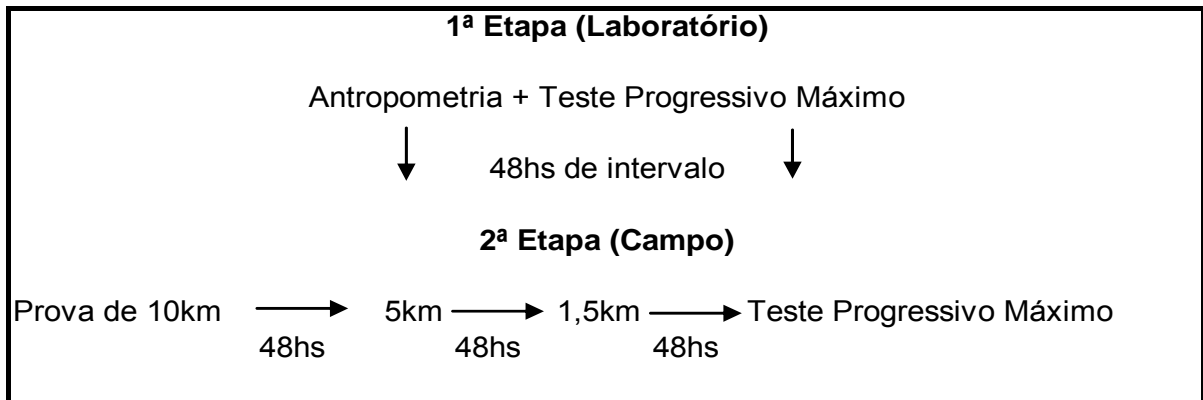


Figura 1: Esquema representativo do procedimento de coletas adotado no estudo.

3.2.1. No ambiente laboratorial

No primeiro dia foi realizada a avaliação antropométrica e, logo após, o teste incremental na esteira ergométrica. Respeitando-se um intervalo mínimo de 48 horas, foram conduzidos no segundo dia, os testes para determinar a economia de corrida e o tempo de exaustão na intensidade equivalente ao VO_2max .

3.2.2. Na pista de atletismo

No primeiro dia foi realizada *performance* na distância de 10 km. Após um intervalo mínimo de 48 horas, foram determinadas as *performances* nas provas 5 km e 1,5 km. Sempre respeitando o intervalo mínimo proposto, foi por último realizado em pista um protocolo incremental máximo. As coletas iniciaram com a *performance* nos 10 km, pois foi adotado como critério de inclusão neste estudo que o atleta, deveria completar essa prova simulada em tempo inferior aos 40 minutos.

Todos os testes em campo foram realizados em situações climáticas similares, as quais foram monitoradas por meio de um termômetro/higrômetro digital da marca Vacumed® (temperatura (T) = $25,25 \pm 2,10^\circ\text{C}$ e a umidade relativa do ar

(URA) = $68,20 \pm 12,35\%$). Contudo, as sessões de testes no laboratório foram realizadas com o ambiente sendo controlado e monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar foi realizado por meio do equipamento K4b² Cosmed® (T = $23,64 \pm 1,75^{\circ}\text{C}$ e URA = 50%). Vale ressaltar, que os valores de T e URA não apresentaram diferenças significativas entre as situações campo e laboratório.

3.3. AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

A massa corporal foi medida utilizando-se uma balança com precisão de 100g (Filizola, São Paulo, Brasil). Para a determinação da estatura foi utilizado um estadiômetro (Sanny®) com precisão de 0,1 cm. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado considerando a razão entre a massa corporal e o quadrado da estatura (kg/m^2). A densidade corporal (DC) foi estimada a partir da equação de 3 dobras cutâneas (equação 1) proposta por Evans et al. (2005) para atletas. Os autores verificaram que esta equação tem uma precisão similar à equação de 7 dobras cutâneas desenvolvida a partir do uso do método de densitometria. As medidas de dobras cutâneas foram mensuradas utilizando o compasso científico com precisão de 0,1 mm (Cescorf®, Porto Alegre, Brasil) em concordância com as recomendações para referências anatômicas descritas por Benedetti, Pinho e Ramos (2007). A partir da densidade corporal do sujeito, pode-se determinar o percentual de gordura deste por meio da equação de Siri (1961) (equação 2).

Equação 1: $DC = 8,997 + 0,24658 * (3 \text{ dobras cutâneas}) - 6,343 * (\text{sexo}) - 1,998 * (\text{raça})$

Onde:

DC = densidade corporal; 3 dobras cutâneas = somatório das dobras cutâneas da região tricipital, abdominal e coxa; sexo (masculino = 1 e feminino = 0); raça (branco = 0 e negro = 1). A definição de raça foi realizada de acordo com a própria indicação realizada pelos atletas.

Equação 2: $\%G = [(4,95/DC) - 4,5] * 100$

Onde:

%G = percentual de gordura.

3.4. PROTOCOLOS DE LABORATÓRIO

Protocolo de determinação do VO_2max , da vVO_2max e do segundo limiar de transição fisiológica (LTF_2)

O VO_2max foi determinado utilizando-se um protocolo progressivo máximo, em esteira rolante (IMBRAMED MILLENIUM SUPER ATL, 10.200). A velocidade inicial foi 12 km.h⁻¹ (1% de inclinação), com incrementos de 1 km.h⁻¹ a cada 3 minutos até à exaustão voluntária. Entre cada estágio foi realizado um intervalo de 30s para a coleta de sangue do lóbulo da orelha para a dosagem do lactato sanguíneo (BILLAT et al., 2002). A inclinação da esteira mantida constante em 1% durante o protocolo representa melhor o custo energético da corrida em ambientes abertos (JONES; DOUST, 1996; DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004). O VO_2 foi mensurado respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado (K4b², Cosmed, Roma, Itália), sendo os dados reduzidos às médias de 15 segundos. O VO_2max foi considerado como o maior valor obtido durante o teste nestes intervalos de 15 segundos. Para considerarmos que durante o teste os indivíduos atingiram o VO_2max , foram adotados os critérios descritos a seguir, dos quais pelo menos dois deveriam ser alcançados:

- a) identificação do platô nos valores mensurados de VO_2 , ou seja, mudança de valor inferior a 150 mL.min⁻¹, ou 2,1 mL.kg⁻¹.min⁻¹ entre sucessivos estágios (TAYLOR; BUSKIRK; HENSCHERL, 1955; DUCAN et al., 1997).
- b) Razão de trocas respiratórias (R), superior ou equivalente ao valor de 1,15 (DUCAN et al., 1997; BASSET; HOWLEY, 2000).
- c) Valores de FC no final do teste, maiores ou iguais a 90% da FCmáxima predita pela equação proposta por Karvonen et al. (1957) (FCmáxima prevista = 220 - idade).
- d) Respostas de lactato sanguíneo maiores que 8 mmol.L⁻¹ no final do teste (KUIPERS et al., 1985; DUCAN et al., 1997; BASSET; HOWLEY, 2000).

A vVO_2max foi considerada como sendo a menor intensidade de exercício na qual ocorreu o VO_2max (BILLAT et al., 1994; BILLAT et al., 1999).

O LTF_2 foi estabelecido a partir de 4 métodos, conforme a descrição a seguir:

a) Foi realizada a identificação do limiar adotando a concentração fixa de lactato de $3,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, pois, segundo Heck et al. (1985), esse critério parece ser mais adequado para estabelecer o LTF_2 em protocolos incrementais com a mesma duração de estágio adotada neste estudo. Assim foi obtida como índice de referência a velocidade correspondente ao limiar ($v_{3,5}$). Para identificar a $v_{3,5}$ foi realizado o método de interpolação linear;

b) Por meio do método proposto por Berg et al. (1990), determinou-se o LTF_2 por intermédio da identificação da menor relação existente entre o lactato sanguíneo e carga (intensidade) de exercício (figura 2). Uma vez identificado o valor mínimo existente nessa relação, adiciona-se o valor de $1,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ e, assim, encontra-se o valor de lactato que representaria o LTF_2 . De posse desse valor é possível determinar a velocidade correspondente ao LTF_2 por intermédio de interpolação linear.

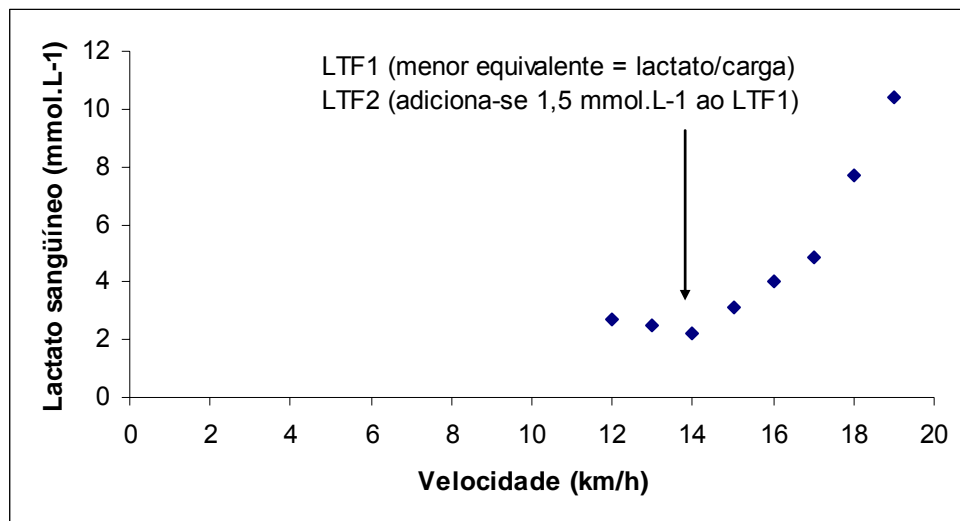


Figura 2: Identificação do menor equivalente (lactato/carga) de um sujeito.

c) Aplicando o modelo matemático descrito por Cheng et al. (1992). O LTF_2 foi determinado por meio do método Dmax identificado a partir de gráficos individuais, onde foram plotadas as respostas do lactato sanguíneo, obtidas no final de cada estágio em função das respectivas velocidades. Por intermédio destes pontos obtidos, os mesmos foram ajustados por uma função polinomial de terceira ordem e, posteriormente, foi empregado um ajuste linear, utilizando-se os dois extremos da curva, derivando-se, assim, uma reta. O Dmax é definido como o ponto maior distância obtida perpendicularmente a partir da reta gerada pela equação linear e a

curva originária da equação polinomial (figura 3). Deste modo, foi possível identificar a velocidade de Dmax (vCheng).

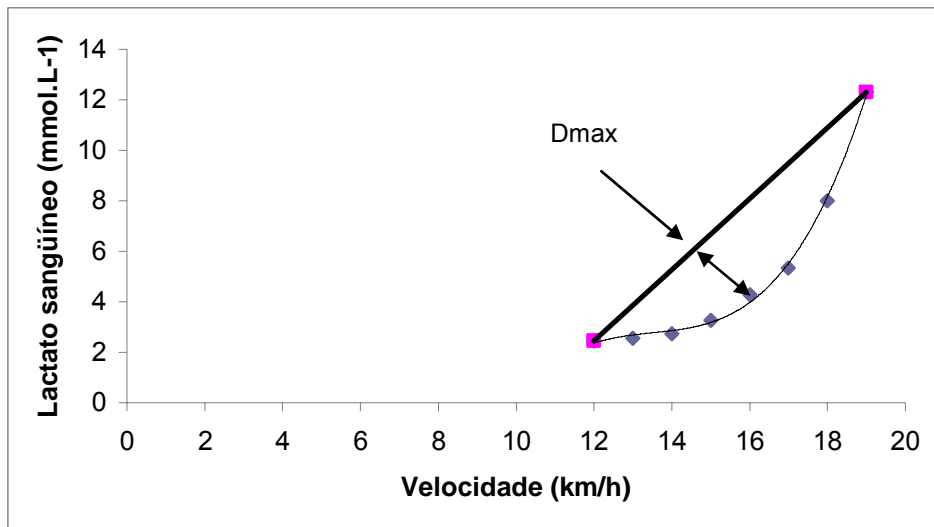


Figura 3: Determinação do método de Cheng et al. (1992) de um sujeito.

d) Utilizando o método de Baldari e Guidetti (2000) o LTF₂ pode ser identificado por intermédio de gráficos plotando a velocidade (eixo x) em função [La] medidas ao final de cada estágio. Neste caso, particularmente, o LTF₂ corresponde à intensidade de esforço equivalente a carga que precede o segundo incremento de lactato sanguíneo consecutivo maior que 0,5 mmol.L⁻¹ (figura 4). Desta forma, foi possível identificar a velocidade equivalente ao LTF₂. Neste estudo, esta carga foi simbolizada pela nomenclatura (vBaldari).

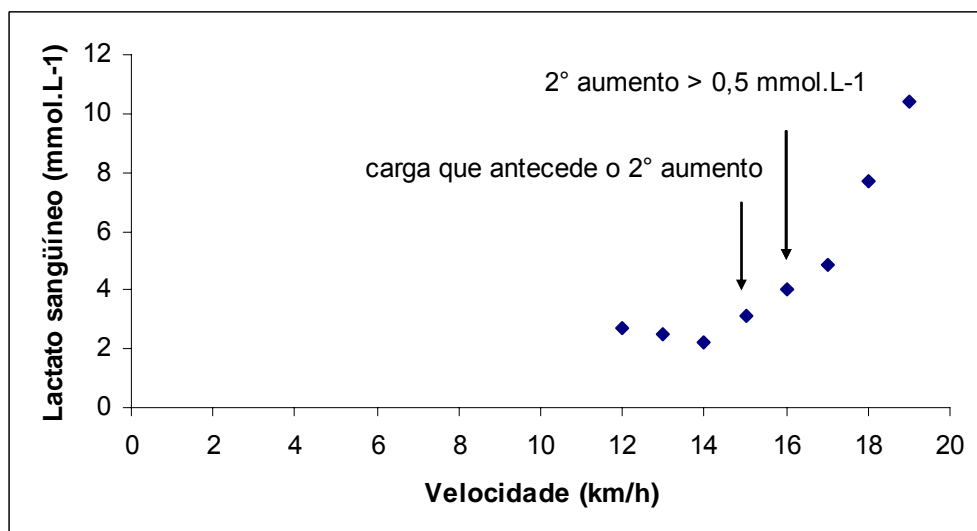


Figura 4: Determinação do método de Baldari e Guidetti (2000) de um sujeito.

3.5. CALIBRAÇÃO

A calibração do analisador de gás (K4b², Cosmed, Roma, Itália) foi sempre realizada, antes de cada teste, de acordo com as recomendações do fabricante obedecendo à seguinte seqüência:

1. Calibração do ar ambiente: consiste em utilizar uma amostra do ar ambiente para comparação dos valores de CO₂ e O₂ atmosféricos (0,03% para CO₂ e 20,93% para O₂).
2. Calibração do gás: consiste em enviar para o analisador de gás uma amostra de gás do cilindro (16% de O₂ e 5% de CO₂).
3. Calibração da turbina: consiste em mensurar o volume de uma seringa de três litros para calibração do fluxo da turbina.
4. Calibração *delay*: consiste em mensurar o tempo necessário para a amostra de gás passar através da linha de ar antes de ser analisada.

3.6. PROTOCOLOS DE CAMPO

Protocolo de determinação do VO₂max, do PV e PDFC

Todos os protocolos de campo foram executados na pista de atletismo de 400m da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Vale ressaltar que esta pista apresenta piso de carvão.

O VO₂max, o PV e o PDFC foram determinados utilizando-se um protocolo contínuo de cargas crescentes. A velocidade inicial foi de 8 km.h⁻¹, com incrementos de 1 km.h⁻¹ a cada 2 minutos até à exaustão voluntária. A cada 50 m da pista foram posicionados cones, utilizados como referências de distâncias para os avaliados. De acordo com a velocidade de cada estágio, foi estabelecido o tempo necessário para correr cada intervalo de 50 m; sendo que no final de cada um destes intervalos havia emissão de sinais sonoros, a partir de um microcomputador e de caixas de som, devendo coincidir com a passagem do atleta pelo respectivo cone demarcador, com os devidos ajustes de velocidade quando necessário.

O teste foi encerrado quando o atleta não conseguiu manter o ritmo imposto (2 atrasos consecutivos ao passar pelo cone, numa distância superior a três metros).

O teste foi considerado máximo quando a FC_{pico} foi igual ou superior a 90% da FC_{max} prevista pela equação proposta por Karvonen et al. (1957). Somente testes, nos quais este critério foi satisfeito foram incluídos nas análises finais.

A partir deste teste foi possível identificar:

a) O pico de velocidade (PV); essa variável foi definida como sendo a maior velocidade obtida durante o teste, contudo, caso o avaliado não conseguisse completar o último estágio, o PV foi corrigido de acordo com a equação estabelecida por Kuipers et al. (1985):

$$PV \text{ (km.h}^{-1}\text{)} = v + t / 120$$

Onde: “v” é a velocidade de corrida do último estágio que foi completo; “t” é o tempo em segundos que foi sustentado no estágio incompleto.

b) O VO₂max: foi estimado aplicando a equação proposta por Léger e Boucher (1982):

$$y = 0,0324x^2 + 2,134x + 14,49$$

Onde: “y” é o custo de energia da corrida ml.O₂.kg⁻¹, e “x” representa a velocidade de corrida km.h⁻¹.

c) A FC determinada no final de cada estágio e no término do exercício.

d) Os dados da FC obtidos no final de cada estágio e foram plotados graficamente em função da respectiva carga do estágio para identificação do PDFC pelo método D_{max}. A partir dos valores de FC de 140 bpm obtidos no teste, foi traçada uma reta entre os pontos iniciais e finais da FC. Em seguida, foi realizado um ajuste polinomial de terceira ordem com todos os pontos de FC. No ponto de maior diferença entre a reta e a curva (chamado de D_{max}), identificou-se a FC e a velocidade correspondente a este ponto (v_{Kara}) (KARA et al., 1996) (figura 5).

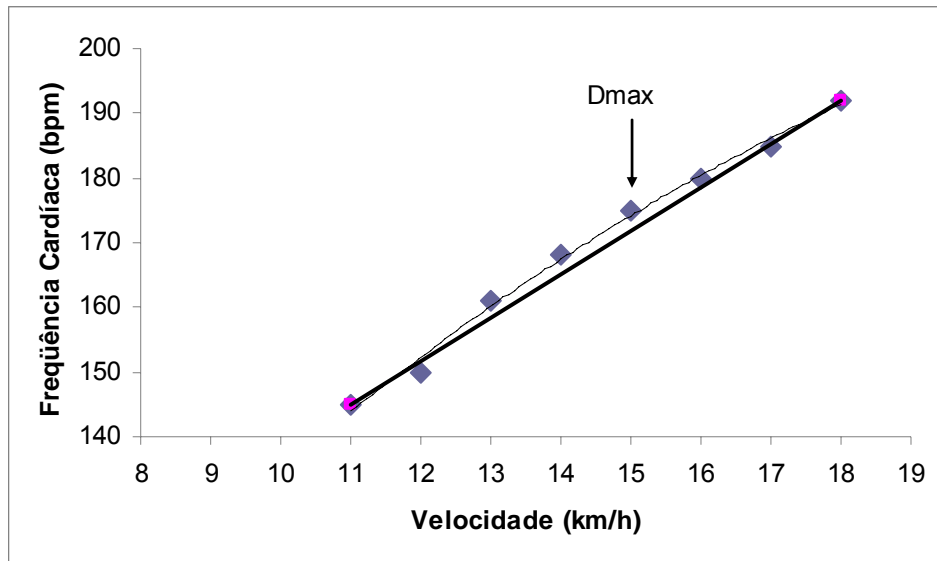


Figura 5: Identificação do método de Kara et al. (1996) de um sujeito.

e) Para determinação visual do ponto de deflexão da frequência cardíaca e respectiva velocidade ($v_{Conconi}$) foi realizada a identificação visual do PDFC (CONCONI et al., 1982). Neste estudo, a inspeção visual foi realizada por três investigadores experientes no assunto. O grau de reprodutibilidade entre os mesmos foi verificado por intermédio da análise do coeficiente de correlação intraclassa (CCI). Assim, a $v_{Conconi}$ foi determinada tanto em termos absolutos como relativos ao PV. Na atual investigação, foi adotada como critério a moda dos valores obtidos entre os três avaliadores ($n = 9$) ou a mediana dos valores encontrados ($n = 1$) (figura 6).

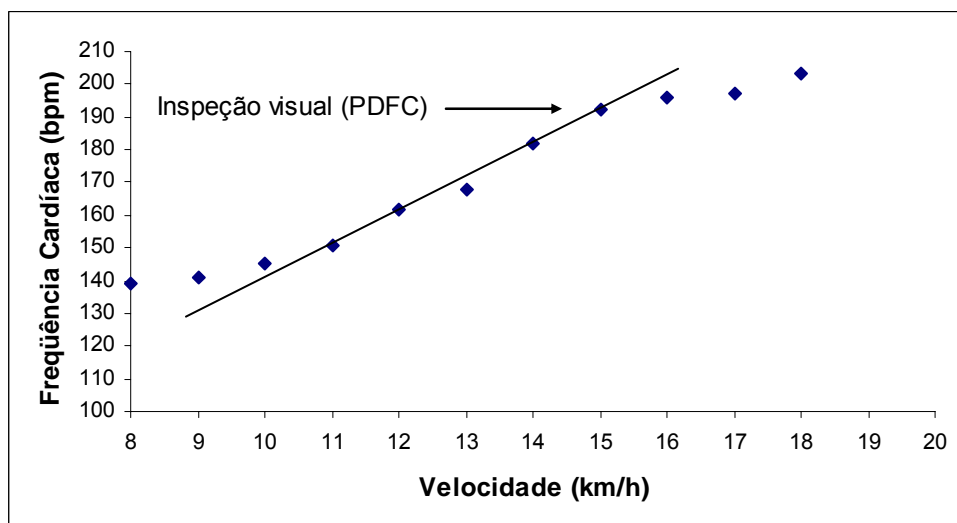


Figura 6: Identificação do método de Conconi et al. (1982) de um sujeito.

Protocolo de determinação da performance de corrida

Os sujeitos foram submetidos a três *performances* máximas nas distâncias de 10 km, 5 km e 1,5 km, respectivamente com um descanso de, no mínimo, 48h entre as mesmas. Os tempos foram registrados por meio de um cronômetro manual. Antes de cada uma das provas, os atletas realizaram um aquecimento de 10 minutos em uma intensidade leve (até 60% da $v\dot{V}O_2\text{max}$) seguido de exercícios de alongamento.

3.7. MENSURAÇÃO DO LACTATO SANGÜÍNEO E DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

O lactato sangüíneo foi coletado no lóbulo da orelha, sem heperemia, utilizando 25 μl de sangue em capilar heparinizado, o qual foi imediatamente transferido para microtubos de polietileno com tampa - tipo Eppendorff - de 1,5 ml, contendo 50 μl de solução de NaF 1% e armazenado em gelo. A análise do lactato foi realizada por intermédio de um analisador eletroquímico modelo YSI 2700 STAT.

Durante todos os testes o monitoramento da frequência cardíaca foi realizado por meio de um cardiofrequencímetro da marca Polar® (modelo 610i) permitindo o registro e o armazenamento do comportamento da FC a cada 5 segundos. Posteriormente, os foram transferidos para o computador por meio de uma interface compatível com o Polar® (modelo 610i) e analisados com auxílio do software Polar Precision Performance SW.

3.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Basicamente foi empregada a estatística descritiva. Primeiramente, os dados foram tabulados e organizados em planilhas do Microsoft Excel (versão 2003) determinando a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação (CV) e, posteriormente, esses dados foram transportados para planilhas do pacote estatístico SPSS para Windows (versão 11.5).

Em uma análise preliminar foi verificada a distribuição dos dados de todas as variáveis descritas nos resultados, aplicando-se o teste de Shapiro-Wilk (quando $n < 50$). Para observar se existiram diferenças no ambiente em que os testes progressivos foram conduzidos (campo vs laboratório) foi utilizado o teste t - Student

para amostras pareadas com as variáveis: $VO_2\text{max}$ (absoluto), $FC\text{max}$, tempo total de teste incremental, temperatura e umidade relativa do ar. Além desse procedimento estatístico, foi empregado o teste de Wilcoxon para $VO_2\text{max}$ (relativo).

Para determinar se ocorriam diferenças significantes entre as variáveis $vVO_2\text{max}$ e PV obtidos em esteira e o PV alcançado em pista, foi utilizada a análise de variância one-way (fator = métodos de determinação da velocidade).

Assumindo os pressupostos descritos por Díaz e López (2007) o modelo de análise de variância somente foi realizado quando: 1 - houve homogeneidade entre as variâncias das variáveis testadas, no SPSS. Isso pode ser observado aplicando o teste de Levene; 2 - o resíduo do modelo (análise de variância) apresentou distribuição normal. Neste caso, dependendo do tamanho do número de observações foi efetuado o teste de Kolmogorov Smirnov ($n > 50$) ou o teste de Shapiro-Wilk ($n < 50$). Vale ressaltar que, se apenas um dos critérios anteriormente estabelecidos não estivessem sido satisfeito, optava-se por recorrer ao teste de Kruskal-Wallis.

Visando identificar possíveis diferenças nas velocidades representantes do LTF_2 ($v_{3,5}$, v_{Cheng} , v_{Berg} e $v_{Baldari}$ determinadas em esteira e $v_{Conconi}$ e v_{Kara} determinadas em pista), expressas tanto em valores absolutos quanto relativos, foi empregado o teste de Kruskal-Wallis. Todavia, para os valores de FC (absolutas e relativas a $FC\text{max}$ em cada teste progressivo) foi utilizada a análise de variância one-way (fator = métodos de determinação da FC).

As possíveis diferenças existentes nos valores absolutos e relativos de lactato sanguíneo correspondentes aos quatro métodos de identificação do LTF_2 empregados em laboratório, foram testadas por meio do teste de Kruskal-Wallis, e complementado pelo teste de Mann Whitney.

Foi estabelecido o grau de associações das variáveis estudadas por intermédio da correlação linear de Pearson. Entretanto, os índices: $vVO_2\text{max}$, v_{Badari} e $v_{Conconi}$, quando expressos em valores absolutos, não apresentaram distribuição normal e, por isso, o grau de associação destas variáveis com qualquer outro índice foi realizado por intermédio da correlação de Spearman.

A reprodutibilidade do PDFC foi determinada por meio do coeficiente de correção intraclasse (CCI).

A predição da *performance* nas três diferentes provas foi realizada por meio de regressões múltiplas independentes, contendo apenas índices fisiológicos

determinados em laboratório (PV, $vVO_2\text{max}$, $VO_2\text{max}$, $v_{3,5}$, $v\text{Cheng}$, $v\text{Baldari}$ e $v\text{Berg}$) e em campo (PV, $VO_2\text{max}$, $v\text{Conconi}$ e $v\text{Kara}$). Contudo, em ambas as situações foram analisadas simultaneamente variáveis antropométricas (IMC, %G e comprimento de MMII). O critério adotado para a inclusão de variáveis no modelo de regressão foi $p \leq 0,10$. O método de seleção das variáveis foi Stepwise.

Com exceção dos modelos de regressão, em todas as análises foi adotado como nível de significância $p \leq 0,05$.

4. RESULTADOS

Inicialmente são apresentados dados descritivos na tabela 1 que permitem melhor caracterizar o perfil do grupo de corredores avaliados sobre dois pontos de vista: a) em relação às características antropométricas e b) em relação ao nível de desempenho nas três distâncias selecionadas neste estudo, os tempos médios obtidos foram: na prova de 1,5 km = 4 min e 46 seg, na corrida de 5 km = 18 min e 7seg na distância de 10 km= 38 min e 27 seg.

Tabela 1: Valores médios, desvios-padrão e coeficientes de variação (CV) das medidas antropométricas obtidas e das *performances* nas distâncias de 1,5 km, 5 km e 10 km.

Variável	Média	Desvio Padrão	CV
Idade (anos)	28,30	6,82	24,10
Estatura (cm)	173,45	7,54	4,35
Massa Corporal (kg)	67,90	8,16	12,02
IMC (kg/m ²)	22,66	1,23	5,43
Percentual de Gordura (%)	10,61	3,11	29,31
t1,5 km (seg)	286,50	11,95	4,17
t5 km (seg)	1087,60	45,68	4,20
t10 km (seg)	2307,90	94,25	4,08

t 1,5 km= tempo na prova de 1,5 km; t 5 km= tempo na prova de 5 km; t 10 km = tempo na prova de 10 km.

A tabela 2 fornece evidências confirmando que ambos os testes submeteram os atletas ao máximo esforço. Em ambiente laboratorial, não foi observada a ocorrência do platô de VO₂ em nenhum dos sujeitos avaliados. As concentrações de lactato sangüíneo, mensuradas logo após o término do teste, foram elevadas (11,37 ± 2,01 mmol·L⁻¹) e os valores máximos de razão de troca respiratória registrados (1,15 ± 0,05) mostrados na tabela 2, também, permitem afirmar que esses critérios foram atingidos durante o teste laboratorial, confirmando, assim, a realização do máximo da condição física de cada avaliado.

As frequências cardíacas máximas alcançadas durante os testes progressivos máximos foram similares, em ambas as situações, no campo e no

laboratório (190 ± 10 bpm), e muito próximo aos valores preditos para a idade: 192 ± 7 bpm, assegurando, desta forma, que este critério foi satisfeito.

Além disso, os resultados descritos na tabela 2 demonstram que o $VO_2\text{max}$ expresso em valores absolutos (esteira = $4,81 \pm 0,42$ L.min⁻¹ e pista = $4,46 \pm 0,61$ L.min⁻¹) ou relativos (esteira = $71,35 \pm 5,99$ mL.kg⁻¹.min⁻¹ e pista = $65,54 \pm 2,31$ mL.kg⁻¹.min⁻¹) foi significativamente maior quando determinado em esteira.

Tabela 2: Variáveis obtidas nos protocolos incrementais de laboratório e de campo.

Variável	Laboratório	Campo	Significância
$VO_2\text{max}$ (L.min ⁻¹)	$4,81 \pm 0,42$	$4,46 \pm 0,61$	$p = 0,047$
$VO_2\text{max}$ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	$71,35 \pm 5,99$	$65,54 \pm 2,31$	$p = 0,042$
FCmax (bpm)	190 ± 10	190 ± 10	$p = 0,545$
[la]max (mmol.L ⁻¹)	$11,37 \pm 2,01$	--	--
Rmax	$1,15 \pm 0,05$	--	--
Tempo Total (seg)	$1594,18 \pm 142,89$	$1382,50 \pm 84,60$	$p = 0,001$

$VO_2\text{max}$ = consumo máximo de oxigênio; FCmax = frequência cardíaca máxima; [la]max = lactato sanguíneo máximo, medido imediatamente após o término do exercício; Rmax = razão de troca respiratória máxima medida durante o teste.

Os valores de $VO_2\text{max}$ observados na tabela 2, apresentam valores médios $71,35 \pm 5,99$ mL.kg⁻¹.min⁻¹ quando mensurados diretamente, no entanto, ao compararmos os dados de 3 sujeitos submetidos a um teste a 100% da $vVO_2\text{max}$, os valores de $VO_2\text{max}$ encontrados parecem corresponder as flutuações biológicas que naturalmente podem ocorrer (tabela 3). Além disso, ao comparar os valores de $VO_2\text{max}$ identificados com diferentes equipamentos K4b2 (LAEF-UFSC) e K4b2 (Laboratório de Performance Humana – UNESP), os valores encontrados tanto no teste incremental quanto no teste de carga constante (100% da $vVO_2\text{max}$) demonstram valores que variam dentro de uma faixa considerada normal (tabela 3).

Tabela 3: Valores relativos de VO₂max obtidos nas situações de teste e re-teste realizadas com diferentes analisadores de gases.

	K4b2 (UFSC)		K4b2 (UNESP)	
	Teste 1	Teste 2	Teste 1	Teste 2
Sujeito 1	72,15	70,19	72,53	73,82
Sujeito 2	69,47	61,26	57,77	62,06
Sujeito 3	77,82	70,20	77,77	71,54

Teste 1 = teste incremental máximo; teste 2 = teste de carga constante realizado a 100% da vVO₂max para a determinação do tempo de exaustão.

Acompanhando os valores de VO₂max em cada uma das linhas contidas na tabela 3, foram obtidos os seguintes CV = 2,08, 7,85 e 5,56 para os sujeitos 1, 2 e 3, respectivamente. Portanto, os valores de VO₂max mensurados por ambos os instrumentos parecem ser confiáveis.

A vVO₂max (18,40 ± 0,69 km.h⁻¹) e o PV (18,95 ± 0,67 km.h⁻¹) mensurados em esteira não foram significativamente diferentes dos valores de PV (18,59 ± 0,69 km.h⁻¹) identificados em campo (tabela 4). Vale ressaltar que, o PV em laboratório foi determinado seguindo o mesmo critério proposto por Kuipers et al. (1985).

Tabela 4: Comparação entre as velocidades utilizadas como referências de potência aeróbia determinadas em campo e laboratório.

Laboratório		Campo	
vVO ₂ max (km.h ⁻¹)	PV (km.h ⁻¹)	PV (km.h ⁻¹)	Significância
18,40 ± 0,69	18,95 ± 0,67	18,59 ± 0,69	p = 0,202

vVO₂max = velocidade referente ao consumo máximo de oxigênio, determinado de acordo com Billat et al. (1994); PV = pico de velocidade, identificado pela equação de Kuipers et al. (1985).

Na tabela 5, estão apresentadas os valores absolutos e relativos correspondentes aos diferentes métodos empregados para a determinação do LTF₂. Destes métodos utilizados, quatro foram estabelecidas por intermédio do teste progressivo realizado em esteira, e dois destes métodos foram obtidos a partir dos resultados obtidos no MMATT. Os resultados obtidos pelos testes de Kruskal-Wallis demonstram que tanto em valores absolutos (p = 0,168) quanto relativos à potência

aeróbia máxima ($p = 0,904$) não foram encontradas diferenças significantes entre as metodologias adotadas para identificar o LTF_2 .

Tabela 5: Comparação entre os valores absolutos e relativos de velocidade, FC e lactato sangüíneo representantes da capacidade aeróbia obtida em laboratório ($v_{3,5}$, v_{Cheng} , v_{Berg} e $v_{Baldari}$) e em campo ($v_{Conconi}$ e v_{Kara}).

Variável	Velocidade		Frequência Cardíaca		Lactato sangüíneo	
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluto	Relativo
$v_{3,5}$	$14,91 \pm 0,73$	$81,19 \pm 5,64$	168 ± 12	$87,91 \pm 3,57$	$3,50 \pm 0,00^a$	$32,20 \pm 6,83^a$
v_{Cheng}	$15,26 \pm 0,60$	$82,99 \pm 3,18$	171 ± 13	$89,72 \pm 3,21$	$3,91 \pm 0,79^b$	$35,31 \pm 6,41$
v_{Berg}	$15,36 \pm 0,73$	$83,59 \pm 5,37$	172 ± 12	$89,92 \pm 3,57$	$4,03 \pm 0,27$	$36,83 \pm 6,95$
$v_{Baldari}$	$14,60 \pm 0,70$	$79,47 \pm 5,18$	169 ± 12	$88,33 \pm 3,21$	$3,28 \pm 0,44^a$	$29,81 \pm 5,85^a$
$v_{Conconi}$	$15,06 \pm 1,84$	$80,96 \pm 8,62$	172 ± 14	$90,59 \pm 3,96$	--	--
v_{Kara}	$15,10 \pm 0,99$	$81,30 \pm 5,59$	171 ± 11	$90,19 \pm 5,55$	--	--

Letras distintas na linha significa que diferem estatisticamente (a= significativamente diferente da v_{Berg} ; b= significativamente diferente da $v_{Baldari}$).

O PDFC foi identificado visualmente em 100% dos sujeitos avaliados ($v_{Conconi} = 15,06 \pm 1,84 \text{ km.h}^{-1}$; $CCI = 0,74$ e $p < 0,01$). Este índice representa valores percentuais de $90,59 \pm 3,96\%$ da FC_{max} atingida no MMATT. Do mesmo modo, o PDFC foi determinado matematicamente e identificado em 100% dos casos; além disso, a velocidade correspondente ao D_{max} , quando expressa em valores absolutos ou relativos ao PV ($v_{Kara} = 15,10 \pm 0,99 \text{ km.h}^{-1}$ e $PV = 81,30 \pm 5,59\%$), não foram significativamente diferentes dos valores apresentados pelos demais métodos abordados (tabela 5).

Também foram encontrados valores de FC correspondentes ao D_{max} ($171 \pm 11 \text{ bpm}$) em média a $90,19 \pm 5,55\%$ da FC_{max} atingida no MMATT. Esses valores absolutos ($p = 0,8$) e relativos ($p = 0,5$) não apresentam diferenças significantes quando comparados aos outros métodos descritos na tabela 5.

Na tabela 6, são demonstrados os resultados (valores absolutos) de correlação estabelecida entre as variáveis de campo e de laboratório. Os valores de VO_2_{max} , determinados em campo e em laboratório, foram correlacionados negativamente entre si ($r = -0,51$, não significantes). Ainda pertinente aos indicadores

de potência aeróbia, a $vVO_2\text{max}$ mostrou valores significantes de correlação com o PV quando determinado em esteira ($r=0,91$) e em campo ($r= 0,64$).

Entre os indicadores de potência e de capacidade aeróbia estudados, somente a $v3,5$ e a $v\text{Cheng}$ (determinadas em laboratório) apresentaram correlações significantes com o PV (determinado em pista) e, por conseguinte, com o $VO_2\text{max}$ estimado em pista ($r= 0,64$ e $r= 0,68$, respectivamente). Não foram observadas correlações significantes entre as situações laboratório e campo para as velocidades referentes à capacidade aeróbia, quando expressa em valores absolutos e relativos.

Entretanto, nas medidas laboratoriais, a $v3,5$ correlacionou-se significantemente com a $v\text{Berg}$ e $v\text{Baldari}$ ($r= 0,95$ e $r= 0,71$, respectivamente), além disso, a $v\text{Berg}$ e $v\text{Baldari}$ também foram correlacionados entre si ($r= 0,81$, $p < 0,05$).

Tabela 6: Correlação entre os valores absolutos dos indicadores de potência e capacidade aeróbia determinados em campo ($VO_2\text{max}$, PV, $v\text{Conconi}$ e $v\text{Kara}$) e laboratório ($VO_2\text{max}$, PV, $vVO_2\text{max}$, $v3,5$, $v\text{Cheng}$, $v\text{Berg}$ e $v\text{Baldari}$).

Variável	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1. $VO_2\text{max}$ (esteira)										
2. PV (esteira)	-0,24									
3. $vVO_2\text{max}$ (esteira)	-0,29	0,91**								
4. $v3,5$ (km.h^{-1})	-0,20	-0,17	-0,35							
5. $v\text{Cheng}$ (km.h^{-1})	-0,57	0,31	0,60	0,30						
6. $v\text{Berg}$ (km.h^{-1})	-0,10	-0,36	-0,16	0,79**	0,55					
7. $v\text{Baldari}$ (km.h^{-1})	-0,01	-0,24	-0,17	0,79**	0,30	0,79**				
8. $VO_2\text{max}$ (campo)	-0,51	0,52	0,64*	0,14	0,68*	0,13	-0,13			
9. PV (km.h^{-1})	-0,51	0,52	0,64*	0,14	0,68*	0,13	-0,13	1**		
10. $v\text{Conconi}$ (km.h^{-1})	-0,14	0,11	0,04	-0,21	-0,12	-0,23	-0,05	0,20	0,20	
11. $v\text{Kara}$ (km.h^{-1})	-0,37	0,48	0,42	0,40	0,42	0,41	0,23	0,51	0,51	0,31

* valor significante para: $p < 0,05$; ** valor significante para: $p < 0,01$.

Dados de correlação são apresentados na tabela 7. Parecem haver tendências de valores de correlação negativas entre a $vVO_2\text{max}$ e as velocidades correspondentes ao LTF_2 , atingindo o nível de significância adotado entre $vVO_2\text{max}$ e $v3,5$ ($r= - 0,78$); o mesmo ocorrendo entre $vVO_2\text{max}$ e $v\text{Baldari}$ ($r= - 0,87$). Comportamento similar foi encontrado com associadas a $v3,5$ e a $v\text{Baldari}$ com o PV determinado em laboratório ($r= - 0,67$ e $-0,69$, respectivamente) dados contidos na tabela 8.

Os valores relativos a $vVO_2\text{max}$ das velocidades referentes ao LTF_2 foram significativamente associados obtendo-se coeficientes de correlação oscilando entre 0,79 e 0,98, exceção observada somente entre $v\text{Cheng}$ e $v\text{Baldari}$. Além disso, quando os valores relativos das velocidades referentes ao LTF_2 foram expressos em função do PV, observa-se uma tendência de comportamento similar para as correlações obtidas entre as variáveis (r entre 0,72 e 0,97) (tabela 8). Já, entre os valores relativos de LTF_2 obtidos em campo, os resultados indicam ausência de correlações entre estes índices, mesmo quando associados com os indicadores de potência aeróbia (tabela 9).

Tabela 7: Correlação entre os valores relativos ($vVO_2\text{max}$) dos indicadores de capacidade aeróbia determinados em laboratório.

Variável	1.	2.	3.	4.	5.
1. $VO_2\text{max}$					
2. $vVO_2\text{max}$	-0,29				
3. $v3,5$ (%)	-0,27	-0,78*			
4. $v\text{Cheng}$ (%)	0,37	-0,39	0,81**		
5. $v\text{Berg}$ (%)	0,06	-0,63	0,98**	0,79**	
6. $v\text{Baldari}$ (%)	0,01	-0,62**	0,89**	0,78**	0,88**

* valor significante para: $p < 0,05$; ** valor significante para: $p < 0,01$.

Tabela 8: Correlação entre os valores relativos (PV) dos indicadores de capacidade aeróbia determinados em laboratório.

Variável	1.	2.	3.	4.	5.
1. $VO_2\text{max}$					
2. PV	-0,24				
3. $v3,5$ (%)	-0,26	-0,67*			
4. $v\text{Cheng}$ (%)	-0,32	-0,53	0,72*		
5. $v\text{Berg}$ (%)	0,06	-0,62	0,97**	0,72*	
6. $v\text{Baldari}$ (%)	0,01	-0,69*	0,88**	0,75*	0,88**

* valor significante para: $p < 0,05$; ** valor significante para: $p < 0,01$.

Tabela 9: Correlação entre os valores relativos dos indicadores de capacidade aeróbia identificados em campo.

Variável	VO ₂ max (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	PV (km.h ⁻¹)	vConconi (%)	vKara (%)
vConconi (%)	-0,36	-0,37	--	0,15
vKara (%)	0,21	0,21	0,15	--

As associações entre *performance* e os índices fisiológicos estudados estão expostos na tabela 10. Entre os indicadores de potência aeróbia determinados em esteira, a vVO₂max foi correlacionada significativamente com a prova de 1,5 km (r= -0,73). Das velocidades correspondentes ao LTF₂, foram observadas tendências da v3,5 e vBerg correlacionarem-se com a distância de 10 km (r= -0,62 e p= 0,057, r= -0,60 e p=0,065, respectivamente).

O PV identificado em pista, apresentou correlações significantes com as provas de 1,5 km e 5 km (r= -0,92 e r= -0,72, respectivamente); o mesmo acontecendo para a variável VO₂max estimada em pista. Isso ocorreu em virtude da estimativa desse índice ser realizado a partir do PV. Para as velocidades referentes ao LTF₂, foi observada correlação significativa somente entre vKara e o tempo de prova nos 10 km (r= -0,72) (tabela 10).

Tabela 10: Correlação entre os indicadores de potência e capacidade aeróbia determinados em campo (VO₂max, PV, vConconi e vKara) e laboratório (VO₂max, PV, vVO₂max, v3,5, vCheng, vBerg e vBaldari) com os tempos de provas nas corridas de 1,5 km, 5 km e 10 km.

Variável	1,5 km	5 km	10 km
VO ₂ max (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹) laboratório	0,33	-0,05	0,07
PV (km.h ⁻¹) laboratório	-0,58	-0,53	0,34
vVO ₂ max (km.h ⁻¹) laboratório	-0,73*	-0,36	-0,15
v3,5 (km.h ⁻¹)	0,20	-0,16	-0,62
vCheng (km.h ⁻¹)	0,27	0,16	-0,18
vBerg (km.h ⁻¹)	0,16	-0,22	-0,60
vBaldari (km.h ⁻¹)	0,22	0,01	-0,44
VO ₂ max (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹) campo	-0,92**	-0,72*	-0,43
PV (km.h ⁻¹) campo	-0,92**	-0,72*	-0,43
vConconi (km.h ⁻¹)	-0,23	-0,06	-0,04
vKara (km.h ⁻¹)	-0,29	-0,44	-0,72*

* valor significante para: p < 0,05; ** valor significante para: p < 0,01.

Buscando observar os índices fisiológicos investigados que melhor predizem as *performances* nas distâncias de 1,5 km, 5 km e 10 km, foram realizadas análises de regressão linear independentes, contendo apenas variáveis determinadas em esteira, conforme pode ser observado na tabela 11, e apresentando somente índices identificados em pista, cujos resultados são descritos na tabela 12.

Tabela 11: Coeficientes de correlação múltipla das variáveis determinadas em laboratório com o tempo de prova nas distâncias de 1,5 km, 5 km e 10 km.

Distância	Variável independente	R ²
1,5 km	vVO ₂ max	0,62
5 km	vVO ₂ max	0,35
10 km	v3,5	0,35

Tabela 12: Coeficientes de correlação múltipla das variáveis determinadas em campo com o tempo de prova nas distâncias de 1,5 km, 5 km e 10 km.

Distância	Variável independente	R ²
1,5 km	PV	0,78
5 km	PV	0,66
10 km	vKara	0,73

Para as provas de 1,5 km e 5 km, o PV foi a variável que isoladamente melhor explicou os resultados encontrados em ambas as provas (78% e 66%, respectivamente). Todavia, na prova de 10 km a vKara é o índice que melhor descreve a *performance* obtida pelos atletas (73% de explicação) (tabela 12). Das variáveis determinadas em laboratório, a vVO₂max foi o índice que isoladamente melhor explicou os resultados obtidos nas provas de 1,5 km e 5 km (62% e 35%, respectivamente). A v3,5 foi a variável que apresentou maior poder de predição na prova de 10 km (35% de explicação) (tabela 11).

5. DISCUSSÃO

Entre os principais achados deste estudo destaca-se a validade ecológica do teste campo para determinar as velocidades referentes à potência e à capacidade aeróbia de corredores de média e longa distância de nível regional. Essa afirmação é suportada pela similaridade de valores encontrados entre as medidas indiretas determinadas em campo e aquelas obtidas diretamente em ambiente laboratorial. Além disso, foi encontrado evidências demonstrando que os índices fisiológicos identificados em campo apresentam maior capacidade de predizer a *performance* nas três diferentes distâncias.

Do ponto de vista antropométrico, os resultados da tabela 1 demonstram que os percentuais de gordura dos atletas avaliados, encontram-se um pouco acima dos valores descritos por Kenney e Hodgson (1985) para corredores considerados de elite, que completavam os 5000 m em tempo médio equivalente a 845 ± 5 segundos ($n= 8$ e $8,8 \pm 0,8$ %G) e os 3000 m com barreiras em 518 ± 6 segundos ($n= 5$ e $9,28 \pm 0,5$ %G).

Para efeito comparativo e de caracterização dos atletas da atual pesquisa, especialmente em termos de *performance*, os dados extraídos da *homepage* da Confederação Brasileira de Atletismo, datando de outubro de 2008, destacam os seguintes recordes mundiais masculinos nas provas de 1,5 km (tempo = 206 segundos); na distância de 5 km (tempo = 757 segundos) e nos 10 km (tempo = 1577 segundos), os tempos para essas mesmas distâncias no grupo de corredores estudado representam respectivamente: 139,32%, 143,73% e 146,36% destes recordes registrados.

Utilizando informações contidas nesta mesma *homepage*, encontrarmos como recordes nacionais masculinos os seguintes tempos: 1,5 km = 215 segundos, 5 km = 799 segundos e nos 10 km = 1648 segundos, o que para o grupo avaliado nesta pesquisa corresponderia respectivamente: 133%, 136% e 140% destes recordes registrados.

Do ponto de vista da potência aeróbia máxima, é possível classificar os corredores avaliados como moderadamente treinados, pois apresentaram valores de $v\dot{V}O_2\text{max}$ ($18,40 \pm 0,69$ km.h⁻¹), PV em esteira ($18,95 \pm 0,67$ km.h⁻¹) e PV em pista ($18,59 \pm 0,69$ km.h⁻¹), descrito na tabela 4, similares à velocidade média da prova 1,5km ($18,88 \pm 0,77$ km.h⁻¹). Em termos percentuais, os atletas avaliados

completaram esta distância em média a 97,46% da vVO_2max , 100,37% do PV em esteira e 98,46% do PV em pista.

Em geral, corredores de elite de média-distância apresentam valores de vVO_2max próximos aos valores da velocidade média obtida em provas de 3km (DANIELS et al., 1984; LACOUR et al., 1990; BILLAT; KORALSZTEIN, 1996). Isso sugere que atletas de alto nível percorrem a distância de 1,5km em intensidades acima da vVO_2max .

Em atletas altamente treinados, cujo tempo médio na distância de 1,5 km foi 226 ± 5 segundos, Spencer e Gatin (2001) estimaram em $84 \pm 3\%$ a contribuição do metabolismo aeróbio. Hill (1999) também encontrou resultados similares, apontando uma contribuição anaeróbia média de $20 \pm 4\%$ para corredores completavam a prova de 1,5 km em um tempo médio de 229 segundos. Weyand et al. (1993) determinaram uma contribuição relativa do metabolismo anaeróbio de 13% e 4% nos eventos de 1,5 km e 5 km, respectivamente, para corredores do sexo masculino. A contribuição do metabolismo aeróbio nas distâncias de 5 km e 10 km, equivalente respectivamente a 95% e 97% da produção energética (BILLAT, 2001).

No presente estudo, os atletas completavam a prova de 1,5 km com o tempo médio de 287,91 segundos, sugerindo que a contribuição aeróbia pode ter sido maior em relação aos demais estudos apresentados, embora esta distância seja a que, teoricamente, apresenta maior contribuição percentual anaeróbia das três provas selecionadas, demonstrada pelos valores percentuais relativos aos limiares estudados. Desta forma, assumindo a relação hiperbólica existente entre intensidade e tempo de exercício (MONOD; SCHERRER, 1965) conceito este mais difundido e generalizado por meio do estudo Moritani et al. (1981). Assumi-se que o uso de uma distância fixa pode repercutir em contribuições energéticas distintas, sofrendo importantes influências de fatores como: o nível de treinamento do atleta e consequentemente da sua habilidade para manter o esforço em alta intensidade (PÉRONNET; THIBAUT, 1989).

Assumindo que todos os atletas realizaram *performances* máximas nas provas selecionadas, é possível assumir que estas distâncias incorporadas no atual estudo exigem predominantemente fornecimento de energia advindo da via metabólica aeróbia. Gatin (2001) apresenta alguns resultados interessantes, pertinentes a exercícios realizados durante períodos específicos de esforço máximo. Nessa revisão, o autor demonstra que, ao realizar 75 segundos de exercício

máximo, a contribuição do metabolismo anaeróbio seria de 49% e 51% do metabolismo aeróbio na geração de energia para a execução deste esforço. Portanto, as distâncias selecionadas (1,5 km, 5 km e 10 km) são caracterizadas como provas de natureza predominantemente aeróbia.

Uma das preocupações primordiais desta investigação foi assegurar que tanto o desempenho nas provas selecionadas (1,5 km, 5 km e 10 km), quanto os demais testes, fossem realizados em *performance* máxima para a tarefa exigida. Neste sentido, os atletas foram encorajados sempre a realizarem esforço máximo sendo observados alguns critérios nos testes progressivos, conforme será discutido a seguir.

Em ambiente laboratorial, não foi observada a ocorrência do platô de VO_2 em nenhum dos sujeitos avaliados. Essa ausência de identificação fenômeno, basicamente pode ser atribuída a dois fatores: tipo de protocolo empregado, e aptidão aeróbia dos avaliados (DUCAN et al., 1997; BASSET; HOWLEY, 2000). Do mesmo modo, em protocolos descontínuos a identificação do platô de VO_2 pode não ocorrer em virtude da duração dos esforços empregada nestes protocolos. No mínimo são utilizados 3 minutos de duração, tornando-o difícil de ser sustentado em alta intensidade (BASSET; HOWLEY, 2000).

Os resultados obtidos nas variáveis laboratoriais poderiam sofrer influências das pausas existentes em relação ao teste progressivo de pista (MMATT), devido à diferença de dinâmica nos protocolos. Contudo, Ducan et al. (1997) não encontraram diferenças significantes nos valores de VO_{2max} (valores relativos e absolutos) e FC_{max} quando compararam um protocolo contínuo (velocidade inicial de 7,0 mph e incrementos de 2,5% de inclinação a cada minuto até exaustão) com um protocolo descontínuo (composto por 2-4 séries com duração de 3 a 5 min, na qual a primeira série iniciava em 7,0 mph e com incrementos de 2,5% de inclinação a cada nova série até exaustão).

Desta forma, as diferenças entre os valores de VO_{2max} determinados em laboratório e em campo poderiam ser atribuídas, além da natureza do protocolo empregado, a outros fatores como: características da amostra avaliada, instrumentos utilizados na mensuração da medida direta de VO_2 , necessidade de ajuste na equação proposta originalmente por Léger e Boucher (1980).

De fato, Léger e Boucher (1980), em seu estudo, utilizaram sujeitos treinados e não treinados para obterem evidências de validade e reprodutibilidade

do MMATT. Evidências obtidas por outros estudos sugerem que a equação de estimativa do $VO_2\text{max}$, realizado por intermédio de dados obtidos no MMATT, tende a superestimar o valor de $VO_2\text{max}$ medido diretamente em atletas (LACOUR et al., 1989; LÉGER; MERCIER, 1983).

Podem ser observadas na literatura variações biológicas intra-individuais nos valores de $VO_2\text{max}$ de um dia para outro de aproximadamente 4% a 6% (TAYLOR et al., 1955; SHEPHARD, 1984). Portanto, a média de $VO_2\text{max}$ em esteira ($71,35 \pm 5,99 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e assumindo a variação biológica média de 5% ($3,57 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) poderiam haver flutuações da média estabelecida entre 67,78 e $74,92 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ em laboratório. Estes mesmos 5% de variação, provavelmente existentes no $VO_2\text{max}$ em pista ($65,54 \pm 2,31 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), corresponderiam a $3,28 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, indicando, ao menos teoricamente, oscilações da média entre 62,26 e $68,82 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$.

Estes intervalos de confiança, demonstrados pela provável variação biológica existente, sugerem a necessidade de realização de estudos adicionais envolvendo a estimativa do $VO_2\text{max}$ proposta pela equação de Léger-Boucher (1980). Assim, a reprodutibilidade destas medidas, especialmente em campo, bem como a mensuração direta do $VO_2\text{max}$ no teste de pista com grupos de atletas com características similares aos pertencentes neste estudo, é fundamental para o aprofundamento da questão, e possível adequação da equação.

Além do fator economia de corrida, os aspectos que determinam o PV (velocidade final atingida) podem diferir daqueles que influenciam a $vVO_2\text{max}$; deste modo, a capacidade anaeróbia e os mecanismos de tolerância ao lactato podem contribuir para determinação de valores mais elevados de PV. A equação de estimativa do $VO_2\text{max}$ utilizada neste estudo (Léger-Boucher, 1980) baseia-se no PV para sua determinação e, por isso, poderia também dissociar-se dos valores medidos diretamente.

Contudo, na presente pesquisa, o $VO_2\text{max}$ medido diretamente em esteira foi significativamente maior que o $VO_2\text{max}$ estimado em pista. Uma das prováveis explicações para este achado poderia ser atribuída à técnica de medida do $VO_2\text{max}$ e instrumentação utilizada. Astorino et al. (2005) argumentam que a tecnologia disponível atualmente para a análise de consumo de oxigênio (respiração a respiração - intervalo de amostras de 15 segundos) tem permitido uma maior precisão na determinação desta medida em relação às técnicas tradicionais (em

geral, adotam intervalo de amostras de 60 segundos, ex.: Léger e Boucher, 1980), sendo motivo de discussões recentes, inclusive sobre os critérios de determinação do $VO_2\text{max}$ e do fenômeno do platô de VO_2 .

Nos experimentos realizados por Léger e Boucher (1980), buscando obter evidências de validade do MMATT, no primeiro experimento, comparando campo e laboratório, foram encontrados valores similares de $VO_2\text{max}$ determinados indiretamente e diretamente em laboratório em esteira rolante. Tanto os sujeitos não treinados, quanto os sujeitos treinados, apresentaram valores similares de $VO_2\text{max}$. Além disso, quando o $VO_2\text{max}$ foi predito no MMATT, matematicamente e por método de extrapolação da curva de recuperação do $VO_2\text{max}$, não foram observados valores significativamente diferentes. Ainda no mesmo estudo, Léger e Boucher (1980) obtiveram evidências de reprodutibilidade da predição do $VO_2\text{max}$ no MMATT, submetendo 60 sujeitos à realização de teste e re-teste. Os valores de $VO_2\text{max}$ preditos em dias diferentes foram similares, e um alto valor de correlação foi demonstrado entre a situação teste e re-teste ($r = 0,97$).

Outros estudos buscaram verificar o efeito do protocolo na determinação da potência aeróbia máxima, contudo, avaliando a influência do protocolo na $vVO_2\text{max}$. Billat et al. (1996) submeteram 15 atletas masculinos, especialistas em longas distâncias, à realização de dois testes progressivos máximos (0% inclinação na esteira): protocolo 1) velocidade inicial de $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ com incrementos de $1,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada 2 min; e protocolo 2) velocidade inicial de $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ com incrementos de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada 1 min. Além disso, 7 sujeitos realizaram o MMATT, conforme Léger e Boucher (1980). Em relação aos protocolos laboratoriais, não foram observadas diferenças significantes entre protocolo 1 ($vVO_2\text{max} = 20,7 \pm 1,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $T_{lim} = 345 \pm 120 \text{ s}$), e o protocolo 2 ($vVO_2\text{max} = 21,1 \pm 0,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $T_{lim} = 373 \pm 44 \text{ s}$). Entretanto, ao comparar o protocolo 1 e o MMATT, a $vVO_2\text{max}$ determinada no protocolo 1 ($21,1 \pm 0,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) foi significativamente maior (4,7%) em comparação ao valor de $vVO_2\text{max}$ mensurada no MMATT ($20,1 \pm 0,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), porém, os T_{lim} continuavam sendo similares ($290 \pm 69 \text{ s}$ e $350 \pm 55 \text{ s}$, respectivamente). Como explicação para as diferenças encontradas na $vVO_2\text{max}$ mensurada em protocolos com durações e incrementos similares (protocolo 1 e MMATT) os autores mencionam: a resistência do ar, dificuldades perceptivas associadas com a esteira, diferenças no piso (cinta do motor da esteira).

O atual estudo apresenta algumas particularidades em relação aos protocolos laboratoriais adotados por Billat et al. (1996) e podem justificar em parte as diferenças nos resultados encontrados, em relação ao estudo de Billat et al. (1996) a inclinação da esteira foi diferente e, a duração dos estágios, outro aspecto refere-se ao protocolo 1 que emprega estágios mais curtos, fato este que contribui para a identificação de valores mais elevados de $v\text{VO}_2\text{max}$.

Particularmente na presente pesquisa a inclinação da esteira foi mantida em 1%, seguindo as recomendações dos autores Jones e Doust (1996) que avaliaram 9 corredores do sexo masculino em corridas de 6 min em 6 diferentes intensidades (2,92, 3,33, 3,75, 4,17, 4,58, 5,0 m/s) com 6 min de recuperação entre cada corrida. Essa rotina foi repetida várias vezes, em laboratório (0%, 1%, 2% e 3% de inclinação) e em pista (*outdoor*, no nível do mar). Os autores concluíram que 1% de inclinação na esteira reflete melhor as condições do ambiente externo. Esses achados são similares às recomendações descritas por Heck et al. (1985) indicando que a inclinação da esteira deve ser entre 0 - 2% para permitir uma melhor aplicação dos dados laboratoriais em condições de campo.

Convertendo as unidades de velocidades descritas na pesquisa de Jones e Doust (1996), foi possível verificar que as velocidades iniciais e finais (10,5 – 18 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) representam intensidades de esforço muito similares às cargas descritas ao longo do teste progressivo laboratorial realizado pela maioria dos atletas avaliados. Uma vez que os protocolos descritos na presente investigação apresentaram uma faixa de intensidade muito similar àquela estudada por Jones e Doust (1996), a inclinação de 1% parece ser adequada para representar o custo de energia em esteira.

Berthoin et al. (1996) compararam o PV identificado com diferentes métodos no teste de pista de Léger e Boucher (1980) e a velocidade referente ao VO_2max determinada também com diferentes metodologias em ambiente laboratorial na esteira, com 11 sujeitos moderadamente treinados. Neste estudo, não foram observadas diferenças significativas entre o PV e a velocidade correspondente ao VO_2max para nenhum dos métodos empregados (16,6 - 17,1 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$). Além disso, foram encontradas correlações significantes com o valor de “r” variando entre 0,85 e 0,99. Outros dados importantes deste estudo referem-se ao fato de que as concentrações de lactato no final do exercício, o VO_2max (esteira = $59,2 \pm 6,2$

$\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ e pista = $58,5 \pm 4,4 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e a frequência cardíaca máxima não apresentaram diferenças entre o teste de campo e laboratório.

Lacour et al. (1991) verificaram que o PV ($21,89 \pm 1,48 \text{ km.h}^{-1}$) determinado no teste de Léger e Boucher (1980) foi significativamente mais elevado que a velocidade referente ao VO_2max determinada na esteira ($21,64 \pm 1,54 \text{ km.h}^{-1}$) em 32 corredores bem treinados (8 corredoras e 24 corredores). Entretanto, estas duas variáveis apresentavam-se significativamente correlacionadas ($r= 0,79$). Para os autores, essas diferenças de velocidade poderiam ser atribuídas basicamente ao ambiente de avaliação, que implica em custo energético diferenciado.

Existem evidências que a capacidade aeróbia pode ser influenciada pelo tipo de protocolo empregado no processo de avaliação. Neste sentido, duas importantes ressalvas poderiam ser apontadas em virtude dos protocolos estudados em laboratório e campo: a) a pausa de 30 segundos poderia modular a identificação do LTF_2 ; b) em esteira foram coletadas amostras de sangue para identificar o LTF_2 , e em pista foi utilizado o monitoramento da FC para determinar o LTF_2 .

No estudo de Beneke et al. (2003), os autores investigaram em 19 atletas masculinos de endurance os efeitos de diferentes protocolos (0seg, 30seg e 90seg de pausa) na determinação da MLSS em ciclo ergômetro e verificaram que as concentrações de lactato sanguíneo nas pausas de 30 segundos não foram significativamente maiores que os valores observados no protocolo sem pausas. Entretanto, a intensidade de exercício demonstrada pelo percentual do VO_2 pico ou carga utilizada, ambas foram significativamente maiores em virtude da pausa de 30 segundos. Desta forma, a realização de testes com pausas de apenas 30 segundos, contribuiriam para uma significativa superestimativa da intensidade de exercício correspondente a MLSS em relação aos testes contínuos sem pausa.

Beneke et al. (2003) destacam que as interrupções existentes em protocolos que visam determinar a MLSS podem modificar as respostas de lactato sanguíneo e a intensidade de esforço referente a MLSS, em virtude da pausa gerada proporcionar um tempo de remoção no lactato sanguíneo. Portanto, estas alterações estariam associadas com a velocidade em que o lactato sanguíneo é conduzido para dentro e para fora da corrente sanguínea.

Desta forma, o modo de exercício (contínuo vs intermitente) deve ser considerado no processo de avaliação, de modo que a avaliação realizada em protocolo contínuo não identifique uma carga que subestime intensidades de

exercícios intermitentes e vice-versa. Além disso, na corrida, operacionalmente, o uso da medida de lactato sangüíneo pela técnica de mensuração adotada, sistematicamente tem implícitas, em seu método de medida, as pausas para coleta de sangue e um tempo médio padrão (30 segundos) para que o avaliador realize tal procedimento.

Apesar destas evidências encontradas no estudo de Beneke et al. (2003), o uso de concentrações sangüíneas de lactato adotando o valor fixo de $3,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ tem sido demonstrado na literatura como sendo capaz de representar a mesma intensidade de esforço correspondente a MLSS identificada em diferentes grupos de sujeitos e modos de exercício (HECK et al., 1985; HAVERTY; LENNEY; HODGSON, 1988; DENADAI; GOMIDE; GRECO, 2005; FIGUEIRA et al., 2008). Nestas abordagens, a concentração fixa de $3,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ foi determinada em protocolos com pausas de 30 segundos e comparados com a MLSS determinada em exercício contínuo com 30 minutos de duração.

Além disso, existem críticas concernentes ao uso de concentrações fixas de lactato. Em função disso, Stegman, Kindermann e Schnabel (1981) propuseram o uso de um método alternativo que discrimina a cinética individual do lactato sangüíneo, para determinar o LTF_2 , denominado pelos autores de limiar anaeróbio individual (IAT). Na tentativa de atenuar tais críticas, no presente estudo esse cuidado também foi observado. O modelo matemático proposto por Cheng et al. (1992) permite a realização de um ajuste polinomial de terceira ordem, o qual parece melhor se adequar ao comportamento da curva de lactato sangüíneo em teste progressivo máximo. Por intermédio deste ajuste e uma reta derivada dos extremos da curva é possível obter a maior distância entre essas equações, esse ponto representaria o LTF_2 .

Cheng et al. (1992) demonstraram que o Dmax poderia ser um método aplicável para detectar limiares ventilatórios por intermédio da ventilação, da frequência respiratória, do volume expirado de CO_2 e também dos limiares de lactato obtidos a partir das respostas de lactato sangüíneo. Os autores verificaram que este método seria confiável, uma vez que a análise de variância não mostrou diferenças significantes entre os limiares. Além disso, a correlação de Pearson foi entre 0,78 e 0,97 entre todos os Dmax e apresentou significativa reprodutibilidade (r entre 0,78 e 0,93 na situação teste e reteste).

A grande vantagem do método de Cheng et al. (1992) estaria na possibilidade de identificar possíveis oscilações na cinética de lactato sanguíneo, as quais o método de concentração fixa ($v_{3,5}$) adotado neste estudo não seria sensível. Outro ponto positivo em relação à proposta de Stegman, Kindermann e Schnabel (1981) consiste em apenas coletar dados durante o exercício, sem a necessidade de coletar amostras de sangue na recuperação como prevê o método de determinação do IAT. Os resultados encontrados nesta pesquisa demonstram que a intensidade de exercício, na qual o D_{max} do lactato foi obtido, não difere dos demais métodos analisados.

Mclellan e Cheung (1992) estudaram 7 ciclistas e 7 estudantes praticantes de exercício físico regular e demonstraram que o IAT pode levemente super ou subestimar a MLSS (5%). Uma crítica interessante foi realizada por Baldari e Guidetti (2000), referente ao IAT, que também poderia estar associado ao método de Cheng et al. (1992), empregado no atual estudo. No método de Stegman, Kindermann e Schnabel (1981) assume-se que os níveis de lactato sanguíneo alcancem um relativo estado de equilíbrio no final de cada estágio de 3 minutos durante um exercício progressivo. Entretanto, essas afirmações podem não ser totalmente verdadeiras (BALDARI; GUIDETTI, 2000).

Desta forma, Baldari e Guidetti (2000) propuseram a identificação de limiar anaeróbio individual, o qual corresponderia ao segundo incremento de lactato maior que $0,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ analisado e visualizado em gráficos elaborados plotando o lactato sanguíneo em função da respectiva carga de exercício no qual foi mensurado. Os autores verificaram que a intensidade de exercício obtida por intermédio deste novo protocolo, representava uma carga similar àquela mantida durante a MLSS. Além disso, os autores destacaram que este novo protocolo teria como vantagens: fácil aplicação; não requer esforço máximo para sua determinação; e na prática poderia ser utilizado para definir a intensidade de treinamento de endurance.

Os resultados demonstrados na tabela 5 corroboram as evidências obtidas por Baldari e Guidetti (2000) apontando para uma consistência no método apresentado por esses autores, pois o mesmo parece identificar satisfatoriamente a capacidade aeróbia, fornecendo, assim, a intensidade de exercício associada a este componente da aptidão aeróbia.

Da mesma forma, os dados obtidos no atual estudo (tabela 5) para uma mesma zona de intensidade descrita por Berg et al. (1990), pois os valores absolutos

e relativos de velocidade e FC foram todos similares. Embora não tenha sido identificado o LTF_1 nesta pesquisa, Berg et al. (1990) verificaram que o menor equivalente lactato/carga poderia representar o LTF_1 (adotando a concentração fixa de $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) e adicionando o $1,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$. Esse novo valor determinado corresponderia ao LTF_2 (assumindo a concentração fixa de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$).

Na atual pesquisa não foi identificada a MLSS. A determinação da MLSS requer a realização de vários testes de carga constante com duração média 30 minutos, exigindo que um mesmo avaliado faça diversas visitas ao laboratório (HECK et al., 1985; BENEKE; HÜTLER; LEITHÄUSER, 2000). A inclusão desta medida tornaria o protocolo experimental muito extenso, fato que poderia deixar o estudo inviável e limitado em termos de número de sujeitos dispostos a participarem. Reconhecidamente, sabe-se que a MLSS é o “padrão ouro” de avaliação da capacidade aeróbia máxima e, por isso, assumimos a limitação de não termos mensurada tal medida, além de incentivar a realização de novos estudos no intuito de comparar a MLSS com os métodos e protocolos descritos nesta investigação.

As medidas de capacidade aeróbia discutidas até agora são pertinentes aos dados provenientes do teste progressivo realizado em esteira. Contudo, por meio do teste progressivo máximo realizado em pista (MMATT), o LTF_2 foi identificado de duas formas.

O método de inspeção visual apresentou índices satisfatórios de CCI para valores absolutos e relativos. Embora esta variável seja determinada subjetivamente, apresentando uma maior probabilidade de erro na identificação do LTF_2 . Entretanto, os cuidados descritos no estudo de Conconi et al. (1996), referentes ao protocolo de teste utilizado para determinar o PDFC, foram rigorosamente obedecidos e isso certamente enaltece os resultados apresentados na tabela 5.

Conconi et al. (1982) verificaram que a intensidade do PDFC foi praticamente coincidente com o LTF_2 , e essas duas medidas mostraram-se significativamente correlacionadas ($r= 0,99$; $n = 10$). A reprodutibilidade do teste para mensurar o PDFC apresentou coeficiente de correlação de $0,99$ ($n = 26$). Além disso, a velocidade do PDFC apresentou-se significativamente correlacionada com a velocidade média de 1 hora de corrida ($r= 0,99$; $n=31$), com a velocidade média da maratona ($r= 0,95$; $n = 55$) e com a velocidade média na prova de 5 km ($r= 0,93$; $n= 19$).

Apesar de prático, o PDFC tem sido apresentado como um método alternativo de identificação de LTF_2 , porém, bastante discutido. Este ponto parece não ser uma variável fisiológica generalizável, podendo não ser encontrado em diversos sujeitos. Quando identificado, o PDFC está localizado entre 85 e 95% da FC_{max} , sendo os valores percentuais crescentes com o aumento do nível de aptidão dos atletas (DE-OLIVEIRA, 2004).

No presente estudo, o PDFC foi possível de se determinar visualmente em 100% do grupo estudado e representava valores percentuais dentro da faixa descrita por De-Oliveira (2004) ($90,59 \pm 3,96\%$ da FC_{max} atingida no MMATT), além de representar uma intensidade de esforço (absoluta e relativa) similar as demais velocidades observadas na tabela 5.

A identificação visual do PDFC parece não ser sempre possível, de acordo com os estudos de Ribeiro et al. (1985) e Francis et al. (1989). Além disso, Bodner e Rhodes (2000) destacam que dificuldades associadas com o discernimento do PDFC, visualmente, podem causar uma avaliação imprecisa desta variável.

Conconi et al. (1996) argumentam que os conflitos existentes na identificação do PDFC estariam associados às diferenças nas metodologias empregadas nos estudos realizados para esse fim. Em virtude dessas divergências, os autores analisaram a metodologia após doze anos de aplicação do teste de Conconi e apresentaram algumas recomendações: incrementos de velocidade bem progressivos e uniformes (similar a um protocolo de rampa), com estágios de tempo fixo e com pequenos incrementos de carga (incrementos na FC menores que 8 bpm), e aspectos que melhoram a análise do PDFC.

Possivelmente como uma resposta para as críticas existentes ao método de Conconi, Kara et al. (1996) propuseram a aplicação do modelo matemático indicado por Cheng et al. (1992) na determinação do PDFC denominado de D_{max} e compararam com o modelo convencionalmente estabelecido por Conconi et al. (1982). Os resultados deste estudo demonstraram a identificação do D_{max} em 100% dos sujeitos ($n = 32$). Os valores de FC, a carga referente ao PDFC e a $\%VO_2max$ correspondente ao PDFC, foram similares entre os métodos investigados. Além disso, foi encontrado elevado valor de correlação para estas mesmas variáveis entre os dois métodos ($r = 0,93$; $0,97$ e $0,93$ respectivamente).

No presente estudo, o PDFC foi determinado matematicamente, conforme descreve Kara et al. (1996) e identificado em 100% dos sujeitos, isso permitia a

comparação deste método com os demais estudados. Desta forma, tanto os valores (absolutos e relativos) de velocidade e FC não diferiram significativamente dos valores apresentados pelos demais métodos abordados (tabela 5).

Fleischmann et al. (1995) submeteram 14 corredores de nível competitivo nacional, a testes progressivos em laboratório, cujo protocolo utilizado foi similar ao proposto por Heck et al. (1985); ou seja, inclinação de 1%, velocidade inicial de 8,4 km.h⁻¹ e incrementos de 1,2 km.h⁻¹, com estágios de 3 minutos, e intervalo de 30s entre cada carga para a coleta de sangue. Em campo, o teste foi realizado na pista oficial de atletismo, tendo sido utilizada metodologia similar àquela de laboratório, com velocidades e durações de estágios semelhantes, porém sem pausas.

Nesta pesquisa, os valores médios de velocidade (16,5 km.h⁻¹ e 16,4 km.h⁻¹) e FC (167 bpm e 168 bpm) correspondentes ao LTF₂ não diferiram na situação esteira e pista, respectivamente. Estas evidências forneceram validade para o emprego de testes progressivos em pista na avaliação da capacidade aeróbia e corroboram as evidências descritas na atual investigação (FLEISCHMANN et al., 1995).

As evidências apresentadas por Kara et al. (1996), Piasecki et al. (2005), Cambri et al. (2005) e Finardi et al. (2006) dão consistência ao modelo de identificação do Dmax, mostrando a possibilidade de aplicação deste modelo na identificação do LTF₂. Do mesmo modo o atual estudo fornece evidências indicando também a viabilidade e validade de aplicação deste método.

Quando se pensa no termo aptidão aeróbia, muitas vezes, assume-se uma ligação direta entre vVO₂max e variáveis associadas ao acúmulo/remoção de lactato, como densidade capilar, percentual de fibras do tipo I (lentas), capacidade respiratória e atividade enzimática muscular (MORGAN et al., 1989; DE-OLIVEIRA, 2004). Todavia, as variáveis, que expressam a subdivisão da aptidão aeróbia em potência e capacidade, são determinadas por mecanismo que pode divergir, sofrendo, inclusive, influência do tipo de treinamento (DE-OLIVEIRA, 2004).

Programas de treinamento, incorporando intensidades sub-máximas de esforço, podem melhorar a capacidade aeróbia sem ter repercussão direta na potência aeróbia, ou mesmo desenvolver estes componentes em magnitudes diferentes a ponto de não ser possível expressar uma correlação significativa entre estas variáveis como foi verificado neste estudo (DENADAI, 1999).

De-Oliveira (2004) apresenta uma explicação plausível que pode ajudar a entender as ausências de correlações descritas em alguns estudos referente a potência e capacidade aeróbia. Primeiramente o autor destaca que, ao menos teoricamente, os sujeitos que conseguirem sustentar maiores intensidades de esforços sem exceder sua MLSS, poderiam ser considerados sujeitos mais econômicos e, por conseguinte estariam atrasando o acúmulo do lactato na corrente sangüínea e, por isso, são capazes de realizar exercícios em altas intensidades (retardam a fadiga). A segunda explicação fundamenta-se na possibilidade dos sujeitos apresentarem uma maior capacidade em tolerar esforços acima da MLSS (tolerância maior a acidose), assim poderiam aumentar a intensidade de exercício durante um teste progressivo por suportarem maiores níveis de lactato sangüíneo.

No grupo de corredores avaliados, a velocidade média da prova de 10 km ($15,59 \pm 0,66 \text{ km.h}^{-1}$) foi acima (4,34%) da $v_{3,5}$ ($14,91 \pm 0,73 \text{ km.h}^{-1}$), havendo uma correlação negativa e significativa entre a $v_{3,5}$ e a *performance* nos 10 km ($r = -0,62$). Além disso, esse mesmo índice explicou 38% das variações observadas no tempo desta prova.

Considerando agora o teste de pista, a v_{Kara} ($15,10 \pm 0,99 \text{ km.h}^{-1}$) apresentou uma intensidade de esforço muito próxima (3,23% abaixo) da velocidade média da distância de 10 km. A correlação entre a v_{Kara} e o tempo de prova nos 10km também foi mais expressiva ($r = -0,72$). Corroborando estes resultados, a análise de regressão demonstrou que a v_{Kara} é o indicador de capacidade que melhor explica a *performance* nos 10 km (52% da explicação).

Embora as variáveis obtidas em laboratório e campo não apresentem diferenças significantes entre si, as particularidades do teste de pista, como por exemplo, o próprio terreno, apontam para uma maior capacidade preditiva das variáveis identificadas em campo.

As informações apresentadas permitem inferir que a capacidade aeróbia é um fator decisivo para o sucesso de atletas que competem na distância 10 km. De fato, a velocidade de exercício associada com os níveis da lactato sangüíneo, apesar de ser muitas vezes determinada por diferentes critérios, freqüentemente tem apontado associações significantes com o rendimento nos 10 km (TANAKA et al., 1984; ALLEN et al., 1985; MORGAN, et al., 1989).

De acordo com Billat (1996), a velocidade de corrida referente ao LTF_2 pode ser um importante parâmetro de predição do desempenho em eventos que

compreendem distâncias entre 10 km e a maratona, provavelmente, em função das características metabólicas destas provas que parecem depender mais da capacidade aeróbia em comparação à potência aeróbia máxima.

Nicholson e Sleivert (2001) submeteram 11 corredoras e 19 corredores a um teste em esteira com o protocolo iniciando com velocidade de 2 km.h⁻¹ abaixo da velocidade média da distância de 10 km e incrementava 1 km.h⁻¹ a cada 5 minutos, apresentando 1 minuto de intervalo, sendo executado até exaustão voluntária. Depois os autores determinaram a velocidade referente ao LTF₂ por meio de três métodos: método 1: velocidade que precedia a dois consecutivos aumentos no lactato sanguíneo ≥ 1 mmol.L⁻¹; método 2: aplicado o modelo matemático estabelecido por Cheng et al., em 1992; e método 3: adotado a concentração fixa de 4 mmol.L⁻¹. Esse estudo, mostrou que o Dmax foi mais sensível e válido para mensurar a velocidade do LTF₂, além de apresentar maiores valores de correlação com a velocidade de corrida nos 10 km (método 1: r= 0,73 e 0,52; método 2: r= 0,78 e 0,84; método 3: r= 0,75 e 0,77 para homens e mulheres, respectivamente).

Farrel et al. (1979), analisando 18 corredores na faixa etária de 18 - 54 anos e valores de VO₂max entre 46,3 - 73,7 ml.kg⁻¹.min⁻¹, também encontraram significativa correlação entre a velocidade correspondente ao OPLA "Onset Plasma Lactate Accumulation" (14,2 ± 2,4 km.h⁻¹) e o VO₂ no OPLA (43,2 ± 6,6 ml.kg⁻¹.min⁻¹ 69,9% do VO₂max) com a *performance* na distância de 9,7 km (r= 0,96 e r= 0,89, respectivamente). Reportando as velocidades médias de prova, a velocidade sustentada na distância de 9,7 km (16,5 ± 2,16 km.h⁻¹), encontrada no estudo de Farrel et al. (1979), foi 5,52% acima dos valores obtidos na prova de 10 km do presente estudo (15,59 ± 0,66 km.h⁻¹).

Alguns fatores podem interagir justificando as associações encontradas entre OPLA e o desempenho em provas predominantemente aeróbias, dentre eles, Farrel et al. (1979) destacam: composição das fibras musculares, economia de corrida, capacidade de manter uma alta fração de utilização do VO₂max durante a corrida e o próprio VO₂max.

Morgan et al. (1989) verificaram, em 13 atletas bem treinados, correlação significativa (r= -0,82) entre a *performance* na prova de 10 km e a velocidade do LTF₂ (neste estudo foi obtida empregando valor de concentração fixa de 4 mmol.L⁻¹). Vale ressaltar que, semelhantemente ao presente estudo, o grupo estudado por

Morgan et al. (1989) apresentava características homogêneas de $VO_2\text{max}$ ($64,8 \pm 2,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e de *performance* nos 10 km ($1937,4 \pm 76,2$ segundos).

No estudo conduzido por Denadai, Ortiz e Mello (2004), com 14 corredores de *endurance* ($VO_2\text{max} = 60,4 \pm 5,9 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), foi verificado a validade preditiva do LTF_2 (o critério empregado foi a concentração fixa de $3,5 \text{ mmol.L}^{-1}$) e das variáveis fisiológicas relacionadas ao consumo de oxigênio ($VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$, $Tlim$ e EC) com a *performance* de corrida nos 1,5 km e nos 5 km. Nos 1,5 km, o $Tlim$ e $vVO_2\text{max}$ explicaram 88% da variação da *performance*, enquanto o LTF_2 foi a única variável capaz de prever o rendimento aeróbio na distância de 5 km (50% de explicação da variação encontrada no rendimento nessa distância).

Neste estudo, a velocidade representante da potência aeróbia, em esteira ($vVO_2\text{max}$), apresentou correlação significativa apenas com a distância de 1,5 km ($r = -0,73$). O PV identificado em pista apresentou correlações significativas com as provas de 1,5 km e 5 km ($r = -0,92$ e $r = -0,72$ respectivamente). Além disso, os modelos de regressões independentes realizados contendo somente variáveis de laboratório e campo apontam para uma concordância existente entre os índices que predizem as *performances* nas diferentes distâncias e situações (campo vs laboratório); contudo, os parâmetros identificados em pista apresentam maior poder preditivo, reforçando sua validade ecológica.

Noakes, Myburgh e Schall (1990) determinaram o PV em esteira (mais alta intensidade de exercício alcançada no teste progressivo e sustentada por ao menos 1 minuto), além do $VO_2\text{max}$, LTF_2 e EC em 20 maratonistas e 23 corredores de ultramaratona heterogêneos em termos de desempenho. Os autores identificaram o PV como sendo o melhor preditor de desempenho em grupos de corredores bem treinados ($n = 43$), fato este demonstrado pelos valores de correlação entre PV e desempenho nos 10 km ($r = 0,98$), nos 21,2 km ($r = 0,98$) e nos 42,2 km ($r = 0,96$).

Particularmente no grupo deste estudo de Noakes, Myburgh e Schall (1990) a relação entre os índices fisiológicos avaliados e as distâncias das provas realizadas não se modificaram em virtude da distância da prova. Os demais índices laboratoriais estudados (EC , $VO_2\text{max}$ e LTF_2) apresentaram correlações significativas com tais provas, porém, apresentando menor expressão que o PV.

No estudo de Lacour et al. (1990) com 27 corredores de média distância foram encontradas significativas correlações entre a $vVO_2\text{max}$ (determinada de modo diferente dos critérios descritos por Billat) e a velocidade média nas provas de 1,5

km, 3 km e 5 km ($r = 0,62, 0,64$ e $0,86$, respectivamente). Um pouco diferente dos dados observados no atual estudo (tabela 8) que apontam para uma diminuição dos valores de correlação com o aumento da distância da prova.

Lacour et al. (1991) avaliaram 32 corredores bem treinados (8 mulheres e 24 homens) e adotando o mesmo critério de identificação da vVO_2max de Lacour et al. (1990) determinaram $r = 0,92$ entre a vVO_2max e o PV determinado no MMATT (teste de Léger e Boucher, 1980). Esses mesmos índices mostraram-se significativamente associados com a velocidade média na prova de 1,5 km ($r = 0,91$ e $0,90$, respectivamente). No presente estudo, a vVO_2max e o PV apresentaram correlação significativa, porém, inferior ao estudo de Lacour et al. (1991) ($r = 0,64$). No tocante a *performance* nesta distância, a correlação com o PV foi semelhante ($r = -0,92$, $p < 0,01$) e menos expressiva com a vVO_2max ($r = -0,73$, $p < 0,05$).

Na distância de 1,5 km, a vVO_2max em esteira e o PV em pista explicaram isoladamente 62% e 78% da variação da *performance* dos corredores do presente estudo. Nos 1,5 km isoladamente, a vVO_2max apresentou resultados semelhantes aos dados apresentados por Denadai, Ortiz e Mello (2004), que encontraram para esse mesmo índice um poder preditivo de 64% nesta prova.

Mecier e Léger (1986) identificaram o PV no MMATT em 251 homens e 60 mulheres e correlacionou essa variável com diferentes distâncias (0,2 km - 42,2 km). Categorizando os avaliados em seis grupos de corredores de acordo com a distância da prova encontraram: grupo 1: $n = 40$, provas 200 – 400 m, $r = 0,72$; grupo 2: $n = 105$, provas 600 – 1000 m, $r = 0,90$; grupo 3: $n = 71$, provas 1,5 – 2 km, $r = 0,95$; grupo 4: $n = 69$, provas 3 – 5 km, $r = 0,98$; grupo 5: $n = 108$, provas 10 – 20 km, $r = 0,88$; grupo 6: $n = 128$, provas 30 – 42,2 km, $r = 0,84$.

Ahmaidi et al. (1992) avaliaram 11 homens estudantes de educação física que participavam de vários tipos de atividades em três testes máximos: teste 1) em esteira rolante (sempre sendo mantido 3% inclinação) foi realizado um aquecimento de 3min na velocidade de 7 km.h^{-1} , seguido de incrementos de 1 km.h^{-1} a cada 1min; teste 2) teste de vai e vem de 20m (conforme LÉGER; LAMBERT, 1982), velocidade inicial de 8 km.h^{-1} com incrementos de 1 km.h^{-1} a cada 1 min; e teste 3) MMATT cuja velocidade inicial foi 6 km.h^{-1} , tendo incrementos de $1,2 \text{ km.h}^{-1}$ a cada 2 min.

Neste estudo, o VO_2max foi estimado pela equação de Léger e Mercier (1983). O PV foi determinado de acordo com Kuipers et al. (1985) e foi significativamente menor no protocolo 2 em relação ao protocolos 1 e 3 que não

apresentaram diferenças significantes entre si. As demais variáveis ($VO_2\text{max}$, $FC\text{max}$ e Lactato pico, esta última variável foi medida nos minutos 1, 3 e 5 da recuperação) não apresentaram diferenças significantes entre os 3 testes. Foram encontradas associações significantes entre PV nos testes 1 e 2 ($r= 0,83$) nos testes 1 e 3 ($r= 0,88$) e no $VO_2\text{max}$ nos testes 1 e 2 ($r= 0,76$) e nos testes 1 e 3 ($r= 0,83$).

De um modo geral, Basset e Howley (2000) resumiram que o $VO_2\text{max}$, a fração de utilização do $VO_2\text{max}$ e a economia de corrida, são as maiores determinantes da velocidade que pode ser mantida em distâncias predominantemente aeróbia. Entretanto, alguns estudos têm demonstrado que o treinamento simultâneo de força e *endurance* melhoram a massa muscular, a economia de corrida e o tempo de prova, sem necessariamente provocarem modificações no $VO_2\text{max}$ (JOHNSTON et al., 1997; PAAVOLAINEN et al., 1999).

Deste modo, tem sido sugerido que fatores neuromusculares podem ser importantes determinantes do desempenho em provas de *endurance* (NOAKES 1988, PAAVOLAINEN et al., 1999; PAAVOLAINEN et al., 1999b; NUMMELA et al., 2006). Isto pode ser sustentado pelos achados de Paavolainen et al. (1999b), indicando que a melhora na *performance* na prova de 10 km é relacionada à alta pré-ativação muscular, que contribui para um menor tempo de contato do pé do atleta com o solo ao longo da corrida.

Vale ressaltar que, embora mais recente e ainda bastante criticada pela comunidade científica, existe outra explicação para os fatores que limitam a *performance* de *endurance* e, estariam associados ao modelo do governador central (GREEN et al, 1989a; GREEN et al, 1989b; NOAKES, 2000).

A prova de 5 km, em média, foi realizada em uma intensidade correspondente a 90% da $vVO_2\text{max}$; portanto, a velocidade média na prova de 5 km representa uma velocidade superior à capacidade aeróbia do grupo avaliado (média entre 80,96 e 84,91% da $vVO_2\text{max}$). Embora estas intensidades de esforço (relativas e absolutas) estivessem mais próximas da capacidade aeróbia, o modelo de regressão demonstrou um maior poder preditivo das intensidades representantes da potência aeróbia em determinar a *performance* nessa prova.

Denadai, Ortiz e Mello (2004) verificaram em corredores de meio fundo e fundo que a velocidade média obtida nos 5 km, antes e após o programa de treinamento, foi 93% e 96% da $vVO_2\text{max}$, respectivamente. Entretanto, o LTF_2 deste mesmo estudo correspondia, em média, 92,6% da $vVO_2\text{max}$, confirmando que a

prova de 5 km, é realizada abaixo da vVO_2max , apresentando uma maior proximidade e relação com a capacidade aeróbia.

No estudo de Lacour et al. (1989) com corredores de média e longa distância, a velocidade média na distância de 5 km correspondia a 97,35% da vVO_2max e a velocidade no LTF_2 estava em 87,34% da vVO_2max . Assim, dependendo do nível de treinamento e a especialidade da prova do atleta, a relação entre estes índices pode ser modificada. Isso certamente deve ser levado em consideração durante a elaboração de programas de treinamento.

Portanto, os achados da presente investigação demonstram resultados que corroboram as evidências já apresentadas na literatura de um modo geral. Neste sentido, a velocidade máxima aeróbia representada pela vVO_2max ou PV apresenta maior poder preditivo em provas de média distância (1,5 km e 5 km). Na prova de duração mais longa (10 km) a velocidade referente ao LTF_2 ($v_{3,5}$ e v_{Kara}) mostrou capacidade preditiva superior aos demais índices que determinam o sucesso na distância de 10 km.

Por fim, a proposta inicial deste estudo foi comparar os testes de campo e laboratório, e a relação dos mesmos com as *performances* simuladas (1,5 km, 5 km e 10 km). Desta forma, foram obtidas evidências de validade do teste de Léger e Boucher (1980), e mesmo utilizando medidas indiretas neste teste, o mesmo apresentou validade ecológica, uma vez que as medidas determinadas por intermédio do teste de pista demonstraram maior capacidade preditiva em todas as provas, quando comparados aos mesmos índices obtidos em laboratório.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro das limitações existentes neste trabalho, pode-se concluir que os protocolos empregados são adequados para determinar as intensidades correspondentes as potência e capacidade aeróbia em esteira e em pista por intermédio das diferentes metodologias apresentadas. Estes resultados apontam para uma opção adicional de teste em pista que envolve menores custos financeiros, possibilidades de realização de várias avaliações simultâneas, e identificação de intensidades que podem servir de parâmetros para prescrever treinos destinados ao aprimoramento da aptidão aeróbia em seus dois componentes: potência e capacidade aeróbia.

Os resultados obtidos neste estudo devem ser interpretados com cautela e levar em consideração também as particularidades que caracterizam o grupo de atletas avaliados. Neste sentido, acredita-se que ao menos em parte, a ausência de correlação observada entre as velocidades na potência e na capacidade aeróbia pode ser em virtude da ênfase dada ao treinamento por estes corredores.

As diferentes distâncias (1,5 km, 5 km e 10 km), mesmo que realizadas em predomínio do metabolismo aeróbio, apresentam relações diferenciadas entre os indicadores de potência e capacidade aeróbia. Desta forma, as provas de 1,5 km e 5 km têm grande dependência da potência aeróbia, por outro lado, o sucesso na prova de 10 km é atribuído mais especificamente à capacidade aeróbia.

Além disso, as evidências obtidas indicam a existência de um maior poder preditivo para a *performance* atribuído aos índices identificados em campo. Estes resultados ressaltam a importância da validade ecológica do teste de Léger e Boucher (1980). Isso parece ser sustentado por uma das premissas mais básicas do treinamento esportivo que se reporta ao princípio da especificidade do treinamento.

7. REFERÊNCIAS

- ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medicine*, Auckland, v. 33, n. 7, p. 517-538, 2003.
- AHMAIDI S.; COLLOMP K.; CAILLAUD C.; PRÉFAUT C. Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects. . *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.13, n.3, p.243-248, 1992.
- ALLEN, W.K.; SEALS D.R.; HURLEY, B.F.; EHSANI, A.A.; HAGBERG, J.M. Lactate threshold and distance running performance in young and older endurance athletes. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.58, p.281-284, 1985.
- ASTORINO, T. A.; WILLEY, J.; KINNAHAN, J.; LARSSON, S. M.; WELCH, H., DALLECK, L. C. Elucidating determinants of the plateau in oxygen consumption at VO_2 max. *British Journal of Sports Medicine*. London, v.39, p. 655-660, 2005.
- ÅSTRAND, P. O.; B. SALTIN. Oxygen uptake during the first minutes of heavy muscular exercise. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.16, p.971–976, 1961.
- ÅSTRAND, P.O.; RODAHL K. *Textbook of work physiology*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1986.
- BALDARI, C.; GUEDETTI, L. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of maximal lactate steady state. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.32, n.10, p.1798-1802, 2000.
- BALIKIAN, P.; DENADAI, B. S. Aplicações do limiar anaeróbio determinado em teste de campo para o ciclismo: comparação com valores obtidos em laboratório. *Motriz*, Rio Claro. v.2, n.1, 1996.
- BASSET, F. A.; CHOUINARD, R.; BOULAY, M. R. Training profiles counts time-to-exhaustion performance. *Canadian Journal Applied Physiology*, Ottawa. v.28, n. 4, p. 654-666. 2003.

BASSETT, D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.32, n. 1, p. 70-84, 2000.

BENEDETTI, T. R. B.; PINHO, R. A. RAMOS, V. M. Dobras Cutâneas. In: PETROSKI, E. L. Antropometria: técnicas e padronizações. 3 ed. p. 45-56, 2007.

BENEKE, R.; HÜTLER, M.; VON DUVILLARD, S. P.; SELLENS, M.; LEITHÄUSER, R. M. Effect of test interruptions on blood lactate during constant workload testing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v. 35, n. 9, p. 1626-1630, 2003.

BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state implications for performance testing. *European Journal Applied Physiology*. Berlin, v.89, p. 95-99, 2003.

BENEKE, R.; HÜTLER, M.; LEITHÄUSER, R.M. Maximal lactate steady state independent of performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v. 32, n. 6, p. 1135-1139, 2000.

BERG, A.; JOKOB, M.; LEHMANN, H. H.; DICKHUTH, G.; HUBER, J. Aktuelle Aspekte der modernen ergometrie. *Pneumologie*. v. 44, p. 2-13, 1990.

BERTHOIN, S.; PELAYO, P.; LENSEL-CORBEL, G.; ROBIN, H.; GERBEAUX, M. Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.17, p. 525-529, 1996.

BILLAT, V.L. Interval training for performance: a scientific and empirical practice special recommendations for middle and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sports Medicine*, Auckland, v.31, p.13-31, 2001.

BILLAT, V. L.; SIRVENT, P.; LEPRETRE, P. M.; KORALSZTEIN, J. P. Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance runners. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v. 447, p. 875-883, 2004.

BILLAT, V. L.; SIRVENT, P.; PY, G.; KORALSZTEIN, J. P.; MERCIER, J. The Concept of Maximal Lactate Steady State: A Bridge Between Biochemistry, Physiology and Sport Science. *Sports Medicine*, Auckland, v.33, n.6, p. 407-426, 2003.

BILLAT, V. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: recommendations for long-distance running. *Sports Medicine*, Auckland, v.22, p.157-175, 1996.

BILLAT, V.L.; FAINA, M.; SARDELLA, F.; MARINI, C.; FANTON, F.; LUPO, S; FACCINI, P.; De ANGELIS, M.; KORALSZTEIN, J.P.; DALMONTE, A. A comparison of time to exhaustion at VO_2 max in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics*, London, v.39, p. 267-277, 1996.

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

BILLAT, V.L.; RENOUX, J.C.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, J.P. Reproducibility of running time to exhaustion at VO_2 max in subelite runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v. 26, p. 254-257, 1994b.

BILLAT, V.; BERNARD, O.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, J.P. Time to exhaustion at VO_2 max and lactate steady state velocity in sub elite long-distance runners. *Archives Internationales de Physiologie, de Biochimie et de biophysique*, v. 102, p. 215-219, 1994.

BILLAT, V.; KORALSZTEIN, J.P. Significance of the velocity at VO_2 max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Medicine*, Auckland, v.22, n. 2, p. 90-108, 1996.

BODNER, M. E.; RHODES, E. C. A review of the concept of the heart rate deflection point. . *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 30, n.1, p. 31-46, 2000.

BOURDON, P. Blood lactate transition threshold: concepts and controversies. In: GORE J. Physiological tests for elite athletes. *Human Kinetics*. Champaign. 50-65, 2000.

BRANDON, L. J. Physiological factors associated with middle-distance running performance. *Journal of Sports Science*, London, v.19, p. 268 - 277, 1995.

BRANDON, L. J.; BOILEAU, R. A. The contribution of selected variables to middle a long distance runs performance. *Journal of Sports Science*, London, v.27, p.157-164, 1987.

CAMBRI, L. T.; PIASECKI, F.; GONZÁLEZ DE SUSO, J. M.; GEVAERD, M. S.; DE-OLIVEIRA, F. R. Método D_{máx} no teste de Léger-Boucher em atletas meio fundistas e fundistas feminino. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, São Paulo, v. 13, p. 83-83, 2005.

CARMINATTI, L. J. *Validade de limiares anaeróbios derivados do teste incremental de corrida intermitente (TCAR) como preditores do máximo steady-state de lactato em jogadores de futsal*. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) CEFID/UDESC, Florianópolis, 2006.

CAZORLA, G. Comment évaluer et développer la capacité aérobie. Bulletin de liaison et d'information des enseignants d'E. P. S. Formation continue. *Académie de Bordeaux*. p. 6-33, 1992.

CHENG, B.; KUIPERS, H.; SNYDER, A.C.; KEIZER, H. A.; JEUKENDRUP, A.; HESSELINK, M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.13, n.7, p. 518-22, 1992.

CHICHARRO, J.L.; ARCE, J.C.L. *Umbral anaeróbio: bases fisiológicas y aplicacion*. Madrid, McGraw-Hill, Interamericana, 1991.

CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIGLIO, P. G.; DROGHETTI, P.; CODECA, L. Determination of the anaerobic threshold by noninvasive field test in runners. *Journal Applied Physiology*, Bethesda, v. 52, p.869-873, 1982.

CONCONI, F.; GRAZZI, G.; CASONI, I.; GUGLIELMINI, C.; BORSETTO, C.; BALLARIAN, E.; MAZZONI, G.; PATRACCHINI, M.; MANFREDINI, F. The Conconi Test: Methodology After 12 years of Application. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.17, n. 7, p.509-519, 1996.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE ATLETISMO. Recordes mundiais. Disponível em: < <http://www.cbat.org.br/estatisticas/recordes> >. Acessado em: 30 out. 2008.

COSTILL, D. L.; THOMASON, H.; ROBERTS, E. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison. v.5, n. 4, p. 248-52, 1973.

COYLE, E. F.; MARTIN, W. H.; EHSANI, A. A.; HAGBERG, J. M.; BLOOMFIELD, S. A.; SINACORE, D. R.; HOLLOSZY, J. O. Blood Lactate Threshold in Some Well-Trained Ischemic Heart Disease Patients. *Journal Applied Physiology*, Bethesda, v.54, 18-23, 1983.

DANIELS, J.N.; SCARDINA, N.; HAYES, J.; FOLET, P. Elite and sub elite female middle- and long-distance runners. In: LANDERS, D.M. (Ed.). *Sport and elite performers*. Champaign (IL): Human Kinetics, p.57-72, 1984.

DENADAI, B. S. Fatores fisiológicos associados com o desempenho em exercícios de média e longa duração. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*. Londrina, v. 1, n. 4, p. 82-91, 1996.

DENADAI, B. S. *Índices Fisiológicos de Avaliação Aeróbia: Conceitos e Aplicações*. Ribeirão Preto: B.S.D., 1999.

DENADAI, B. S. Intensidade e tempo de exaustão a 100% do VO₂max: implicações para o treinamento e a performance. *Revista de Educação Física*. Rio de Janeiro, v.124, p. 23-36, 2000b.

DENADAI, B. S. Limiar anaeróbio: considerações fisiológicas e metodológicas. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*, v.1, n. 2, p. 74-88, 1995.

DENADAI, B.S. (org.) *Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo*. Motrix, Rio Claro, 2000.

DENADAI, B.S.; GOMIDE, E.B.G.; GRECO, C.C. The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity, and maximal lactate steady state in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Lawrence Kansas, v.19, n.2, p. 364-368, 2005.

DENADAI, B.S.; ORTIZ, M.J.; MELLO, M.T. Índices fisiológicos associados com a performance aeróbia em corredores de endurance: efeitos da duração da prova. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. São Paulo, v.10, n. 5, p. 401-404, 2004.

DE-OLIVEIRA, F. R. *Predição dos Limiares de Lactato e Ajustes de Frequência Cardíaca no Teste de Léger - Boucher*. San Sebastián: Universidade do País Basco, 2004. 228p.

DIAZ, R. F.; LÓPEZ, F. J. B.; *Bioestatística*. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

DUCAN, G.; HOWLEY, E. T.; JOHNSON, B. N. Applicability of VO_{2max} criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v. 29, n. 2, p. 273-278, 1997.

EVANS, E. M.; ROWE, D. A.; MISIC, M. M.; PRIOR, B. M. ARNGRÍMSSON, S. A. Skinfold prediction equation for athletes developed using a four-component model. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.37, n.11, p. 2006-2011, 2005.

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

FARREL, P. A.; WILMORE, J. H.; COYLE, E. F.; BILLING, J. E.; COSTILL, D. L. Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.11, n. 44, p. 338-44, 1979.

FIGUEIRA, T. R.; CAPUTO, F.; PELARIGO, J. G.; DENADAI, B. S. Influence of exercise mode and maximal lactate-steady-state concentration on the validity of OBLA to predict maximal lactate-steady-state in active individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v.11, p. 280—286, 2008.

FINARDI, D. W.; CAMBRI, L. T.; GEVAERD, M. S.; DE-OLIVEIRA, F. R. Evidências de validade da utilização da FC para identificação do limiar de transição fisiológica através do método $D_{máx}$ em corredores de alto nível. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Biodinâmica*. p. 46, 2006.

FLEISCHMANN, E.; KALINOVSKY, F.; DE-OLIVEIRA, F. R.; KISS, M. A. P. D. M. Validade da velocidade de limiar de lactato de 3,5 mmol/l identificada através de teste em pista de atletismo. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, p. 16-25, 1995.

FLETCHER, W. R.; HOPKINS F. G. Lactic acid in amphibian muscle. *Journal Physiology*. London, v. 35, p. 247-309, 1907.

FRANCIS, K. T.; McLATCHEY, P. R.; SUMSION, J. R.; HANSEN, D. E. The relationship between anaerobic threshold and heart rate linearity during cycle ergometry. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v. 59, p. 273-77, 1989.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. Lactate and ventilatory threshold: Disparity in time course of adaptation to training. *Journal Applied Physiology*, Bethesda, v.61, p. 999 - 1004, 1986.

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

GRANT, S.; CRAIG, I.; WILSON, J.; AITCHISON, T. The relationship between 3km running performance and selected physiological variables. *Journal of Sports Science*, London, v.15, p. 430-410,1997.

GRECO, C. C. *Limiar anaeróbio (4mM de lactato sangüíneo), velocidade crítica determinada a partir de diferentes distâncias e performance aeróbia em nadadores e nadadoras de 10 a 15 anos*. Tese (Doutorado em Educação Física). Campinas, São Paulo: 2003.

GREEN, H.J.; SUTTON, J. R.; CYMERMAN, A.; YOUNG, P. M.; HOUSTON, C.S. Operation Everest II: muscle energetics during maximal exhaustive exercise. *Journal Applied Physiology*, Bethesda, v. 66, p. 142–50, 1989a.

GREEN, H.J.; SUTTON, J. R.; CYMERMAN, A.; YOUNG, P. M.; HOUSTON, C.S. Operation Everest II: adaptations in human skeletal muscle. *Journal Applied Physiology*, Bethesda, v. 66, p. 2454–61,1989b.

GUGLIELMO, L. G. A. *Efeitos de diferentes tipos de treinamento sobre a intensidade e o tempo de exaustão a 100% do VO₂max*. Tese (Doutorado em Ciências da Motricidade). São Paulo: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, 2005.

HAVERTY, M.; KENNEY, W. L.; HODGSON, J. L. Lactate and gas exchange responses to incremental and steady state running. *British Journal of Sports Medicine*, London, v. 22, p. 51-54, 1988.

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

HILL, A. V.; LONG, C. N. H.; LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen: Parts VII-VIII. *Proc. Roy. Soc. B* 97:155–176, 1924.

HILL, A. V.; LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Quartely Journal of Medicine*. v.16, p.135–171, 1923.

HILL, D. W.; ROWELL, A.L. Running velocity at VO₂max. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v. 28, p. 114-119, 1996.

HILL, D. W.; WILLIAMS, C. S; BURT, S. E. Responses to exercise at 92% and 100% of the velocity associated with VO₂max. *International Journal Sports Medicine*, Stuttgart, v.18, p. 325-329, 1997.

HILL, D.W. Energy system contribution in middle-distance running events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.17, p.477-483, 1999.

IVY, J.; WITHERS, R.; HANDEL, P.; ELGER, D.; COSTILL, D. Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *Journal of Applied Physiology: Respiratory Environmental Exercise Physiology*, Bethesda, v. 48, p. 523-527, 1980.

JACOBS, I. Lactate, muscle and exercise performance in man. *Acta Physiological Scandinavia*, suppl. 495, 1981.

JOHNSTON, R. E.; QUINN, T. J.; KERTZER, R.; VROMAN, N. B. Strength training in female distance runners: impact on running economy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Lawrence Kansas, v.11, p. 224-229, 1997.

JONES, A.M., DOUST, J. H. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetics cost of outdoor running. *Journal of Sports Science*, United kingdom, v.14, p. 321-327, 1996.

KARA, M.; GOKBEL, H.; BEDIZ, C.; ERGENE, N.; UÇOK, F.; UYSAL, H. Determination of the heart rate deflection point by the Dmax method. *Journal Sports Medicine Physiology Fitness*. v. 36, n.1, p. 31-34, 1996.

KARVONEN, M. J.; KENTALA, E.; MUSTALA, O. The effects of training on heart rate: a longitudinal study. *American Medicine Experimentalis et Biologiae Fenniae*. V. 35, n.3, p. 307-15, 1957.

KENNEY, W. L.; HODGDON, J. L. Variables predictive of performance in elite middle-distance runners. *British Journal of Sports Medicine*, v.19, n.4, p. 207-209, 1985.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL J. The significance of the aerobic transition for determination of work load intensities during endurance training. *European Journal Applied Physiology*, Berlin, v. 42, p.25-34, 1979.

KRANENBURG, K.; SMITH, D. Comparison of critical speed determined from track running and treadmill tests in elite runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v. 28, p. 614-618, 1996.

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

LACOUR, J. R.; MONTMAYER, A.; DORMOIS, D.; GACON, G.; PADILLA, S.; VIALE, C. Validation de l'épreuve de mesure de la vitesse maximale aérobie (VMA) dans un groupe de coureurs de haut niveau. *Science Motricité*, v. 7, p.3-8, 1989.

LACOUR, J.R.; PADILLA-MAGUNACELAYA, S.; BARTHÉLÉMY, J.C.; DORMOIS, D. The energetics of middle distance running. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.60, p.38-43, 1990.

LACOUR, J. R.; PADILLA-MAGUNACELAYA, S.; CHATARD, J.C.; ARSAC, L.; BARTHÉLÉMY, J. C. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology*. Berlin, 62, p.77-82, 1991.

LAURSEN, P.B., JENKINS, D.G. The scientific basis for high-intensity interval training. *Sports Medicine*, Auckland, v. 32, p. 53-73, 2002.

LAURSEN, P.B.; SHING, C.M.; PEAKE, J.M.; COOMBES, J.S.; JENKINS, D.G. Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, 34: 1801-1807, 2002.

LÉGER, L.; BOUCHER, R. An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montreal track test. *Canadian Journal Applied Sport Science*. v.5, n.2, p. 77-84, 1980.

LÉGER, L.; MECIER, D. Coût énergétique de la course sur tapis roulant et sur piste. Une synthèse des courbes publiées. *Motricité humaine*, v. 2, p.66-69, 1983.

LIMA, J. R. P. *Freqüência cardíaca em cargas crescentes de trabalho: ajuste sigmóide, ponto de inflexão e limiar de variabilidade da freqüência cardíaca*. Tese (Doutorado em Educação Física) EEFÉ – USP: São Paulo, 1997.

LINDSAY, F.H.; HAWLEY, J.A.; MYBURGH, K.H.; SCHOMER, H.H.; NOAKES, T.D.; DENNIS, S.C. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v. 28, p. 1427-1434, 1996.

LUCIA, A.; HOYOS, J.; CHICHARRO, J. L. Physiology of professional road cycling. *Sports Medicine*, Stuttgart, v. 31, n. 5, p. 325-337, 2001.

MADER, A.; LIESEN, H.; HECK, H.; PHILIPPI, H.; ROST, R.; SCHÜRCH, P.; HOLLMANN, W. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labot. *Sportarzt and Sportmedizin*, v.27, p. 109-112, 1976.

MCLELLAN, T. M.; CHEUNG, K. S. Y. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and critical power. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.4, n.5, p. 543-550, 1992.

MECIER, D.; LÉGER, L. Prédiction de la performance en course a pied a partir de la puissance aérobie maximale: Effet de la distance, du sexe et de la spécialité. *Revue des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives*, v.7, n. 14, 1986.

MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of synergy muscular group. *Ergonomics*, v.8, p. 339-50, 1965.

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

MORGAN, D.W.; BALDINI, F.D.; MARTIN, P.E.; KOHRT, W.M. Ten kilometer performance and predict velocity at VO₂max among well-trained male runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.21, p.78-83, 1989.

NICHOLSON, R. M.; SLEIVERT, G. G. Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v. 33, n.2, p. 339-342, 2001.

NOAKES, T.D. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: A contemporary perspective. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.20, p.319-330, 1988.

NOAKES, T.D.; MYBURGH, K.H.; SCHALL, R. Peak treadmill running velocity during the VO₂max test predicts running performance. *Journal of Sports Science*, London, v.8, p.35-45, 1990.

NOAKES, T. D. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptation predict or enhance athletic performance. *Scandinavian Journal of Medicine e Science in Sports*, Copenhagen, v.10, p. 123-45, 2000.

NUMMELA, A.T.; PAAVOLAINEN, L.M.; SHARWOOD, K.A.; LAMBERT, M.I.; NOAKES, T.D.; RUSKO, H.K. Neuromuscular factors determining 5km running

performance and running economy in well trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.97, p.1-8, 2006.

OLIVEIRA, F.R.; GAGLIARDI, J.F.L.; KISS, M.A.P.D.M. Proposta de referências para a prescrição de treinamento aeróbio e anaeróbio para corredores de média e longa duração. *Revista Paulista de Educação Física*. São Paulo, v. 8, p. 68-76, 1994.

PAAVOLAINEN, L.M.; HÄKKINEN, K.; HAMALAINEN, I.; NUMMELA, A.T.; RUSKO, H.K. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscular power. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.86, p.1527-1533, 1999.

PAAVOLAINEN, L.; NUMMELA, A.; RUSKO, K.; HÄKKINEN, K. Neuromuscular characteristics and fatigue during 10-km running. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 20, p.1–6, 1999b.

PIASECKI, F.; DE-OLIVEIRA, F. R.; CAMBRI, L. T.; GONZÁLEZ DE SUSO, J. M.; GEVAERD, M. S. Aplicação do método Dmax no teste de Léger-Boucher. In: 17 Congresso Brasileiro de Medicina do Esporte, 2005, São Paulo. *Anais do 17 Congresso Brasileiro de Medicina do Esporte*, 2005.

RIBEIRO, J. P. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício. Aspectos fisiológicos e metabólicos. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, São Paulo, v.65, p. 171-181, 1995.

RIBEIRO, J. P.; FIELDING, R.A.; HUGHES, V.; BLACK, A.; BOCHESE, M.A.; KNUTTGEN, H.G. Heart rate break point may coincide with the anaerobic threshold and not the aerobic threshold. *International Journal of Sports Science*, Stuttgart, v.6, p. 220-24, 1985.

ROWAN C.; LÉGER L.; LAVOIE J. M. Aerobic multi-stage field tests. *Coaching Review*. p. 43-47, 1986.

SCOTT B. K., HOUMARD J. A. Peak running velocity is highly related to distance running performance. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.15, p. 504-507, 1994.

SCRIMGEOUR, A.G.; NOAKES, T. D.; ADAMS, B.; MYBURGH, K. The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximal aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.55, p. 202-209, 1986.

SHEPAHRD, R. J. Tests of Maximum oxygen intake. A critical review. *Sports Medicine*, Auckland, v. 1, p.99-124, 1984.

SILVA, A. C.; TORRES, F. C. Ergoespirometria em atletas paraolímpicos brasileiros. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. São Paulo, v.8, n.3, p. 107-116, 2002.

SIRI, W.E. Body composition from fluid spaces and density. In: BROZEK, J.; HENSCHHEL, A. (Eds.). *Techniques for measuring body composition*. Washington: National Academy of Science, p.223-244, 1961.

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

SPENCER, M.R.; GASTIN, P.B. Energy system contribution during 200 to 1500m running in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.33. p.157-162, 2001.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *International Journal Sports Medicine*, Stuttgart, v. 2, p. 160 - 165, 1981.

TANAKA, K.; MATSUURA, Y. Marathon performance, anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.57, p.640-643, 1984.

TANAKA, K.; MATSUURA, Y.; MATSUZAKA, A.; HIRAKOBA, K.; KUMAGAI, S; SUN, S.O.; ASANO, K. A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.16, p.278-282, 1984.

TAYLOR, H. L.; BUSKIRK, E.; HENSCHHEL, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *Journal Applied Physiology*. Bethesda, 1955.

WASSERMAN, K.; HANSEN, J. E.; SUE, D. Y.; WHIPP, B. J. *Principles of Exercise Testing and Interpretation*. 2nd ed., Philadelphia, Lea and Febiger, 1994.

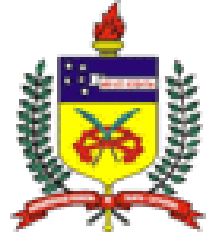
WELTMAN, J.; SEIP, R.; LEVINE, S.; SNEAD, D.; ROGOL, A.; WELTMAN A. Prediction of lactate threshold and fixed blood lactate concentrations from 3200-m time trial. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.10, n.3, p. 207-11, 1989.

WEYAND, P.; CURETON, K.; CONLEY, D.; SLONIGER, M. Percentage anaerobic energy utilized during track running events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.25, 1993.

ANEXO 1**Termo de consentimento livre e esclarecido**



Universidade Federal de Santa Catarina
 Departamento de Educação Física
 Centro de Desportos



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Titulo do Projeto: Avaliação da aptidão aeróbia de corredores de *endurance*:
 comparação e validação de protocolos de laboratório e campo.

Você está sendo convidado a participar como voluntário da pesquisa intitulada: Avaliação da aptidão aeróbia de corredores de *endurance*: comparação e validação de protocolos de laboratório e campo, a ser realizada junto ao Laboratório de Esforço Físico (LAEF), vinculado ao Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Com sua adesão ao estudo, você ficará disponível para a pesquisa em 7 sessões, de aproximadamente 60 minutos. Na primeira sessão, um avaliador preencherá uma ficha com seus dados pessoais, logo após você será submetido à avaliação antropométrica, na qual serão mensuradas as seguintes variáveis: massa corporal (kg), estatura (cm), dobras cutâneas (peitoral, axilar média, tríceps braquial, subescapular, suprailíaca anterior, abdominal e coxa), percentual de gordura corporal (%G), massa corporal magra (kg), massa de gordura (kg) e índice de massa corporal (IMC). Em seguida, será determinada a força explosiva dos membros inferiores (impulsão vertical) por meio de uma plataforma de força. Na segunda sessão, você será submetido a um protocolo de cargas crescentes, em esteira rolante (IMBRAMED MILLENUM SUPER ATL) para a determinação dos índices fisiológicos VO_2max , da vVO_2max e do LAn. A carga inicial será 12 km.h^{-1} (1% de inclinação), com incrementos de 1 km.h^{-1} a cada 3 minutos até à exaustão voluntária. Entre cada estágio, haverá um intervalo de 30 segundos para a coleta de sangue do lóbulo da orelha para a dosagem do lactato sanguíneo. Na terceira sessão, será aplicado com você um protocolo de teste em esteira rolante, para a determinação dos índices fisiológicos EC, $Tlim$ a 100% da vVO_2max . Inicialmente você realizará um aquecimento de 7 minutos a 12 km.h^{-1} , seguido por um descanso de 3 min. Posteriormente, você correrá por mais 8 minutos a 14 km.h^{-1}

¹, com o VO₂ sendo medido entre o 6^o e 7^o minuto, a partir do qual será determinada a EC. A seguir, você repousará por 5 minutos na esteira rolante e a intensidade será ajustada até 100% da vVO₂max, sendo que você deverá manter o esforço até a exaustão. O VO₂ será também mensurado continuamente durante todo o protocolo a partir do gás expirado. A frequência cardíaca será monitorada por um cardiofrequencímetro (Polar Vantage NV) em todos os testes realizados. Na quarta sessão, você realizará um teste progressivo em pista de atletismo de 400m (UFSC), com carga inicial de 8 km.h⁻¹, estágios de 2 min e incrementos de carga 1 km.h⁻¹. A cada 50m da pista serão posicionados cones, utilizados como referências de distâncias. De acordo com a velocidade de cada estágio, será estabelecido o tempo necessário para correr cada intervalo de 50m; sendo que no final de cada um destes intervalos serão emitidos sinais sonoros, a partir de um microcomputador e caixas de som, devendo coincidir com sua passagem pelo respectivo cone demarcador, o teste será encerrado quando você não conseguir manter o ritmo imposto. Nas próximas três sessões, você será submetido a uma repetição com intensidade máxima de corrida, em dias diferentes, nas distâncias de 1,5 km, 5 km e 10 km, registrando-se os tempos por meio de um cronômetro manual. Ao final de cada repetição (1, 3, 5, 7 e 9 minutos) serão coletadas amostras contendo 25 µl de sangue do lóbulo da orelha para a determinação do lactato sanguíneo.

Para participar deste estudo você deve estar apto para realizar exercícios físicos de alta intensidade. Da mesma forma, deve estar ciente que tem a possibilidade apresentar náuseas e vômito em decorrência do esforço na realização do teste. No entanto, menos de 1% da população americana apresenta desconforto durante a este tipo de teste (*American College of Sports Medicine*).

Os pesquisadores responsáveis por este estudo estarão preparados para qualquer emergência efetuando os primeiros socorros. A sua identidade será preservada, pois cada sujeito da amostra será identificado por número.

Quanto aos benefícios e vantagens em participar deste estudo, você estará contribuindo de forma única para o desenvolvimento da ciência, dando possibilidade a novas descobertas e o avanço das pesquisas, sendo que será possível sugerir a predição da sua *performance* em corridas de *endurance*, a partir dos índices fisiológicos, da distância da prova, do seu nível de aptidão aeróbia e podemos prescrever seu treinamento de maneira eficiente.

As pessoas que estarão lhe acompanhando será o professor Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo, o mestrando George Vieira além de alguns colaboradores.

Salientamos, ainda que você poderá retirar-se do estudo a qualquer momento. Do contrário, solicitamos a sua autorização para o uso de seus dados para a produção de artigos técnicos e científicos. A sua privacidade será mantida através da não-identificação do seu nome.

Agradecemos desde já a sua colaboração e participação.

PESSOAS PARA CONTATO:

Acadêmico: George Vieira

e-mail: george_vieira@hotmail.com

Tel: (48) 37219924 – Cel:(48) 96022102

Prof. Dr. Luiz Guilherme Guglielmo

e-mail: luizguilherme@cds.ufsc.br

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu compreendo que, neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos serão feitas em mim.

Declaro que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome por extenso _____

Assinatura _____

Florianópolis: ____/____/____

ANEXO 2

**Parecer do Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da UFSC
(Projeto 320/07)**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS – CEP
PARECER CONSUBSTANCIADO – PROJETO Nº 320/07

Título do Projeto: AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AERÓBICA

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo

Pesquisador Principal: George Vieira

Instituição onde será realizado o estudo: UFSC/CDS

Data da apresentação ao CEP: 17/10/07

Objetivo: Avaliar diferentes índices fisiológicos e neuromusculares obtidos nos protocolos de campo (VO_{2pico} , PV, PDFC e o LTF_2) e de laboratório (VO_{2max} , IVO_{2max} , cinética do VO_2 , $Tlim$, EC, LTF_2 e força de membros inferiores) com a performance de corrida em diferentes distâncias em corredores de endurance.

PARECER

Esse parecer trata do projeto de mestrado intitulado AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AERÓBICA, que deu entrada no CEP em 17/10/07, tendo como pesquisador responsável o Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo, do Departamento de Educação Física da UFSC e como pesquisador principal o mestrando George Vieira do Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

De acordo com a documentação apresentada ao CEP, esta pesquisa será realizada entre abril e maio de 2008.

A documentação apresentada traz a folha de rosto assinada pelo pesquisador responsável, bem como assinada e carimbada pelo Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, representando a instituição onde a pesquisa será realizada.

A pesquisa, orçada em 133,00 reais, que ocorrerá totalmente às custas do pesquisador principal, surge da preocupação com a performance aeróbica de corredores de provas de endurance, supondo que as relações entre os índices fisiológicos e a performance possam ser diferentes em respostas ao treinamento predominantemente aeróbio de alta intensidade. Sua finalidade é poder prever a performance e servir de referência para a prescrição do treinamento.

A pesquisa tem um delineamento qualitativo de natureza aplicada, e será realizada no Centro de Desporto da UFSC.

A amostra do estudo será composta de 10 corredores de meio fundo e fundo, treinados, do sexo masculino, sadios, não fumantes nem usuários de qualquer tipo de medicamento, com faixa etária entre 18 e 40 anos.

Dentre os itens que compõem a documentação, constam: folha de rosto, declaração do pesquisador principal e do pesquisador responsável de que cumprirão os termos da resolução CNS 196/96 e suas complementares; declaração do coordenador do Programa de pós-graduação em Educação Física da UFSC dando ciência de que aquela instituição está de acordo com a pesquisa e todas as exigências legais.

O TCLE está escrito de forma longa e detalhada, porém compreensível aos sujeitos da pesquisa.

Do ponto de vista formal o projeto apresenta-se bem estruturado e fundamentado.

O currículo dos pesquisadores mostra que os mesmos têm formação e produção na área, estando, portanto, qualificados à execução da pesquisa.

A investigação é pertinente e contribui para a busca de otimização da performance de atletas.

Pelo exposto, somos de parecer favorável.

Parecer do CEP:

aprovado


com pendência

retirado

não aprovado

- Data da Reunião

Florianópolis, 29 outubro de 2007.


Washington Portela de Souza
Coordenador

Fonte: CONEP/ANVS - Resoluções 196/96 e 251/97 do CNS.