

RICARDO ANTONIO D'ANGELO

**TESTES DE DESEMPENHO AERÓBIO RELACIONADOS A
INTENSIDADES DE CORRIDA EM TREINAMENTO E
COMPETIÇÃO PARA FUNDISTAS DE ALTO
RENDIMENTO.**

***AEROBIC PERFORMANCE TESTS RELATED TO TRAINING
AND COMPETITION RUNNING INTENSITIES FOR HIGH
PERFORMANCE DISTANCE RUNNERS.***

**Campinas
2013**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

RICARDO ANTONIO D'ANGELO

**TESTES DE DESEMPENHO AERÓBIO RELACIONADOS A
INTENSIDADES DE CORRIDA EM TREINAMENTO E
COMPETIÇÃO PARA FUNDISTAS DE ALTO RENDIMENTO.**

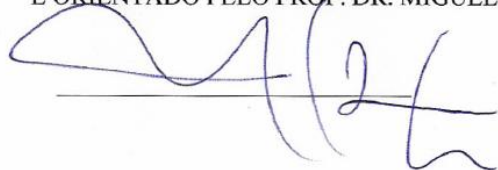
Orientador: Prof. Dr. Miguel de Arruda

***AEROBIC PERFORMANCE TESTS RELATED TO TRAINING AND
COMPETITION RUNNING INTENSITIES FOR HIGH PERFORMANCE
DISTANCE RUNNERS.***

Tese de Doutorado apresentada à Pós Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Educação Física na área de concentração de Ciência do Desporto.

Doctorate thesis presented to the PostGraduation Programme of the School of Physical Education of University of Campinas to obtain the Ph.D grade in Physical Education. Concentration area: Sport Science.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A VERSÃO FINAL DA TESE
DEFENDIDA PELO ALUNO RICARDO ANTONIO D'ANGELO,
E ORIENTADO PELO PROF. DR. MIGUEL DE ARRUDA



Campinas, 2013

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
DULCE INES LEOCÁDIO DOS SANTOS AUGUSTO – CRB8/4991
BIBLIOTECA “PROF. ASDRUBAL FERREIRA BATISTA”
FEF - UNICAMP**

D212t	<p>D’Angelo, Ricardo Antonio, 1961- Testes de desempenho aeróbio relacionados a intensidades de corrida em treinamento e competição para fundistas de alto rendimento / Ricardo Antonio D’Angelo. --Campinas, SP: [s.n], 2013.</p> <p style="text-align: center;">Orientador: Miguel de Arruda. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física.</p> <p style="text-align: center;">1. Lactatos. 2. Velocidade crítica. 3. Corredores de longa distancia. 4. Limiar anaeróbio. 5. Treinamento. I. Arruda, Miguel. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação Física. III. Título.</p>
-------	--

Título em inglês: Aerobic performance tests related to training and competition running intensities for high performance distance runners.

Varição acadêmica: D’Angelo, R. A.

Palavras-chave em inglês:

Lactates

Critical velocity

Distance runners

Anaerobic threshold

Training

Área de Concentração: Ciência do Desporto

Titulação: Doutor em Educação Física

Banca Examinadora:

Miguel de Arruda [Orientador]

Alexandre Moreira

Claudio Alexandre Gobatto

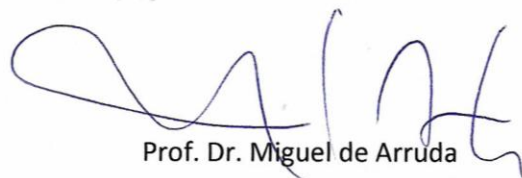
José Medalha

Mara Patrícia Traina Chacon Mikahil

Data da defesa: 26-02-2013

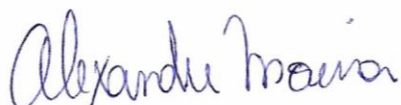
Programa de Pós-Graduação: Educação Física

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Miguel de Arruda

Orientador



Prof. Dr. Alexandre Moreira



Prof. Dr. José Medalha



Profa. Dra. Mara Patrícia Traina Chacon Mikahil



Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Mafalda, pelo carinho com que me ensinou o sentido da vida.

À Renata, Caio, Júlio e Letícia, pela compreensão de minha ausência e por quem amo e me dedico inteiramente;

AGRADECIMENTOS

Aos meus atletas, que possibilitaram a realização deste trabalho;

Ao Dr. Sérgio Luiz Coutinho Nogueira, pelo apoio e confiança sempre;

Ao Prof. Dr. Miguel de Arruda, pela amizade, oportunidade e ensinamentos no percurso acadêmico;

Ao Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto, pela amizade, incentivo, paciência e sabedoria;

Aos amigos Evandro Lázari e Gustavo Gomes de Araújo, pelo companheirismo e cooperação sempre;

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

D'ANGELO, Ricardo Antonio: **Testes de desempenho aeróbio relacionados a intensidades de corrida em treinamento e competição para fundistas de alto rendimento.** 2013. Tese (Doutorado em Educação Física), Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2013.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi relacionar testes de desempenho aeróbio utilizados para estimar o limiar anaeróbio (LAn) com intensidades de corrida em treinamento e competição. Os testes aplicados foram velocidade crítica (Vcrit) e máxima fase estável de lactato (MFEL) e a amostra do estudo fundistas de alto rendimento. Estudos preliminares foram desenvolvidos para avaliar a confiabilidade e aplicabilidade da ferramenta utilizada na determinação de um parâmetro fisiológico de carga confiável (LAn). A metodologia utilizada foi descrita apresentando as técnicas e procedimentos para coletar os dados, assim como a seleção da amostra e o tratamento estatístico. O protocolo de teste de Vcrit para estimar o LAn, quando aplicado no modelo distância vs tempo e com tomada de tempo para 4 distâncias e 3 distâncias se mostrou eficaz e confiável, uma vez que não foram encontradas diferenças significativas nos valores dessas variáveis. A aplicação dos instrumentos de monitoramento de carga, percepção subjetiva de intensidade (PSI) e percepção subjetiva de cansaço (PSC) se mostraram eficazes na escolha dos métodos, meios de treinamento e vias metabólicas trabalhadas quando relacionados à dinâmica de carga do microciclo-tipo, entretanto, não foram suficientemente sensíveis para identificar diferenças na acurácia entre as equações de predição de MFELmc e MFELms. Houve boa correlação entre as melhores marcas dos atletas na Meia Maratona vs Distância Limite e Meia Maratona vs Tempo Limite ($r = -0,8$ e $r = -0,6$, respectivamente). As intensidades de corrida em competições oficiais de Meia Maratona, a Vcrit real e a MFELms mostraram importante relação na determinação de velocidades de treinamento e competições. Os métodos e meios de treinamento de fundistas de alto rendimento foram identificados e caracterizados, concluindo que o treinamento organizado contendo intensidades de corrida preditas através de parâmetros confiáveis deve prevalecer na busca do melhor desempenho possível. Os resultados atléticos conhecidos até o presente momento indicam a relevância de estudos fundamentados em respostas fisiológicas diretas para aplicação de intensidades de corrida em fundistas de elevado rendimento.

Palavras chave: Lactato, Velocidade crítica, Corredores de longa distância, Limiar anaeróbio, Treinamento.

D'ANGELO, Ricardo Antonio: **Aerobic performance tests related to training and competition running intensities for high performance distance runners.** 2013. Thesis (Doctorate in Physical Education), Faculty of Physical Education, State University of Campinas, Campinas, SP, 2013.

ABSTRACT

The purpose of this study was to relate aerobic performance tests used to estimate the anaerobic threshold (AT) to running intensities in training and competition. The tests applied were critical speed (CS) and maximal lactate steady state (MLSS) and study sample high performance distance runners. Preliminary studies were developed as part of the literature review to support the tool that was used to determine a reliable load physiological parameter (AT), easily applicable and highly replicable. The methodology was described presenting the techniques and procedures for collecting data, as well as sample selection and statistical analysis. The CS test protocol to estimate the AT showed to be effective and reliable when applied to the distance *vs* time model by collecting the time for 4 distances and 3 distances, once no significant differences were found in the values of these variables. The application of the subjective perception of intensity (SPI) and subjective perception of fatigue (SPF) load tools for monitoring showed to be effective on the choice of methods, means training and metabolic pathways when related to microcycle-type dynamic loading, however, were not sufficiently sensitive to identify differences in accuracy between MLSS_{cm} and MLSS_{sm} prediction equations. There was a good correlation between athletes personal bests Half Marathon *vs* Distance Limit and Half Marathon *vs* Time Limit ($r = -0.8$ and $r = -0.6$, respectively). The running intensities at Half Marathon official competitions, the real CS and MLSS_{sm}, showed an important relation to determine the speed on training and competitions. The methods and means of training for high performance distance runners were identified and characterized, concluding that the organized training that contains predicted running intensities through reliable parameters should prevail in pursuit the best performance. The athletics results known so far indicate the relevance of studies based on direct physiological responses to application of intensities on high performance distance runners.

Key words: Lactate, Critical velocity, Distance Runners, Anaerobic threshold, Training.

LISTA DE FIGURAS

ESTUDO 1:	Pág.
Figura 1. Gráficos que exemplificam as retas de regressão obtidas a partir do teste de Vcrit.....	32
Figura 2. Valores médios \pm erro padrão da média das concentrações de lactato encontradas no teste de MFEL, observadas em cargas correspondentes a 100, 98, 95 e 90% da Vcrit.....	33
Figura 3. Reta de regressão obtida a partir dos resultados de Vcrit e MFELmc e equação de predição da MFEL.....	34
 ESTUDO 2:	
Figura 1. Gráficos que exemplificam as retas de regressão obtidas a partir do teste de Vcrit.....	49
Figura 2A. A figura 2A indica os valores médios \pm erro padrão da média das concentrações de lactato encontradas no teste de MFELmc.....	51
Figura 2B. Na figura 2B encontram-se os valores médios \pm erro padrão da média das concentrações de lactato sanguíneo encontradas no teste de MFELms.....	51
Figura 3. Reta de regressão obtida a partir dos resultados de Vcrit e MFELms e equação de predição da MFEL.....	53
 ESTUDO 3:	
Figura 1. Momento de aplicação das intensidades de MFELmc e MFELms na periodização do treinamento	70
Figura 2. Curvas da percepção subjetiva de cansaço (PSC inicial e final) e percepção subjetiva de intensidade (PSI) ao longo de um microciclo plotadas sobre a dinâmica de cargas de um microciclo-tipo.....	75
 ESTUDO 5:	
Figura 1. Indica os ciclos plurianuais planejados.....	102
Figura 2. Modelo de periodização específico utilizado para maratona....	103
Figura 3. Dinâmica de cargas aplicadas a um microciclo-tipo.....	104
Figura 4. Valores médios \pm erro padrão da média das concentrações de lactato encontradas no teste de MFEL.....	105
Figura 5. Exemplo de sessões de treinamento no MCCV utilizando a combinação de zonas-alvo de capacidade e potência.....	106
Figuras A, B e C. Apresentam exemplos de três microciclos-tipo utilizados nos PPG, PPE1 e PPE2, caracterizados por suas sessões de trabalho, volume, meios, metodologias e vias metabólicas, empregados na preparação do atleta para os Jogos Olímpicos de Atenas, 2004.....	107

LISTA DE QUADROS

	Pág.
Quadro 1. Cronograma de coleta de dados.....	61

LISTA DE TABELAS

	Pág.
ESTUDO 1:	
Tabela 1. Características dos participantes.....	28
Tabela 1a. Valores descritivos da medidas antropométricas.....	29
Tabela 2. Valores dos resultados para as quatro distâncias do teste de Vcrit.....	31
ESTUDO 2:	
Tabela 1. Características dos participantes.....	44
Tabela 1a. Valores descritivos da medidas antropométricas.....	45
Tabela 2. Valores dos resultados para as quatro distâncias do teste de Vcrit.....	48
Tabela 3. Valores de intensidade, concentrações de lactato sanguíneo e porcentual da Vcrit real encontrados nos testes de MFEL modelos clássico e simplificado.....	50
Tabela 4. Porcentuais referentes à intensidade encontrada no teste de MFEL – modelo clássico (MFELmc), MFEL – modelo simplificado (MFELms) e velocidade de competição em 10 km (VC10km) relacionadas com a Vcrit real.....	52
Tabela 5. Teste de Tlim: tempo (T) e distância (D) de exaustão e concentrações de lactato sanguíneo no repouso (LacR) e no esforço (LacE). Melhor tempo de competição em 10 km.....	54
METODOLOGIA:	
Tabela 1. Escala de Cansaço com 15 níveis.....	63
Tabela 2. Escala de intensidade do treinamento.....	63
ESTUDO 3:	
Tabela 1. Valores descritivos das medidas antropométricas.....	69
Tabela 2. Escala de Cansaço com 15 níveis (6-20).....	71
Tabela 3. Escala de intensidade do treinamento.....	71
Tabela 4. Valores dos resultados para as quatro distâncias do teste de Vcrit coletados anualmente ao longo do ciclo 2009 – 2012.....	73
Tabela 5. Valores dos resultados para três distâncias (800m, 1.500m e 3.000m) do teste de Vcrit coletados anualmente ao longo do ciclo 2009 – 2012.....	73
Tabela 6. Valores dos resultados para três distâncias (1.500m, 3.000m e 5.000m) do teste de Vcrit coletados anualmente ao longo do ciclo 2009 –	74

2012.....	
Tabela 7. Valores de intensidade expressos em km/h para teste de Vcrit considerando coletas de tempo para 4D, 3D-5 e 3D-8.....	74
Tabela 8. Valores médios \pm EPM intragrupo dos conceitos numéricos atribuídos pelos atletas a PSC e PSI.....	75
Tabela 9. Valores de MFELmc, MFELms e LAn para cada um dos modelos de Vcrit (4D, 3D-5 e 3D-8).....	76
ESTUDO 4:	
Tabela 1. Valores descritivos das medidas antropométricas.....	86
Tabela 2. Valores dos resultados para as quatro distâncias do teste de Vcrit coletados anualmente ao longo do ciclo 2009 a 2012.....	89
Tabela 3. Valores de MFELmc, MFELms e LAn para o modelo de Vcrit com coleta de tempos em 4 distâncias.....	89
Tabela 4. Melhores marcas pessoais dos atletas na distância de meia maratona (21,097m) em cada uma das 4 temporadas do ciclo 2009 – 2012.....	90
Tabela 5. Porcentuais referentes à intensidade encontrada no teste de MFEL – modelo simplificado (MFELms) e velocidade de competição em Meia Maratona (MMHM) relacionadas com a Vcrit real.....	90
Tabela 6. Teste de Tlim: tempo (T) e distância (D) de exaustão e concentrações de lactato sanguíneo no repouso (LacR) e no esforço (LacE). Melhor tempo de competição em Meia Maratona (21,097m).....	91
Tabela 7. Índice de desempenho: $\Delta\%$ de desempenho ao longo do ciclo 2009 – 2012.....	92

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

3D-5	Três distâncias excluindo os 5.000m
3D-8	Três distâncias excluindo os 800m
4D	Quatro distâncias
AB	Abdominal
Br	Circunferência de Braço
cm	Centímetros
CP	Ciclo Plurianual
CTA	Capacidade de Trabalho Anaeróbio
CV	Coeficiente de Variação
CX	Coxa
CXm	Coxa medial
D	Distância
EPM	Erro Padrão da Média
EPO	Eritropoietina
Fe	Circunferência de Fêmur
h	Hora
HM	Meia Maratona
IAAF	<i>International Association of Athletics Federation</i>
ID	Índice de Desempenho
IMC	Índice de Massa Corporal
IMT	Idade média de treinamento sistemático
kg	Quilogramas
km	Quilômetros
LacE	Concentração de lactato sanguíneo no esforço
LacR	Concentração de lactato sanguíneo no repouso
LAn	Limiar Anaeróbio
m	Metros
m²	Metros quadrados
MAnt	Medidas Antropométricas
MC1	Microciclo 1

MC2	Microciclo 2
MCCV	Método de Corrida Contínua Variável
MFEL	Máxima Fase Estável de Lactato
MFELmc	Máxima Fase Estável de Lactato modelo clássico
MFELms	Máxima Fase Estável de Lactato modelo simplificado
min	Minuto
MMHM	Melhor marca em Meia Maratona
mmol/L	Mililitros por molécula por litro
MS1	Mesociclo 1
PCO₂	Pressão parcial de Gás Carbônico
PG	Porcentual de Gordura
pH	Potencial Hidrogeniônico
PPE1	Período de Preparação Especial 1
PPE2	Período de Preparação Especial 2
PPG2	Período de Preparação Geral 2
PSC	Percepção Subjetiva de Cansaço
PSI	Percepção Subjetiva de Intensidade
PT	Peitoral
Pu	Circunferência de Punho
R²	Coefficiente de determinação da regressão
s	Segundo
SE	Sub-escapular
SI	Supra-ilíaca
T	Tempo
Tlim	Tempo Limite (Tempo de Exaustão)
TR	Tríceps
VC10km	Velocidade de competição em 10km
Vcrit	Velocidade Crítica
VKM	Volume em quilómetros por microciclo
VO_{2max}	Consumo Máximo de Oxigênio
μL	Microlitros

SUMÁRIO

	Pág.
Capítulo 1. Formulação do estudo.....	23
1.1. Introdução.....	23
1.2. Justificativa.....	26
1.3. Objetivos.....	28
1.3.1. Objetivo geral.....	28
1.3.2. Fundamentação teórica.....	28
1.3.3. Objetivos específicos.....	28
Capítulo 2. Fundamentação teórica.....	31
2.1. Estudo 1.....	31
2.2. Estudo 2.....	47
Capítulo 3. Métodos.....	67
3.1. Amostra.....	67
3.2. Desenho experimental.....	67
3.3. Técnicas e instrumentos.....	68
3.4. Aspectos éticos.....	71
3.5. Análise estatística.....	72
Capítulo 4. Resultados.....	73
4.1. Estudo 3.....	73
4.2. Estudo 4.....	93
4.3. Estudo 5.....	109
Capítulo 5. Conclusão.....	127
Referencias bibliográficas.....	129
Anexo I.....	135

CAPITULO 1: FORMULAÇÃO DO ESTUDO

1.1. INTRODUÇÃO

A corrida, particularmente a de fundo (distâncias entre 3000m à maratona, 42,195m), constitui-se atualmente em um fenômeno sócio-desportivo-cultural que apresenta capacidade de movimentar grandes massas de participantes. Dentre esses, a grande maioria é composta por pessoas que praticam a corrida com objetivos de melhora da qualidade de vida e da saúde. Tal população acrescenta a seus anseios a melhora do desempenho, uma vez que o exercício da corrida impõe variáveis de mensuração como tempo e distância.

No segmento dos atletas profissionais, que buscam objetivamente a melhora contínua do desempenho, acompanhamos nas últimas duas décadas significativa evolução nos resultados das corridas de fundo, especialmente na maratona. Desde 1985, os recordes mundiais dessa prova foram melhorados por seis minutos (4%) na categoria feminino (2h21min06s para 2h15min25s) e por três minutos (2%) na categoria masculino (2h07min12s para 2h04min55s) (BILLAT, 2005). Mais recentemente, de 2003 a 2011, o recorde da categoria masculino foi melhorado em 1,1% (2h03min38s), indicando a forte e crescente evolução nesse específico grupo de provas. Em artigo de revisão de Billat (2005) sobre os fatores fisiológicos limitantes na corrida de fundo, aspectos como “doping sanguíneo” e uso do hormônio EPO (eritropoetina) podem ter sido algumas das causas dessa acentuada melhora. Tais elementos produzem respostas fisiológicas capazes de elevar sensivelmente o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) na intensidade do limiar anaeróbio (LAn). Outras essenciais fontes para melhora do desempenho parecem contribuir de maneira mais eficaz neste processo: a identificação do talento, as estratégias de competição e a aplicação correta de recursos para melhora do treinamento.

No Brasil, os primeiros grandes resultados em nível internacional no atletismo de fundo aconteceram nos anos 70, decorrentes de metodologias de treinamento influenciadas pelas escolas militares de Educação Física. Esses expressivos resultados dos atletas de fundo brasileiros à época alcançavam a área sul-americana e pan-americana, sem nenhuma penetração no cenário mundial. A partir dos anos 80, as escolas de treinamento de fundo da Austrália e Nova Zelândia passaram, é certo que com algum atraso, a atuar diretamente nos

programas de treinamento dos atletas brasileiros. Tais escolas possuíam características semelhantes por elevado volume, progressão dinâmica da carga, exploração da resistência psicológica e número reduzido de competições (FERREIRA & ROLIM, 2006). Nesse momento, as principais discussões sobre treinamento para fundistas recaíam sobre o volume de carga mais adequado, uma vez que pesquisas indicavam que os atletas que se utilizavam de cargas médias de trabalho entre 150 a 200 km semanais atingiam os melhores resultados em competições de fundo, incluindo a maratona (NOAKES, 1986). Até o fim dos anos 80, ao contrário da rápida evolução dos atletas brasileiros no segmento de meio fundo, os resultados no fundo eram tímidos, mais uma vez limitados a algumas medalhas em Campeonatos Pan Americanos e raras vitórias em maratonas inexpressivas.

No início dos anos 90, duas outras escolas de treinamento de fundo com resultados reconhecidos em nível mundial foram fundamentais para o crescimento do atletismo de fundo brasileiro: a Italiana e a Espanhola. Essas escolas já vinham influenciando a elaboração dos programas de treinamento dos atletas brasileiros desde o fim dos anos 80, quando alguns atletas e treinadores, tomaram contato com suas metodologias. Nos anos 80 e 90 o atletismo de fundo desses países buscou na ciência do esporte apoio necessário para seu crescimento e desenvolvimento, especialmente nas áreas de metodologia do treinamento e biomedicina. A escola Italiana, por sua vez, adota a corrente de grande volume para seus fundistas, enquanto que a Espanhola, combina elementos de médio volume, intensidades moderadas para altas e um razoável porcentual de força básica e força-resistência (GARCIA-VERDUGO & LEIBAR, 1997).

Os anos 90 marcaram o principal período de evolução e amadurecimento do atletismo de fundo brasileiro. Os resultados apresentados por atletas em campeonatos mundiais de meia maratona, de cross country e em importantes maratonas internacionais já indicavam o nascimento de um modelo de aplicação dos processos de treinamento com características próprias. De lá até os dias de hoje, quatro excepcionais resultados na prova da maratona mostraram ao mundo o potencial dos brasileiros no segmento de fundo, capazes de provocar mudanças na história de certos eventos, foram eles: a medalha de bronze do atleta Luis Antonio dos Santos no Campeonato Mundial de Atletismo de Gotemburgo em 1995; o recorde mundial do atleta Ronaldo da Costa na Maratona de Berlim em 1998; a medalha de bronze do atleta Vanderlei Cordeiro de Lima nos Jogos

Olímpicos de Atenas em 2004 e a dupla vitória do atleta Marilson Gomes dos Santos na Maratona de Nova Iorque em 2006 e 2008.

Estudo de Ferreira e Rolim (2006), sobre a evolução do treinamento de maratona, compara e analisa programas de corredores de elite de várias escolas pelo mundo, a partir de duas variáveis fundamentais na elaboração das cargas: o volume e a intensidade. A escola de fundo brasileira foi identificada com características de volume médio e alta intensidade, confirmando o que demonstra o referido estudo, sugerindo que a utilização dessa metodologia pode atingir excelentes resultados e levar a títulos e recordes internacionais. Cabe destacar que os treinadores brasileiros atuantes na década de 90 promoveram a combinação da capacidade biomotora força com as variáveis metabólicas intervenientes no processo de treinamento de fundo, sendo esse um dos prováveis fatores para o desenvolvimento integral do corredor de longa distância brasileiro.

Nos últimos 20 anos, essa positiva evolução ocorreu por conta dos elevados investimentos na célula ATLETA-TREINADOR. De um lado, os atletas puderam contar em suas rotinas com equipes multidisciplinares, recursos materiais de última geração, novas metodologias de treinamento e oportunidades de participação em eventos internacionais de primeiro nível. Por outro, os treinadores aperfeiçoaram sua qualificação básica e específica para o trabalho, receberam apoio de áreas auxiliares, participaram de cursos e intercâmbios internacionais e receberam recursos pecuniários suficientes para se dedicar exclusivamente ao esporte. Entretanto, o sucesso dessa jovem escola de fundo brasileira aconteceu, sobretudo, nos eventos de rua, especificamente na maratona. Já para as provas de fundo na pista (3.000m com obstáculos, 5.000m rasos e 10.000m rasos) a velocidade dessa evolução não ocorreu no ritmo desejado, ficando os atletas brasileiros caracterizados como “lentos”, dentro do âmbito das distâncias consideradas longas. Uma das razões desse rótulo pode ser a pouca frequência com que os fundistas brasileiros participam de provas de melhor nível, considerando que fatores extrínsecos como condições climáticas, marcação do ritmo e calibre dos adversários são fundamentais para o alto desempenho nesta especialidade.

Diante desse quadro, muito favorável para a corrida de rua e em estado de desenvolvimento para a pista, torna-se um grande desafio a quebra de recordes e melhora de marcas nas distâncias olímpicas de fundo pelos atletas brasileiros. Grande parte desse processo é construído através de uma estrutura de treinamento complexa e organizada.

Nesse específico segmento, a busca por uma sistemática ótima de treinamento é constante, fazendo-nos optar por programas de treinamento elaborados por profissionais qualificados. A estrutura desse específico trabalho baseia-se, obviamente, dentro dos parâmetros científicos de treinamento. A necessidade de melhores recursos nessa área, tanto no trabalho com atletas profissionais, como com os leigos, exige atenção e coerência, especialmente quando trabalhamos com as principais capacidades biomotoras.

A escolha das cargas de treinamento acontece através da utilização correta do princípio da individualidade biológica e dentro desses procedimentos, a aplicação de um teste de limiar anaeróbio torna-se fundamental (BOMPA, 2002). Nesse campo, encontramos diferentes protocolos para os testes de limiar anaeróbio e, dentre eles, alguns nos indicam resultados bem próximos da realidade do atleta testado. O teste para determinar a Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL), referência *gold standard*, permite-nos estabelecer cargas adequadas para o treinamento aeróbio e anaeróbio, embora seu protocolo invasivo seja longo e trabalhoso para ser realizado (BENEKE, 2002). Na sistemática do trabalho com fundistas profissionais, a utilização da MFEL, pelo menos uma vez na temporada, é indicada para orientar aqueles que desejam atingir com eficiência patamares de potência e capacidade, em qualquer via metabólica. Em seu protocolo, o teste de MFEL preconiza aplicações de cargas aleatórias nos atletas, em dias subsequentes. Desta maneira, a utilização prévia de um teste não-invasivo de campo (Velocidade Crítica – Vcrit), possibilita-nos predizer intensidades iniciais de cargas de corrida adequadas para aplicação do teste de MFEL, bem como o ajuste das demais cargas necessárias para a realização do teste. Esse procedimento torna mais eficaz a validação do protocolo não invasivo a partir da determinação individual da MFEL.

1.2. JUSTIFICATIVA

Diante do moderno e atual formato do calendário atlético mundial, fundistas de alto rendimento são obrigados a cumprir quatro principais picos na temporada: rua, pista, *cross-country* e pista coberta. Dessa forma, a temporada se traduz em pequenos blocos de períodos pré-determinados e a estrutura do treinamento deve ser organizada objetivando a maximização das sessões de trabalho (PEREIRA, 1984; TSCHIENE, 1989). Sabemos que

na tentativa de estabelecer cargas mais precisas, a aplicação de testes de LAn como a MFEL torna-se fundamental para a eficiência de qualquer trabalho.

O teste de MFEL representa a intensidade máxima de exercício em que a taxa de produção do lactato está em equilíbrio máximo com a taxa de sua remoção (BALDARI e GUIDETTI, 2000; BENEKE, 2003). Portanto, para o grupo de treinadores de corridas de fundo, a MFEL é uma ferramenta necessária para a elaboração do programa de treinamento. Embora possamos entender como procedimento ideal a utilização periódica da MFEL para todos os profissionais que trabalham nesta área, torna-se praticamente impossível sua aplicação em todos os períodos de mudança de carga na estrutura da periodização.

Temos acompanhado no Brasil, embora com certo atraso em relação à Europa e Estados Unidos, as transformações sócio-cultural-desportivas provocadas pelo movimento da corrida de fundo. Além da crescente conscientização da população quanto ao papel do exercício na prevenção de doenças e na promoção da saúde, o interesse pelo desempenho está também presente na maioria dos praticantes da corrida de fundo. Isso se deve, em grande parte, aos excelentes resultados alcançados pelos atletas brasileiros em competições nacionais e internacionais nos últimos 20 anos, já descritos aqui anteriormente. Entre as principais justificativas para essa evolução do atletismo de fundo brasileiro está a sensível melhora na qualificação dos treinadores que, diante de inúmeras situações adversas causadas pela precária estrutura desportiva do país, gerenciaram programas de treinamento suficientemente capazes para proporcionar ao atleta condições de igualdade de disputa em nível mundial.

Diante desses aspectos, torna-se relevante conhecer e aplicar um método de determinação do LAn com protocolo não invasivo (V_{crit}) e correlacioná-lo à MFEL, bem como a outros importantes parâmetros de desempenho aeróbio, permitindo diminuir o possível desequilíbrio na determinação da intensidade das cargas e possibilitar ao treinador uma avaliação mais frequente e simplificada do estado de forma física de seus atletas. A partir dessas informações, variáveis sensíveis de ajustes de intensidade são facilmente identificadas e as intervenções propostas nos métodos e meios de treinamento do atleta tornam-se altamente eficazes. Importante destacar a escassez de trabalhos na literatura contendo o tipo de participante deste estudo (atletas profissionais de alto rendimento que

tenham integrado alguma Seleção Brasileira em competições Sul-Americanas e/ou Mundiais com melhores marcas pessoais correspondendo média \pm erro padrão de $92,31 \pm 0,89$ % da velocidade de corrida do recorde mundial, considerados até o ano de 2011, de sua prova específica.).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo geral.

O objetivo deste estudo é verificar as relações entre os testes de desempenho aeróbio, velocidade crítica (V_{crit}) e máxima fase estável de lactato (MFEL), e intensidades de corrida em treinamento e competição para corredores fundistas de alto rendimento.

1.3.2. Fundamentação teórica

Estudo 1:

a) Predição de intensidades de corrida em Máxima Fase Estável de Lactato a partir da Velocidade Crítica em fundistas de alto rendimento, através de uma relação matemática entre essas duas variáveis.

Estudo 2:

b) A influência do número de pausas no teste de MFEL sobre a relação obtida no teste de V_{crit} , as intensidades de corrida em competições oficiais de 10 km relacionadas à V_{crit} real e à MFEL predita (modelos clássico e simplificado) e a determinação dos Tempos de Exaustão (T_{lim}) individuais para a intensidade de MFEL predita (modelo simplificado).

1.3.3. Objetivos específicos

Estudo 3:

a) Verificar a aplicabilidade e acurácia entre as equações de predição de MFEL – protocolo de modelo clássico e MFEL – protocolo de modelo simplificado obtidas a partir do teste de V_{crit} ; verificar as diferenças entre as intensidades encontradas nos testes de V_{crit} realizados com coleta de tempos para 3 distâncias e 4 distâncias.

Estudo 4:

b) Verificar a relação entre as intensidades de corrida em competições oficiais de 21,097m (meia maratona) e o Tempo de Exaustão (T_{lim}) individual estimado a partir da V_{crit} real e MFEL predita.

Estudo 5:

c) Caracterizar métodos e meios de treinamento e sua eficácia, a partir da identificação das intervenções propostas na rotina de treinamento dos atletas, considerando a aplicação de parâmetro fisiológico de carga (LAN) estimado através do teste de V_{crit} , validado pelo teste de MFEL.

CAPITULO 2: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTUDO 1: D'ANGELO, R. A., GOMES DE ARAÚJO, G., GOBATTO, C. A.

PREDIÇÃO DA INTENSIDADE DE CORRIDA EM MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO A PARTIR DA VELOCIDADE CRÍTICA EM FUNDISTAS DE ALTO RENDIMENTO. Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte, Faculdade de Educação Física de Rio Claro, Instituto de Biociências, UNESP, Brasil

RESUMO

O objetivo deste estudo foi estabelecer uma relação matemática entre a máxima fase estável de lactato (MFEL) e a Velocidade Crítica (V_{crit}) em fundistas de alto rendimento. Foram testados nove atletas masculinos (28 ± 2 anos) de elevado desempenho, com marcas pessoais correspondendo à média \pm erro padrão de $91,54 \pm 0,93$ % da velocidade de corrida do recorde mundial (considerados até o ano de 2007) de sua prova específica. Os participantes realizaram o teste de V_{crit} , que consistiu da regressão linear entre as distâncias percorridas (800, 1500, 3000 e 5000m) e seus respectivos tempos. A V_{crit} foi determinada pelo coeficiente angular da reta de regressão. Para todos os atletas, o coeficiente de determinação da regressão (R^2) foi igual a 1,0. As intensidades prescritas para a determinação da MFEL foram: 100, 98, 95 e 90% da V_{crit} , aplicadas aleatoriamente e de forma contínua, em dias subsequentes. Nesse teste, os atletas correram por 30 min, sendo coletadas amostras de sangue ($25\mu\text{L}$) a cada 5 min, para a determinação das concentrações de lactato (YSI 1500 sport). Foi considerada estável a não variação de lactato superior a $1,0$ mmol/L entre o 10º e o 30º minuto. Para oito atletas a MFEL ocorreu na intensidade correspondente a 98% da V_{crit} , sendo o restante obtido a 90% da V_{crit} . A V_{crit} ($19,1 \pm 0,1$ km/h) superestimou ($p=0,005$) os valores de MFEL ($18,7 \pm 0,2$ km/h). Houve correlação significativa entre V_{crit} e MFEL ($p=0,002$, $r=0,88$). A equação obtida pela regressão foi $\text{MFEL}=0,9673 * V_{crit} + 0,2061$, com erro padrão da estimativa de 0,236. Houve ótima aplicação de distâncias para a determinação da V_{crit} em fundistas de elite, bem como a sensibilidade do parâmetro à intensidade “padrão ouro” obtido no teste de MFEL. Tais respostas, associadas ao baixo erro da estimativa, sugerem segurança na determinação da MFEL por meio da equação de predição proposta.

Palavras Chave: Máxima Fase Estável de Lactato, Velocidade Crítica, Corredores Fundistas

ABSTRACT

The purpose of this study was to establish a mathematical relationship between the MLSS and the critical speed (CS) in high performance distance runners. Nine male high performance athletes were tested (28 ± 2 years), with personal bests of their specific events corresponding a mean \pm ESE of $91,54 \pm 0,93$ % of world record running speed (updated 2007). The athletes were submitted to the CS test, which is the linear regression of the distances (800, 1.500, 3.000 and 5.000m) and their respective time. The CS was determined by the angular coefficient of the linear regression. For all athletes, the regression coefficient (R^2) was equal to 1,0. The predicted workloads for the MLSS determination were: 100, 98, 95 and 90% of the CS, randomized and in a continuous way in subsequent days. In this test, the athletes run for 30 min, and it was collected blood samples ($25\mu\text{L}$) at each 5 min, to determine the lactate concentration (YSI 1500 sport). It was determined stable the non lactate variation higher than 1,0 mmol/L between the 10th and 30th minute. The MLSS has occurred for 8 athletes on the 98% intensity of CS and for 1 athlete on the 90%. The CS ($19,1 \pm 0,1$ km/h) overestimated ($p=0,005$) the MLSS values ($18,7 \pm 0,2$ km/h). There was significant correlation between CS and MLSS ($p=0,002$, $r=0,88$). The regression equation was $\text{MLSS} = 0,9673 * \text{CS} + 0,2061$, with estimated standard error of 0,236. There was excellent application of distances to determine the CS in elite distance runners, as well as the parameter accuracy to the “gold standard” intensity verified with the MLSS test. These responses, associated with the low standard estimated error, suggest safety at the MLSS determination through the predicted equation proposed.

Key Words: Maximal Lactate Steady State, Critical Speed, Distance Runners

INTRODUÇÃO

O conceito de Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL) é definido como a mais alta concentração de lactato sanguíneo e intensidade que podem ser mantidas durante um determinado período de exercício sem acúmulo contínuo e crescente do lactato sanguíneo (FARREL, 1979; BENEKE; GAESSER et al., 1995; BENEKE & VON DUVILLARD, 1996). Utilizar as respostas circulantes de lactato no exercício incremental para prever desempenho aeróbio e determinar intensidades de corrida é essencial no desenvolvimento de diferentes modalidades esportivas (BILLAT et al., 2003). O teste de MFEL determina o limiar anaeróbio (LAn), ponto de transição entre a predominância dos metabolismos anaeróbio e aeróbio no exercício.

Por ser o mais confiável teste para determinação do LAn, a MFEL é considerada “padrão ouro” entre os inúmeros mecanismos para determinação de tal parâmetro. Importante índice de avaliação aeróbia, o LAn em muito se aproxima de cargas utilizadas por atletas em competições de longa duração, especialmente nas corridas de fundo. Estudo de Billat et al. (2003) indica que, embora a intensidade (velocidade) determinada pela MFEL se relaciona claramente com o desempenho, por outro lado, com a concentração de lactato sanguíneo em MFEL, não ocorre a mesma relação. Beneke (1995) relatou em estudo com atletas de elite que a concentração de lactato em MFEL foi significativamente mais baixa em remadores ($3,1 \pm 0,5$ mmol/L) que a encontrada em ciclistas ($5,4 \pm 1,0$ mmol/L), sugerindo assim que a MFEL apresenta variações entre indivíduos. Uma das razões para essa diferença poderia ser o percentual do total de massa muscular envolvida no exercício da remada (85%, pela combinação do trabalho de pernas, tronco e braços), consideravelmente maior que a massa muscular envolvida no ciclismo, dominado pelo trabalho de pernas. Porém, as razões para tais variações entre indivíduos da concentração de lactato sanguíneo na MFEL continuam desconhecidas. Em estudo de Janssen (1988), indicando o percentual do LAn (concentração fixa em $4,0$ mmol/L = 100%) para as intensidades dos recordes do mundo de corridas de 100m a Maratona, ano de 1988, notamos significativa equivalência com distâncias de 15 km, 20 km e 21,097m (101,4%, 98,8% e 98,4%, respectivamente). Portanto, utilizar recursos confiáveis como o teste de MFEL na determinação do LAn para predição de intensidades de competição e prescrição

de cargas de treinamento, torna-se fundamental no trabalho com fundistas de alto rendimento.

Por outro lado, o protocolo clássico para a determinação da MFEL é invasivo, longo e trabalhoso, além de exigir recursos técnicos de alto valor financeiro, dificultando sua utilização no esporte de alto rendimento. Para se minimizar esses efeitos, outros protocolos foram padronizados para determinação da MFEL, através do algoritmo de McLellan & Jacobs (1993) (3 repetições de 30 min separados por 1 hora de descanso) e por Billat et al. (1994) e Bacon & Kern (1999) (2 repetições de 20 min em intensidade submáxima separados por 40 min de descanso).

Em recente estudo, Billat (2005), abordando as perspectivas atuais sobre a melhora do rendimento na corrida de maratona, indica a determinação da Velocidade Crítica (Vcrit) pelo modelo distância *versus* tempo, como parâmetro de grande importância relacionado ao ritmo de competição. Vcrit foi definida por Hill (1993) como a intensidade máxima que pode ser mantida por um longo tempo sem fadiga, sugerindo que a exaustão não possa ocorrer, quando a velocidade imposta é inferior ou igual à Vcrit, resultando em fase estável do lactato, do pH e da PCO₂ sanguíneos (MACLELLAN et al., 1991). Teoricamente, a Vcrit representa a mais alta velocidade de corrida que pode ser mantida indefinidamente. A determinação da Vcrit de um atleta é muito fácil e não requer nenhum aparato. O teste tem caráter não invasivo e somente são necessários os melhores resultados de corridas dos atletas sobre distâncias entre 1,500m e 21,100m (BILLAT, 2005). A partir da determinação da Vcrit é possível estimar o LAn em fundistas de alto rendimento. Apesar de a Vcrit ser considerada fonte de dados confiáveis em relação ao máximo trabalho que se pode realizar sem fadiga, o teste apresenta algumas limitações, tais como a manutenção da carga por um tempo máximo de 30 min e o valor superestimado do resultado dessa carga (velocidade da corrida) (JENKINS & QUIGLEY, 1991).

A intensidade em MFEL (velocidade) se correlaciona com a Vcrit, sendo muito próxima quando calculada a partir do modelo de Monod & Scherrer (1995), confirmada recentemente por Smith & Jones (2001). Tais estudos podem auxiliar na elaboração deste trabalho, indicando uma sensibilidade significativa entre esses dois parâmetros quando aplicados a um grupo específico de corredores, em nosso caso, fundistas de alto rendimento. O estabelecimento seguro da relação entre a intensidade de corrida em MFEL

com outros testes não invasivos possibilita ajustar cargas ao longo de toda a periodização do treinamento de atletas de elevado rendimento, evitando desgastes na realização de testes de MFEL. O objetivo deste estudo foi validar a aplicabilidade do teste de V_{crit} por meio da MFEL e estabelecer uma relação matemática entre os dois parâmetros em fundistas de alto rendimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Participantes

Nove atletas profissionais fundistas de alto rendimento tomaram parte voluntariamente desse estudo. As melhores marcas pessoais desses atletas correspondem à média \pm erro padrão de $91,54 \pm 0,93$ % da velocidade de corrida do recorde mundial (considerados até o ano de 2007) de sua prova específica. Todos os atletas foram extraídos da categoria adulto e sexo masculino, e competem em provas de distâncias que variam de 3.000m (com obstáculos) à maratona. Os participantes cumpriram, obrigatoriamente, um mínimo de 10 unidades de treinamento por microciclo (7 dias), bem como integraram alguma seleção brasileira de atletismo em competições da área sul-americana e/ou mundial nos últimos dois anos. Os valores médios \pm erro padrão da média (EPM) para idade, peso, altura, índice de massa corporal (IMC), idade média de treinamento sistemático (IMT), volume em quilômetros por microciclo (VKM) foram $28,44 \pm 4,44$ anos, $63,7 \pm 2,17$ kg, $178,00 \pm 3,80$ cm, $20,12 \pm 0,70$ m², $6,00 \pm 1,00$ anos, e $161,22 \pm 24,05$ km, respectivamente (Tabela 1). A idade de treinamento sistemático (IMT) representa a quantidade (anos) de treinamento regular, diário e consecutivo do atleta. Os valores médios \pm EPM das medidas antropométricas compostas de dobras cutâneas e circunferências estão indicados na Tabela 1a. Durante os testes, os participantes foram orientados a manterem-se em suas rotinas de treinamento, determinadas pela periodização da temporada.

Tabela 1. Características dos participantes ($n = 9$), indicando os valores médios \pm EPM para idade, peso, altura, índice de massa corporal (IMC), idade média de treinamento sistemático (IMT) e volume de quilômetros por microciclo (VKM).

	Idade anos	Peso kg	Altura cm	IMC m²	IMT anos	VKM km
Média(s)	28,44	63,70	178,00	20,12	6,00	161,22
EPM	1,48	0,72	1,26	0,23	0,33	8,01

Tabela 1a. Valores descritivos das medidas antropométricas: dobras cutâneas de tríceps (TR), abdominal (AB), sub-escapular (SE), supra-ílica (SI), peitoral (PT), coxa medial (CXm), coxa (CX), circunferências de punho (Pu) e braço (Br) e porcentual de gordura (PG).

	TR mm	AB mm	SE mm	SI mm	PT mm	CXm mm	CX mm	Pu cm	Br cm	PG %
Média(s)	3,31	4,31	5,12	4,58	3,05	4,01	4,24	16,0	25,05	8,46
EPM	0,32	0,29	0,36	0,26	0,20	0,48	0,42	0,34	0,34	0,15

Os testes foram realizados na pista de atletismo e no laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Rio Claro. Todos os testes foram precedidos de aquecimento padrão. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências, através de um termo de consentimento livre e esclarecido, assinado pelos participantes.

Determinação da Velocidade Crítica (Vcrit)

Os participantes inicialmente foram submetidos ao teste de Vcrit, modelo distância *versus* tempo, obedecendo ao seguinte protocolo: as distâncias aplicadas aleatoriamente foram de 800, 1.500, 3.000 e 5.000 metros, em dias subsequentes, sempre no período da manhã, em horário de rotina dos treinamentos dos atletas. Os participantes foram avaliados individualmente, sendo solicitado a eles empenho máximo para cobrir as distâncias pré-fixadas no menor tempo possível. Os participantes foram encorajados verbalmente durante o teste. Os tempos foram registrados por cronômetro manual digital (NIKE TRIAX ELITE HRM S/100®) nas distâncias da pista de atletismo oficial. Para padronização do registro de tempo adotou-se o toque no solo do primeiro passo de corrida para o acionamento do

cronômetro. Para a correção dos tempos finais registrados por cronometragem manual adotou-se o seguinte critério: para tempos de 01 a 50 centésimos de segundo, considerou-se o segundo imediatamente inferior (menor tempo) e para tempos entre 51 e 99 centésimos de segundo, considerou-se o segundo imediatamente acima (maior tempo). Exemplo: 800m – 122,38 s (tempo corrigido = 122 s); 122,73 s (tempo corrigido = 123 s). A V_{crit} consistiu da regressão linear das distâncias percorridas e seus respectivos tempos e foi determinada pelo coeficiente angular da reta de regressão. Uma vez determinada a V_{crit} individual, calculou-se a média \pm EPM desse específico parâmetro, para posterior correlação com os resultados médios \pm EPM da MFEL. Para todos os atletas, o coeficiente de determinação da regressão (R^2) foi igual a 1,0.

Determinação da Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL – modelo clássico)

A partir do resultado da V_{crit} , foram prescritas as intensidades de 100, 98, 95 e 90% para aplicação do teste clássico de MFEL (MFELmc). Essas intensidades foram aplicadas aleatoriamente e de forma contínua, em dias subsequentes. Nesse teste os participantes correram por 30 min, sendo coletadas amostras de sangue capilar (25 μ L) no repouso e a cada 5 min para a determinação das concentrações de lactato sanguíneo. As amostras foram analisadas por um analisador de lactato automatizado (YSI 1500 Sport). Foi considerada estável a não variação de lactato superior a 1,0 mmol/L entre o 10° e o 30° minuto. O teste de MFELmc foi realizado no espaço máximo de uma semana após o término do teste da V_{crit} . Nesse período, os participantes retomaram suas rotinas de treinamento.

Determinação da equação de predição da MFEL

Após a determinação da V_{crit} individual e das velocidades correspondentes a MFEL, foram estabelecidas curvas relacionando esses parâmetros, de maneira a tornar possível a obtenção de uma equação linear da regressão V_{crit} versus MFELmc. Assim, a partir da determinação da intensidade da V_{crit} , foi possível estabelecer as intensidades preditas em MFEL.

Análise estatística

Para todos os parâmetros foi aplicada análise de normalidade e homogeneidade da amostra. Foi utilizada análise de variância *one way* entre os valores de velocidades obtidos para os testes de MFEL e de V_{crit} . Para esses valores foi aplicada também análise de

correlação produto-momento. Em todos os casos, o nível de significância foi fixado em $P < 0,05$.

RESULTADOS

Velocidade Crítica

Quatro distâncias independentes foram realizadas para determinar a V_{crit} : 800m, 1.500m, 3.000m e 5.000m. Os resultados dessas corridas são mostrados na Tabela 2. Os dados indicam que quanto maior a distância percorrida, menor foi o desempenho. A correlação entre a distância *versus* tempo obtida desses quatro testes, projetou uma reta de regressão linear cujo coeficiente angular foi utilizado na determinação da V_{crit} . A média \pm EPM da intensidade (velocidade) de corrida encontrada para a V_{crit} do grupo de participantes foi $19,10 \pm 0,03$ Km/h. A média \pm EPM do coeficiente de determinação da reta (R^2) obtida pelas equações de regressão foi $0,99973 \pm 0,000059$. Na figura 1 são apresentados três exemplos de retas de regressão obtidos a partir dos resultados dos testes de V_{crit} . Coeficiente de variação (CV) é uma medida de dispersão empregada para estimar a precisão dos valores e representa o desvio-padrão expresso como porcentagem da média.

Tabela 2. Valores dos resultados para as quatro distâncias do teste de Vcrit

Distâncias	800	1500	3000	5000	Vcrit
	Tempo (s)				m/s
1	119	238	512	906	5,31
2	120	242	513	896	5,40
3	123	244	516	891	5,45
4	120	238	523	894	5,39
5	113	238	534	926	5,14
6	121	246	535	908	5,31
7	126	246	542	923	5,23
8	128	256	552	935	5,18
9	122	240	528	886	5,45
Média (s)	121,33	243,11	528,33	907,22	5,31
EPM	1,43	1,94	4,57	5,76	0,03
CV (%)	3,5	2,3	2,6	1,9	2,18

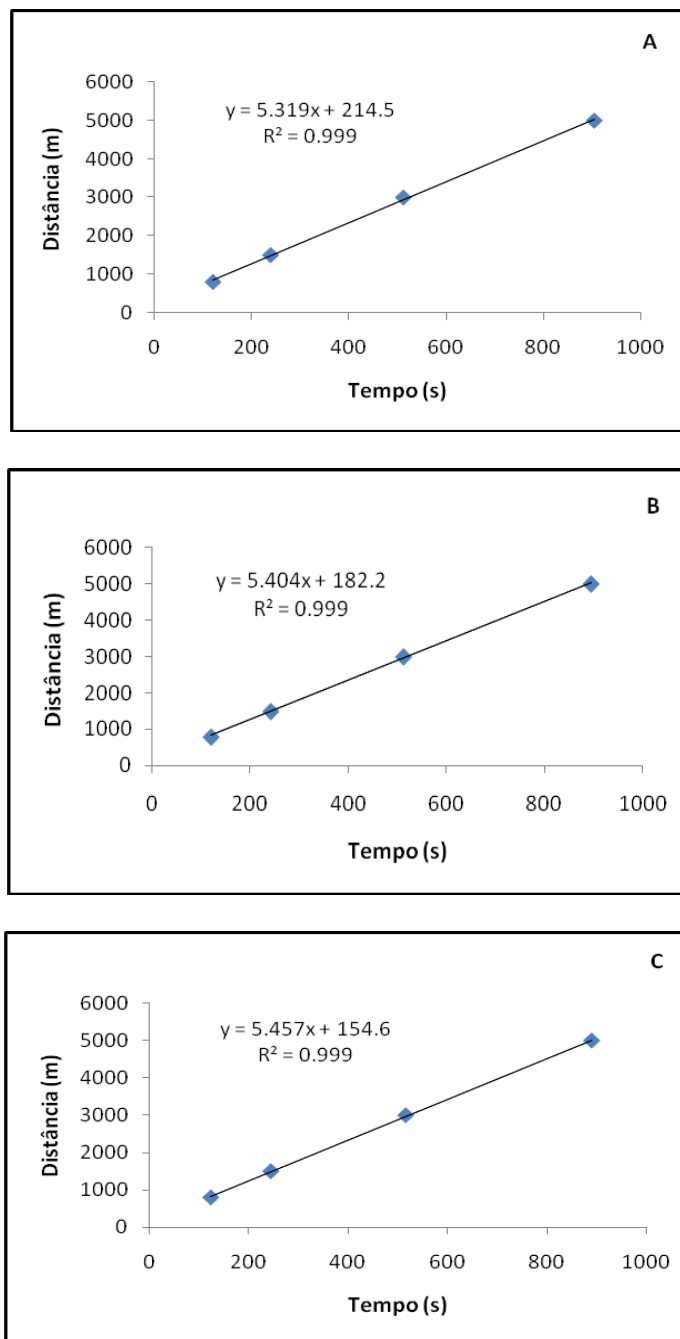


Figura 1. Os gráficos A, B e C exemplificam as retas de regressão obtidas a partir do teste de V_{crit} (modelo distância *versus* tempo) para três diferentes atletas participantes. Na equação da reta, o coeficiente angular (valor de “a”) representa a V_{crit} estimada, indicada pela intensidade (velocidade) na unidade de m/s.

Máxima Fase Estável de Lactato

Uma vez determinadas as V_{crit} individuais, foi possível estabelecer as intensidades de corrida para o teste de MFELmc. Os resultados do teste com carga na intensidade de 100% da V_{crit} indicou valores médios \pm EPM nas concentrações de lactato sanguíneo no 10° e no 30° minuto de $5,01 \pm 0,34$ mmol/L e $6,75 \pm 0,55$ mmol/L, respectivamente. Portanto, apresentou uma variação superior a 1,0 mmol/L de lactato sanguíneo, não caracterizando a estabilização. As intensidades de 90% e 95% da V_{crit} , apresentaram valores médios \pm EPM nas concentrações de lactato sanguíneo no 10° e no 30° minuto de $1,55 \pm 0,12$ mmol/L e $2,16 \pm 0,22$ mmol/L (90%) e, $2,89 \pm 0,47$ mmol/L e $3,53 \pm 0,30$ mmol/L (95%). Na intensidade de 98% os valores médios \pm EPM encontrados nas concentrações de lactato sanguíneo no 10° e no 30° minuto foram de $3,62 \pm 0,44$ mmol/L e $4,18 \pm 0,35$ mmol/L, respectivamente. Assim, a intensidade de 98% da V_{crit} representou a intensidade máxima do teste em que não ocorreu variação superior a 1,0 mmol/L de lactato sanguíneo entre o 10° e o 30° minuto, caracterizando a estabilização. Para oito atletas a MFEL ocorreu na intensidade correspondente a 98% da V_{crit} (Figura 2), ocorrendo a 90% da V_{crit} para o atleta remanescente. A média \pm EPM da intensidade (velocidade) de corrida encontrada na MFEL do grupo de participantes foi $18,7 \pm 0,06$ km/h.

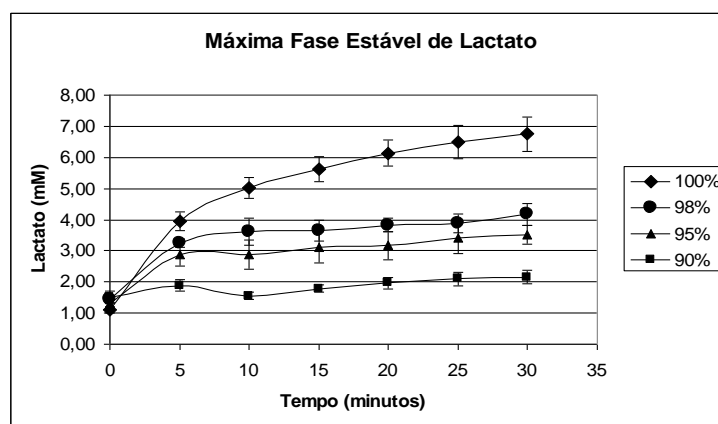


Figura 2. Valores médios \pm erro padrão da média das concentrações de lactato encontradas no teste de MFEL, observadas em cargas correspondentes a 100, 98, 95 e 90% da V_{crit} . Foi verificada estabilização máxima a 98% da V_{crit} (10.º min, $3,62 \pm 0,44$ mmol/L; 30.º min, $4,18 \pm 0,35$ mmol/L).

Equação de predição da Máxima Fase Estável de Lactato

Houve correlação significativa entre os resultados expressos em Km/h (velocidade) para Vcrit e MFEL (p=0,002, r=0,88). A equação obtida pela regressão linear (Eq.1) é mostrada abaixo, tendo sido obtido erro padrão da estimativa de 0,236.

$$\mathbf{MFEL = 0,9673 * Vcrit + 0,2061}$$

Equação 1. Eq. 1 – Equação de predição da MFEL a partir de resultados de Vcrit.

A Figura 3 abaixo indica a correlação dos valores individuais para as intensidades alcançadas para cada atleta na Vcrit e MFELmc, resultando na equação de predição 1.

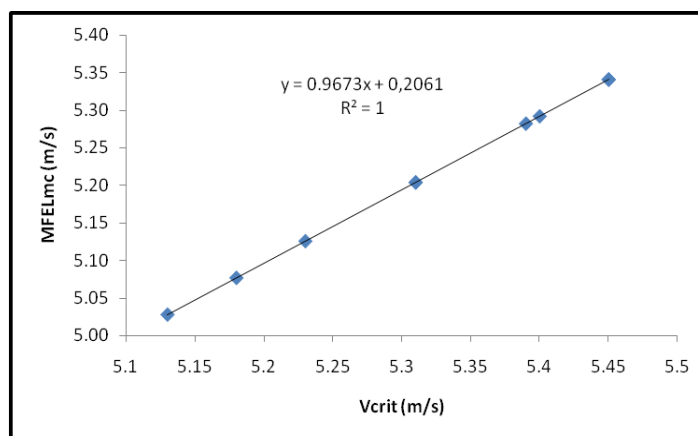


Figura 3. Retas de regressão obtida a partir dos resultados de Vcrit e MFELmc e equação de predição da MFEL.

DISCUSSÃO

A validação do teste de Vcrit para esse grupo de fundistas e meio fundistas de alto rendimento foi conseguida uma vez que os resultados da Vcrit foram semelhantes e correlacionáveis aos da MFELmc. Entretanto, os dados desse estudo mostraram que os métodos utilizados para determinar a Vcrit superestimaram a intensidade (velocidade) encontrada quando associada à MFELmc. A intensidade resultante do teste de Vcrit apresentou valores médios \pm EPM de $19,1 \pm 0,03$ km/h, enquanto no teste de MFELmc,

esses valores médios \pm EPM foram de $18,7 \pm 0,06$ km/h. A velocidade de corrida encontrada com a estabilização da concentração do lactato sanguíneo no teste MFELmc foi de 98% do valor da V_{crit} . Isso nos indica que, para esse grupo de corredores, fundistas de alto rendimento, a V_{crit} superestimou em apenas 2% a MFELmc, teste considerado “padrão ouro” na determinação do LAn. Outra evidência quanto aos valores de intensidade superestimados determinados pela V_{crit} foi identificada na concentração de lactato sanguíneo resultante da aplicação da velocidade de 100% dessa V_{crit} no teste de MFELmc. Os valores médios \pm EPM nas concentrações de lactato sanguíneo no 10° e no 30° minuto foram de $5,01 \pm 0,34$ mmol/L e $6,75 \pm 0,55$ mmol/L, respectivamente, indicando resposta fisiológica sem padrão de estabilização devido à carga excessiva de trabalho proposta.

Na determinação da V_{crit} (tempo de exaustão até a fadiga) foi utilizado o modelo linear de dois parâmetros: distância *versus* tempo. O teste de V_{crit} é considerado referência em oferecer dados confiáveis de taxa de trabalho máximo sem fadiga (GAESSER & WILSON, 1988), porém, recebe também muitas críticas. Morton (1996) propôs um modelo não linear de potência crítica de três parâmetros, introduzindo na equação do modelo de dois parâmetros a velocidade máxima. A V_{crit} , determinada a partir de um modelo não linear de potência crítica de três parâmetros, reflete melhor a capacidade para o exercício prolongado que a V_{crit} calculada com o modelo linear de dois parâmetros (GAESSER et al., 1995). Entretanto, em recente estudo (BILLAT, 2005), quando aplicados os dois modelos aos resultados do atleta queniano Paul Tergat (ex-recordista mundial da maratona), foi encontrado aproximadamente o mesmo valor de V_{crit} (21,68 km/h e 21,81 km/h, para os modelos de dois e três parâmetros, respectivamente). Neste caso, apenas a capacidade de trabalho anaeróbio (CTA), considerada como a energia total que pode ser obtida da utilização completa dos depósitos anaeróbios e aeróbios, apresentou resultados completamente diferentes: o modelo de três parâmetros resultou em valores muito maiores (424 m *versus* 260 m, para os modelos de três e dois parâmetros, respectivamente).

Esses resultados sugerem que a metodologia utilizada no presente estudo pode ser eficaz quando aplicada a fundistas de elevado rendimento. Testes em ciclistas treinados realizados por Jenkins & Quigley (1991), em ciclo ergômetro, indicaram a V_{crit} superestimada em 4,7%. Já Maclellan & Cheung (1992), em estudo com ciclistas

regularmente ativos revelou que a metodologia do experimento, quando associada à MFEL, também superestimou os resultados encontrados.

Os valores encontrados nas concentrações de lactato sanguíneo na carga de estabilização no teste de MFEL_{mc} (98% da V_{crit}), no 10° e no 30° min, foram $3,62 \pm 0,44$ mmol/L e $4,18 \pm 0,35$ mmol/L, respectivamente. Tais resultados podem ser fortemente associados com outros estudos que indicam uma média da concentração de lactato sanguíneo na MFEL próxima a 4 mmol/L, porém, com ampla variação entre indivíduos (BILLAT, 1996; HOOGEVEEN et al., 1997). Estudo de Billat et al. (1994) e Beneke et al. (2000), ambos com amostras de sangue capilarizado, indicaram que a concentração de lactato sanguíneo permanece constante durante o exercício, variando de 2,2 até 6,7 mmol/L (valores médios de $3,9 \pm 1$ mmol/L) para Billat et al. (1994) e de 1,9 até 7,5 mmol/L para Beneke et al. (2000).

Considerando que o grupo de participantes do presente estudo (fundistas de alto rendimento) é altamente treinado e, portanto, adaptado fisiologicamente à metodologia de treinamento por intervalos, sugere-se que os resultados do teste de MFEL realizado sob o protocolo do modelo clássico, com coletas de lactato sanguíneo a cada 5 min, possam sofrer algumas alterações. Estudos revelam que a intensidade envolvendo a MFEL tem sido frequentemente superestimada, especialmente em atletas de longa distância altamente treinados que se utilizam do limiar de lactato em suas rotinas de treinamento (STEGMAN et al., 1981; MOGNONI et al.,; OYONO-ENGUELE et al., 1990). Futuras investigações com participantes de perfil similar ao do presente estudo são necessárias quando utilizado o protocolo do modelo simplificado (pausas reduzidas) do teste de MFEL (coletas de sangue apenas ao 10° e 30° min), principalmente para observações quanto aos resultados encontrados na concentração de lactato sanguíneo na velocidade de estabilização, intensidade e tempo de exaustão.

Concluindo, houve ótima aplicação de distâncias para a determinação da V_{crit} em fundistas de alto rendimento, bem como a sensibilidade do parâmetro à intensidade “padrão ouro” obtido no teste de MFEL_{mc}. Tais respostas, associadas ao baixo erro da estimativa, sugerem segurança na determinação da MFEL por meio da equação de predição proposta neste trabalho, para atletas com desempenhos semelhantes à deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACON L, KERN M. **Evaluating a test protocol for predicting maximal lactate steady state.** J Sports Med Phys Fitness 1999; 39: 300-8.
- BENEKE R, HÜTLER M, LEITHÄUSER R. **Maximal lactate steady-state independent of performance.** Med. Sci. Sports Exerc 2000; 32:1135-9.
- BNENEKE R, VON DUVILLARD, S P. **Determination of maximal lactate steady-state response in selected sports events.** Med Sci Sports Exerc 1996; 28:241-246.
- BENEKE R. **Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing.** Med Sci Sports Exerc 1995; 27:863-867.
- BILLAT LV, DALMAY F, ANTONINI MT et al. **A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise.** Eur J Appl Physiol 1994, 69:196-202.
- BILLAT LV, SIRVENT P, PY G, KORALSZTEIN JP, MERCIER J. **The concept of maximal lactate steady state. A bridge between biochemistry, physiology and sport science.** Sports Med2003; 33:407-426.
- BILLAT LV. **Current perspectives on performance improvement in the marathon: From universalisation to training optimisation.** News Studies in Athletics – IAAF 2005; 20:3; 21-39.
- BILLAT LV. **Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: recommendations for long-distance running.** Sports Med 1996; 22:157-175.
- FARREL PA et al. **Plasma lactate accumulation and distance running performance.** Med Sci Sports Exerc 1979; 11:338-44.
- GAESSER GA, CARNEVALE TJ, GARFINKEL A et al. **Estimation of critical power with non linear and linear models.** Med Sci Sports Exerc1995; 27: 1430-8.
- GAESSER GA, WILSON LA. **Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance time relationship for high-intensity exercise.** Int J Sports Med 1988; 9: 417-21.
- GUEDES DP. **Gordura Corporal: validação da equação proposta por Faulkner em jovens pertencentes à população brasileira.** Artus, 1986; 17:10-3.
- HILL DW. **The critical power concept: a review.** Sports Med 1993;16:237-254;

- HOOGEVEEN AR, HOOGSTEN J, SCHEP G. **The maximal lactate steady state in elite endurance athletes.** Jpn J Physiol 1997; 47: 481-5.
- JANSSEN PGJM. **Running intensity dependent on distance: world record 1988.** Training Lactate Pulse-Rate 1988; 65.
- JENKINS DG, QUIGLEY BM. **The Y-intercept of the critical power duration as a measure of anaerobic work capacity.** Ergonomics 1991; 34:13-22.
- MCLELLAN TM, CHEUNG KSY, JACOBS I. **Incremental test protocol, recovery mode, and the individual aerobic threshold.** Int. J. Sports Med 1991; 12:190-195.
- MCLELLAN TM, CHEUNG KSY. **A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power.** Med Sci Sports Exerc 1992; 0195-9131/92/2405-0543/0.
- MCLELLAN TM, JACOBS I. **Reliability, reproducibility and validity of the individual anaerobic threshold.** Eur J Appl Physiol 1993; 67:125-31.
- MOGNONI P, SIRTORI MD, LORENZI F. et al. **Physiological responses during prolonged exercise at the power output corresponding to the blood lactate threshold.** Eur J Appl Physiol 1990; 60: 239-43.
- MONOD H, SCHERRER J. **The work capacity of synergy muscular group.** Ergonomics 1995; 8:339-50.
- MORTON RH. **A 3-parameter critical power model.** Ergonomics 1996; 39: 611-9.
- OYONO-ENGUELE S, HEITZ A, MARBACH J et al. **Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic thresholds.** Eur J Appl Physiol 1990; 60: 321-30.
- SMITH CGM, JONES AJ. **The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners.** Eur J Appl Physiology 2001; 85:19-26.
- STEGMAN H, KINDERMANN W, SCHNABEL A. **Lactate kinetics and individual anaerobic threshold.** Int. J. Sports Med 1981; 2:160-165.

2.2 ESTUDO 2: D'ANGELO, R. A., GOMES DE ARAÚJO, G., GOBATTO, C. A.

RELAÇÕES ENTRE VELOCIDADE DE COMPETIÇÃO NOS 10 KM, TEMPO DE EXAUSTÃO E INTENSIDADE DE CORRIDA EM MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO PREDITA A PARTIR DA VELOCIDADE CRÍTICA EM FUNDISTAS DE ALTO RENDIMENTO. Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte, Faculdade de Educação Física de Rio Claro, Instituto de Biociências, UNESP, Brasil

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram verificar a influência do número de pausas no teste de máxima fase estável de lactato – modelo clássico (MFEL_{mc}) sobre a relação obtida no teste de velocidade crítica (V_{crit}), verificar as intensidades de corrida em competições oficiais de 10 km e relacioná-las à V_{crit} real e a MFEL predita (modelos clássico e simplificado) e determinar os Tempos Limites (T_{lim}) individuais dos participantes para a intensidade de MFEL – modelo simplificado (MFEL_{ms}). Foram testados nove atletas masculinos (28 ± 2 anos) de elevado desempenho, com marcas pessoais correspondentes à média ± EPM de 91,54 ± 0,93 % da velocidade de corrida do recorde mundial de sua prova específica. Os participantes realizaram o teste de V_{crit}, que consistiu da regressão linear entre as distâncias percorridas (800, 1500, 3000 e 5000m) e seus respectivos tempos. As intensidades prescritas para a determinação da MFEL foram: 97, 95 e 93% da V_{crit}. Nesse teste, os atletas correram por 30 min, sendo coletadas amostras de sangue (25µL) no 10º e no 30º min, para a determinação das concentrações de lactato (YSI 1500 Sport). Foi considerada estável a não variação de lactato superior a 1,0 mmol/L entre o 10º e o 30º minuto. Para sete atletas a MFEL ocorreu na intensidade correspondente a 95% da V_{crit}, para um atleta a 97% e para outro a 93%. A V_{crit} (19,1±0,10 km/h) superestimou os valores de MFEL_{ms} (18,0 ± 0,10 km/h). A equação obtida pela regressão foi MFEL=0,827*V_{crit}+0,607, com erro padrão da estimativa de 0,071. Para o T_{lim} individual foram aplicadas as intensidades correspondentes a MFEL_{ms}, com resultados médios ± EPM de 47min29s ± 3m35s e 14,42 ± 1,12km para tempo e distância, respectivamente. Foram coletados resultados oficiais na distância de 10 km obtidos pelos atletas em competições de pista ou rua. De acordo com a diferença significativa (p<0,05) encontrada entre MFEL_{mc} e MFEL_{ms}, foi observada influência do número de pausas no presente estudo quando aplicado o protocolo de MFEL_{ms}, sobre a relação obtida no teste de V_{crit}. Para esses atletas, tais diferenças podem ser ainda mais significativas quando aplicado o coeficiente de variação para elevados desempenhos. As intensidades de corrida em competições oficiais de 10 km, a V_{crit} real e a MFEL predita (modelos clássico e simplificado) mostraram importante relação na determinação de velocidades de treinamento e competições.

Palavras Chave: Máxima Fase Estável de Lactato, Velocidade Crítica, Corredores Fundistas, Tempo de Exaustão

ABSTRACT

The purposes of this study were to verify the influence of number of stops in the maximum lactate steady state – classic model (MLSScm) protocol over the critical speed (CS) relationship, verify the 10km running intensity at official competitions and their relationship to CS and MLSS (classic and simplified models - MLSSsm) and determine the individual time to exhaustion (TE) for MLSSsm intensity. Nine male high performance distance runners were tested (28 ± 2 years), with personal bests corresponding to average \pm estimated standard error (ESE) of $91,54 \pm 0,93$ % of world record running intensity in their specific event. The athletes were submitted to the CS test, which is the linear regression of the distances (800, 1500, 3000 and 5000m) and their respective time. The predicted workloads for the MLSS determination were: 97, 95 e 93% of the CS. In this test, the athletes run for 30 min, and it was collected blood samples (25 μ L) at minute 10 and 30, to determine the lactate concentration (YSI 1500 sport). It was determined stable the non lactate variation higher than 1,0 mmol/L between the 10th and 30th minute. The MLSS has occurred for 7 athletes on the 95% intensity of CS, for 1 athlete on the 97% and for other on the 93%. The CS ($19,1 \pm 0,1$ km/h) overestimated the MLSSsm values ($18,0 \pm 0,1$ km/h). The regression equation was $MLSS = 0,827 * CS + 0,607$, with ESE of 0,071. For individual TE were applied the corresponding intensity of MLSSsm and the average \pm ESE results were 47min29s \pm 3m35s and $14,42 \pm 1,12$ km for time and distance, respectively. The official results of 10km were collected from official road and track races. According to significant difference ($p < 0,05$) finding between MLSScm and MLSSsm, it was observed influence of number of stops in the present study when applied the MLSSsm protocol over the relationship got from CS test. For these athletes, such differences could be really significant when applied the CV for high level performance. The 10km running intensities, the CS and the MLSScm and MLSSsm showed important relationship to prediction the training and competition speeds.

Key Words: Maximal Lactate Steady State, Critical Speed, Distance Runners, Time to Exhaustion

INTRODUÇÃO

A Velocidade Crítica (V_{crit}) é um conceito teórico que estima a intensidade máxima que pode ser mantida por um longo tempo sem fadiga, sugerindo que a exaustão não possa ocorrer, quando a velocidade imposta é inferior ou igual à V_{crit} , resultando em fase estável do lactato, do pH e da PCO_2 sanguíneos (MCLELLAN & CHEUNG, 1992). Para atletas de fundo de alto rendimento, a V_{crit} (modelo distância *versus* tempo) é considerada parâmetro de grande importância quando relacionada ao ritmo de competição (BILLAT, 2005), sendo possível estimar o Limiar Anaeróbio (LAn) desses atletas. Entretanto, os resultados encontrados nos testes de V_{crit} apresentam algumas limitações, tais como a manutenção da carga por um tempo máximo de 30 min e o valor superestimado do resultado dessa carga (velocidade da corrida) (MCLELLAN et al., 1991). Conhecer tal parâmetro, bem como estabelecer um instrumento confiável e de fácil aplicação para sua determinação, auxilia treinadores e preparadores físicos na prescrição de intensidades para treinamento e competições.

Definida como a mais alta concentração de lactato sanguíneo e intensidade que podem ser mantidas durante um determinado período de exercício sem acúmulo contínuo e crescente do lactato sanguíneo (FARREL et al., 1979; BENEKE; GAESSER et al., 1995; BENEKE & VON DUVILLARD, 1996), a Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL) é outro importante parâmetro de avaliação aeróbia que nos possibilita prever intensidades para treinamento e competições. Considerado um instrumento confiável e de elevada acurácia, recebe a chancela “padrão ouro” na determinação do LAn. Entretanto, o protocolo do teste de MFEL apresenta igualmente algumas limitações, tais como: longo tempo de aplicação, invasivo, alto custo financeiro e inviabilidade de uso de acordo com a demanda de atividades do calendário de fundistas de alto rendimento. Para se minimizar esses efeitos, outros protocolos foram padronizados para determinação da MFEL, através do algoritmo de McLellan & Jacobs (1993) (3 repetições de 30 min separados por 1 hora de descanso) e por Billat et al. (1994) e Bacon & Kern (1999) (2 repetições de 20 min em intensidade submáxima separados por 40 min de descanso).

Com objetivos de validar um protocolo específico de V_{crit} (modelo distância *versus* tempo) a partir da MFEL - modelo clássico com coleta de lactato sanguíneo a cada 5 min (MFELmc), que possibilite a fácil aplicação de um teste eficaz, confiável e de boa

reprodutibilidade em fundistas de alto rendimento, recente estudo de D'Angelo & Gobatto (2006) relatou um sensível e significativo porcentual de 2% entre esses dois parâmetros (V_{crit} versus MFELmc) para essa específica população. No entanto, fundistas de alto rendimento são adaptados fisiologicamente à metodologia de treinamento por intervalos (ZINTL, 1991), fato que poderia ter causado possíveis alterações nos resultados do teste de MFEL realizado sob o protocolo do modelo clássico, com coletas de lactato sanguíneo a cada 5 min.

Para esse caso, o modelo simplificado do teste de MFEL, com coletas de lactato sanguíneo apenas no 10^o e 30^o min (MFELms), poderia alcançar elevados níveis de especificidade quando associado às intensidades encontradas no teste de V_{crit} . Estudos revelam que a intensidade envolvendo a MFEL tem sido frequentemente superestimada, especialmente em atletas de longa distância altamente treinados que se utilizam do limiar de lactato em suas rotinas de treinamento (MOGNONI et al.; OYONO-ENGUELE et al., 1990; BENEKE et al., 2000).

Outro aspecto relevante na determinação da MFEL é que esta ferramenta nos possibilita encontrar o LAn individual dos atletas participantes. Embora a média de valores de concentração de lactato sanguíneo que representem a MFEL durante o exercício contínuo foi encontrada próxima de 4 mmol/L, valores individuais variam de 3 a 5,5 mmol/L (HECK, 1985). Estudos indicam que atletas treinados e não treinados podem desempenhar esforços contínuos, em um teste de exaustão (Tempo Limite – Tlim) na velocidade estimada do LAn, entre 30 a 50 min (STEGMANN & KINDERMANN, 1982; MCLELLAN & JACOBS, 1989; MCLELLAN et al., 1991) com concentrações de lactato sanguíneo variando entre 2 a 7 mmol/L. Segundo Billat et al. (2003) a MFEL permite a predição de desempenho para corridas entre 30 e 60 min. Conhecer o tempo de exaustão (Tlim) do atleta na velocidade estimada para o LAn permite a predição de intensidades de competição para fundistas de alto rendimento.

Quando considerada essa população específica e suas demandas metabólicas pode-se supor serem significativas as diferenças das concentrações de lactato sanguíneo e intensidade entre o exercício prolongado contínuo e o exercício prolongado com pausas. Quanto ao Tlim, os resultados encontrados em competições oficiais nas distâncias de 10 km, 15 km e meia maratona (21,097m) de atletas com perfil similar ao do presente estudo

podem indicar valores próximos aos que esses atletas podem alcançar até exaustão. Os objetivos deste estudo foram verificar a influência do número de pausas no teste de MFEL sobre a relação obtida no teste de Vcrit, verificar as intensidades de corrida em competições oficiais de 10 km e relacioná-las à Vcrit real e à MFEL predita (modelos clássico e simplificado) e determinar os Tempos Limites (Tlim) individuais dos participantes para a intensidade de MFEL predita (modelo simplificado).

MATERIAL E MÉTODOS

Participantes

Nove atletas profissionais de corridas de fundo de alto rendimento tomaram parte voluntariamente desse estudo. As melhores marcas pessoais desses atletas correspondem à média \pm erro padrão de $91,54 \pm 0,93$ % da velocidade de corrida do recorde mundial (considerados até o ano de 2007) de sua prova específica. Todos os atletas foram extraídos da categoria adulto e sexo masculino, e competem em provas de distâncias que variam de 3.000m (com obstáculos) à maratona. Os participantes cumpriram, obrigatoriamente, um mínimo de 10 unidades de treinamento por microciclo (7 dias), bem como integraram alguma seleção brasileira de atletismo em competições da área sul-americana e/ou mundial nos últimos dois anos. Os valores médios \pm erro padrão da média (EPM) para idade, peso, altura, índice de massa corporal (IMC), idade mínima de treinamento sistemático (IMT), volume em quilômetros por microciclo (VKM) foram $28,44 \pm 4,44$ anos, $63,7 \pm 2,17$ kg, $178,00 \pm 3,80$ cm, $20,12 \pm 0,70$ m², $6,00 \pm 1,00$ anos, e $161,22 \pm 24,05$ km, respectivamente (Tabela 1). A idade de treinamento sistemático (IMT) representa a quantidade (anos) de treinamento regular, diário e consecutivo do atleta. Os valores médios \pm EPM das medidas antropométricas compostas de dobras cutâneas e circunferências estão indicados na Tabela 1a. Durante os testes, os participantes foram orientados a manterem-se em suas rotinas de treinamento, determinadas pela periodização da temporada.

Tabela 1. Características dos participantes ($n = 9$), indicando os valores médios \pm EPM para idade, peso, altura, índice de massa corporal (IMC), idade média de treinamento sistemático (IMT) e volume de quilômetros por microciclo (VKM).

	Idade anos	Peso kg	Altura cm	IMC m²	IMT anos	VKM km
Média(s)	28,44	63,70	178,00	20,12	6,00	161,22
EPM	1,48	0,72	1,26	0,23	0,33	8,01

Tabela 1a. Valores descritivos das medidas antropométricas: dobras cutâneas de tríceps (TR), abdominal (AB), sub-escapular (SE), supra-ílica (SI), peitoral (PT), coxa medial (CXm), coxa (CX), circunferências de punho (Pu) e braço (Br) e porcentual de gordura (PG).

	TR mm	AB mm	SE mm	SI mm	PT mm	CXm mm	CX mm	Pu cm	Br cm	PG %
Média(s)	3,31	4,31	5,12	4,58	3,05	4,01	4,24	16,0	25,05	8,46
EPM	0,32	0,29	0,36	0,26	0,20	0,48	0,42	0,34	0,34	0,15

Os testes foram realizados na pista de atletismo e no laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Rio Claro. Os participantes foram orientados a manterem-se em suas rotinas de treinamento, determinadas pela periodização da temporada. Todos os testes foram precedidos de aquecimento padrão. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências, através de um termo de consentimento livre e esclarecido, assinado pelos participantes.

Determinação da Velocidade Crítica (Vcrit)

Os participantes inicialmente foram submetidos ao teste de Vcrit, modelo distância *versus* tempo, obedecendo ao seguinte protocolo: as distâncias aplicadas aleatoriamente foram de 800, 1500, 3000 e 5000 metros, em dias subsequentes, sempre no período da manhã, em horário de rotina dos treinamentos dos atletas. Os participantes foram avaliados individualmente, sendo solicitado a eles empenho máximo para cobrir as distâncias pré-fixadas no menor tempo possível. Os participantes foram encorajados verbalmente durante

o teste. Os tempos foram registrados por cronômetro manual digital (NIKE TRIAX ELITE HRM S/100®) nas distâncias da pista de atletismo oficial. Para padronização do registro de tempo adotou-se o toque no solo do primeiro passo de corrida para o acionamento do cronômetro. Para a correção dos tempos finais registrados por cronometragem manual adotou-se o seguinte critério: para tempos de 01 a 50 centésimos de segundo, considerou-se o segundo imediatamente inferior (menor tempo) e para tempos entre 51 e 99 centésimos de segundo, considerou-se o segundo imediatamente acima (maior tempo). Exemplo: 800m – 122,38 s (tempo corrigido = 122 s); 122,73 s (tempo corrigido = 123 s). A V_{crit} consistiu da regressão linear das distâncias percorridas e seus respectivos tempos e foi determinada pelo coeficiente angular da reta de regressão. Uma vez determinada a V_{crit} individual, calculou-se a média \pm EPM desse específico parâmetro, para posterior correlação com os resultados médios \pm EPM da MFEL. Para todos os atletas, o coeficiente de determinação da regressão (R^2) foi igual a 1,0.

Determinação da Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL - modelo simplificado)

A partir do resultado da V_{crit} , foram prescritas as intensidades de 97, 95, 93% para aplicação do teste simplificado (pausas reduzidas) de MFEL. Essas intensidades foram aplicadas aleatoriamente e de forma contínua, em dias subsequentes. Nesse teste os participantes correram por 30 min, sendo coletadas amostras de sangue capilar (25 μ L) no repouso, no 10° e no 30° min para a determinação das concentrações de lactato sanguíneo. As amostras foram analisadas por um analisador de lactato automatizado (YSI 1500 Sport). Foi considerada estável a não variação de lactato superior a 1,0 mmol/L entre o 10° e o 30° minuto. O teste de MFELms foi realizado no espaço máximo de duas semanas após o término do teste da V_{crit} . Nesse período, os participantes retomaram suas rotinas de treinamento.

Determinação da equação de predição da MFEL

Após a determinação da V_{crit} individual e das velocidades correspondentes a MFEL, foram estabelecidas curvas relacionando esses parâmetros, de maneira a tornar possível a obtenção de uma equação linear da regressão V_{crit} versus MFELms. Assim, a partir da determinação da intensidade da V_{crit} , foi possível estabelecer as intensidades preditas em MFEL.

Determinação do Tempo de Exaustão individual (T_{lim})

A partir das intensidades encontradas no teste de V_{crit} e da MFELms, foram determinados os T_{lim} para as respectivas cargas. Nesse teste, os atletas correram até a exaustão, na intensidade da MFELms, para determinação do tempo e da distância do esforço. Os participantes foram avaliados individualmente na pista de atletismo, com monitoramento da intensidade por sinal sonoro a cada 100m. O critério de exaustão foi a não manutenção da velocidade imposta em uma distância de 400 metros ou, por desistência voluntária do participante. Foram coletadas amostras de sangue (25µL) no início (repouso) e no final dos testes para a determinação das concentrações da lactato (YSI 1500 Sport). Esse teste foi realizado no espaço máximo de uma semana após o término do teste da MFELms. Neste período, os participantes retomaram suas rotinas de treinamento.

Coleta de resultados em competições oficiais

Foram coletados resultados oficiais na distância de 10 km obtidos pelos atletas em competições de pista ou rua canceladas pelos seguintes órgãos: Federação Paulista de Atletismo, Confederação Brasileira de Atletismo e *International Association of Athletics Federation*, nos 2 últimos anos que antecederam as coletas de dados.

Análise estatística

Os dados estão apresentados em média \pm erro padrão da média e coeficiente de variação (CV) calculado pela equação $\text{desvio padrão} \div \text{média} * 100$. Para todos os parâmetros foi aplicada análise de normalidade e homogeneidade da amostra. Foi utilizada análise de variância *one way* entre os valores de velocidades obtidos para os testes de MFEL e de V_{crit}. Para esses valores foi aplicada também análise de correlação produto-momento. Em todos os casos, o nível de significância foi fixado em $P < 0,05$.

RESULTADOS

Velocidade Crítica

Quatro distâncias independentes foram realizadas para determinar a V_{crit}: 800m, 1500m, 3000m e 5000m. Os resultados dessas corridas são mostrados na Tabela 2. Os dados indicam que quanto maior à distância percorrida, menor foi o desempenho. A

correlação entre a distância *versus* tempo obtida desses quatro testes, projetou uma reta de regressão linear cujo coeficiente angular foi utilizado na determinação da V_{crit} . A média \pm EPM da intensidade (velocidade) de corrida encontrada para a V_{crit} do grupo de participantes foi $19,10 \pm 0,03$ Km/h. A média \pm EPM do coeficiente de determinação da regressão linear (R^2) obtida pelas equações de regressão foi $0,99973 \pm 0,000059$. Na figura 1 são apresentados três exemplos de retas de regressão obtidos a partir dos resultados dos testes de V_{crit} . Coeficiente de variação (CV) é uma medida de dispersão empregada para estimar a precisão dos valores e representa o desvio-padrão expresso como porcentagem da média.

Tabela 2. Valores dos resultados para as quatro distâncias do teste de V_{crit}

Distâncias	800	1500	3000	5000	V_{crit}
	Tempo (s)				m/s
1	119	238	512	906	5,31
2	120	242	513	896	5,40
3	123	244	516	891	5,45
4	120	238	523	894	5,39
5	113	238	534	926	5,14
6	121	246	535	908	5,31
7	126	246	542	923	5,23
8	128	256	552	935	5,18
9	122	240	528	886	5,45
Média (s)	121,33	243,11	528,33	907,22	5,31
EPM	1,43	1,94	4,57	5,76	0,03
CV (%)	3,5	2,3	2,6	1,9	2,18

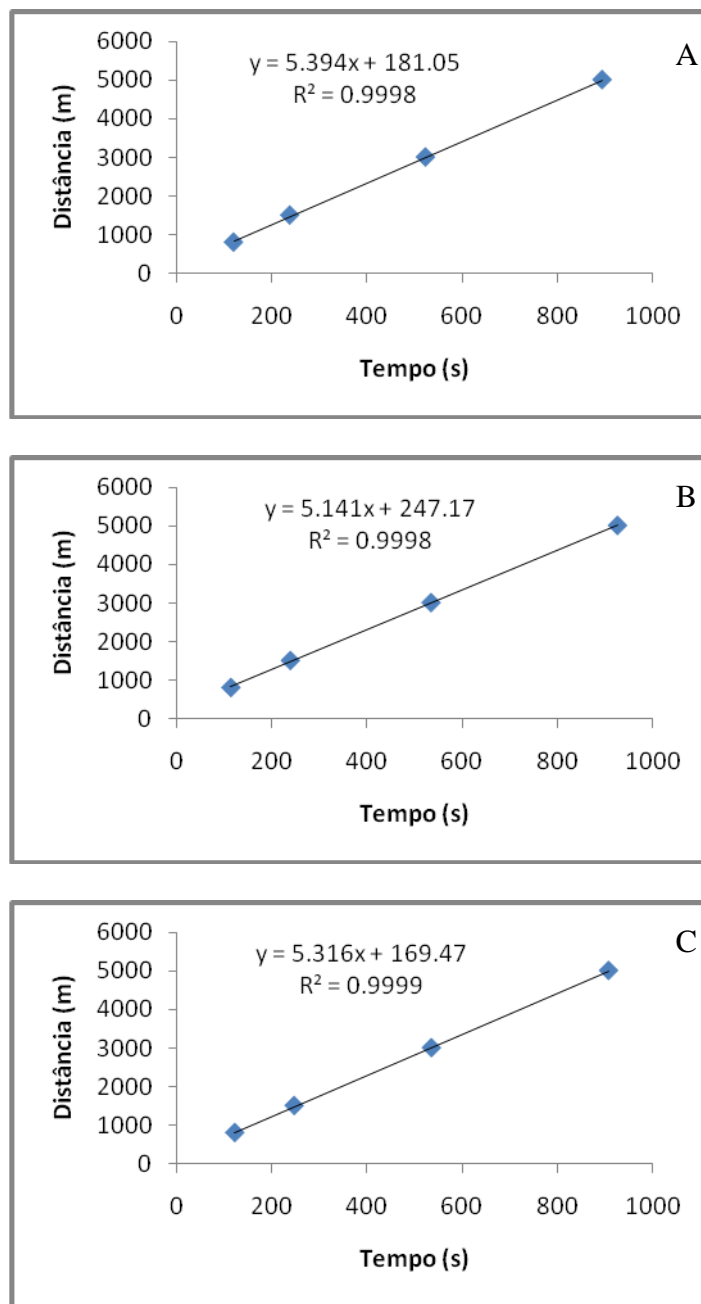


Figura 1. Os gráficos A, B e C exemplificam as retas de regressão obtidas a partir do teste de V_{crit} (modelo distância *versus* tempo) para três diferentes atletas participantes. Na equação da reta, o coeficiente angular (valor de “a”) representa a V_{crit} estimada, indicada pela intensidade (velocidade) na unidade de m/s.

Máxima Fase Estável de Lactato - MFELms

Uma vez determinadas as Vcrit individuais, foi possível estabelecer as intensidades de corrida para o teste de MFELms. Os resultados do teste com carga na intensidade a 97% da Vcrit indicou valores médios \pm EPM nas concentrações de lactato sanguíneo no 10° e no 30° minuto de $3,22 \pm 0,44$ mmol/L e $4,91 \pm 0,49$ mmol/L, respectivamente. Portanto, apresentou uma variação superior a 1,0 mmol/L de lactato sanguíneo, não caracterizando a estabilização. A intensidade de 93% da Vcrit apresentou valores médios \pm EPM nas concentrações de lactato sanguíneo no 10° e no 30° minuto de $2,01 \pm 0,15$ mmol/L e $2,58 \pm 0,32$ mmol/L, respectivamente. Na intensidade de 95% os valores médios \pm EPM encontrados nas concentrações de lactato sanguíneo no 10° e no 30° minuto foram de $2,55 \pm 0,26$ mmol/L e $3,54 \pm 0,31$ mmol/L, respectivamente. Assim, a intensidade de 95% da Vcrit representou a intensidade máxima do teste em que não ocorreu variação superior a 1,0 mmol/L de lactato sanguíneo entre o 10° e o 30° minuto, caracterizando a estabilização (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de intensidade, concentrações de lactato sanguíneo e porcentual da Vcrit real encontrados nos testes de MFEL modelos clássico e simplificado.

	MFEL (modelo clássico)	MFEL (modelo simplificado)
Intensidade	$18,7 \pm 0,06$ km/h*	$18,0 \pm 0,10$ km/h
[lac]	10° min - $3,62 \pm 0,44$ mM	10° min - $2,55 \pm 0,26$ mM
estabilização	30° min - $4,18 \pm 0,35$ mM	30° min - $3,54 \pm 0,31$ mM
% Vcrit	98%	95%

* Diferença significativa ($p < 0,05$).

Para todos os atletas a MFELms ocorreu na intensidade correspondente a 95% da Vcrit (Figura 2). Para os atletas 3 e 8, a estabilização ocorreu a 97% e 93%, respectivamente. A média \pm EPM da intensidade (velocidade) de corrida encontrada na MFELms do grupo de participantes foi $18,0 \pm 0,10$ km/h (Tabela 3).

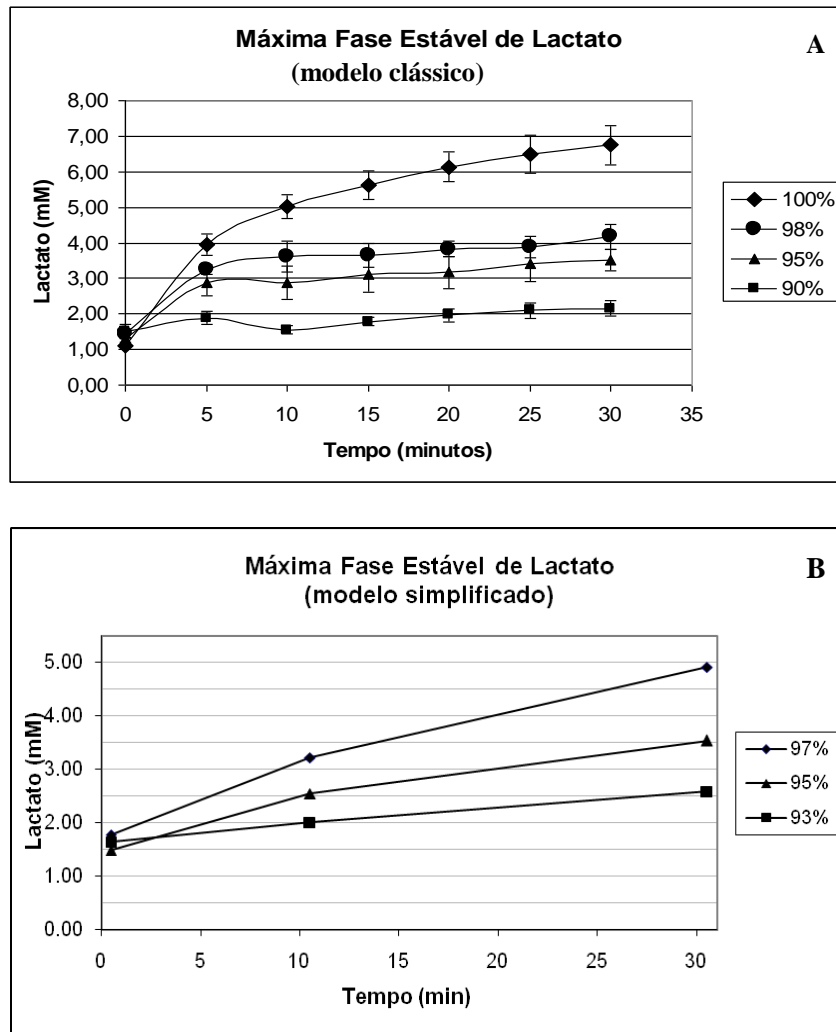


Figura 2. A figura A indica os valores médios \pm erro padrão da média das concentrações de lactato encontradas no teste de MFELmc, observadas em cargas correspondentes a 100, 98, 95 e 90% da Vcrit. Foi verificada estabilização máxima a 98% da Vcrit (10.º min, $3,62 \pm 0,44$ mmol/L; 30.º min, $4,18 \pm 0,35$ mmol/L). Na figura B encontram-se os valores médios \pm erro padrão da média das concentrações de lactato sanguíneo encontradas no teste de MFELms, observadas em cargas correspondentes a 97, 95 e 93% da Vcrit. Foi verificada estabilização máxima a 95% da Vcrit (10.º min, $2,55 \pm 0,26$ mmol/L; 30.º min, $3,54 \pm 0,31$ mmol/L).

Tabela 4. Porcentuais referentes à intensidade encontrada no teste de MFEL – modelo clássico (MFELmc), MFEL – modelo simplificado (MFELms) e velocidade de competição em 10 km (VC10km) relacionadas com a Vcrit real.

Atletas	MFELmc	MFELms	VC10km
% Vcrit real			
1	98	95	104,2
2	98	95	106,6
3	98	97	106,2
4	98	95	103,3
5	98	95	105,0
6	98	95	102,9
7	98	95	106,6
8	90	93	105,0
9	98	95	104,0
Média (s)	97,1	95,0	104,8
EPM	0,88	0,33	0,46
CV(%)	2,7	1,0	1,31

Equação de predição da Máxima Fase Estável de Lactato

Houve correlação significativa entre os resultados expressos em km/h (velocidade) para Vcrit e MFEL ($p=0,005$, $r=0,68$). A equação obtida pela regressão linear (Eq.1) é mostrada abaixo, tendo sido obtido erro padrão da estimativa de 0,071 .

$$\mathbf{MFEL = 0,827 * Vcrit + 0,607}$$

Equação 1. Eq. 1 – Equação de predição da MFEL a partir de resultados de Vcrit.

A Figura 3 abaixo indica a correlação dos valores individuais para as intensidades alcançadas para cada atleta na V_{crit} e MFELms, resultando na equação de predição 1.

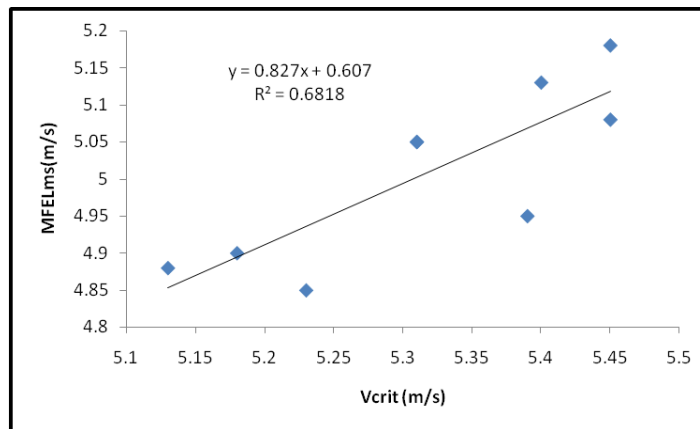


Figura 3. Retas de regressão obtida a partir dos resultados de V_{crit} e MFELms e equação de predição da MFEL.

Tempo de Exaustão individual (T_{lim}) e tempo de competição em 10 km.

Para o teste de T_{lim} de cada um dos atletas participantes, foi aplicada a intensidade encontrada para a MFELms em que foi observada estabilização das concentrações de lactato sanguíneo. Para a variável de tempo, o resultado da média \pm EPM foi 47 min 29s \pm 3 m 35 s. Já para a variável distância, o resultado da média \pm EPM foi 14,42 \pm 1,12 km. Os valores médios \pm EPM encontrados para as concentrações de lactato sanguíneo no repouso e após esforço foram 2,12 \pm 0,25 mmol/L e 5,43 \pm 0,59 mmol/L, respectivamente. Na tabela 5 encontram-se os valores indicados acima, bem como os melhores tempos de competição em 10 km de cada um dos participantes.

Tabela 5. Teste de Tlim: tempo (T) e distância (D) de exaustão e concentrações de lactato sanguíneo no repouso (LacR) e no esforço (LacE). Melhor tempo de competição em 10 km.

Atletas	D	T	LacR	LacE	10 km
	km	min	mM	mM	min
1	14,6	46m12s	1,67	7,24	29m37s
2	10,2	32m15s	2,55	5,21	29m54s
3	17,2	56m25s	1,34	4,65	29m35s
4	14,0	45m58s	0,71	5,17	29m57s
5	19,0	61m38s	1,48	2,90	29m55s
6	15,4	49m50s	0,76	3,63	29m42s
7	18,0	59m45s	2,45	5,26	30m23s
8	11,8	40m14s	1,70	6,06	30m38s
9	9,6	33m21s	2,83	8,77	30m50s
Média (s)	14,42	47m29s	1,72	5,43	30m03s
EPM	1,12	3m35s	0,25	0,59	0m09s
CV (%)	23,3	22,7	43,6	32,6	1,5

DISCUSSÃO

Confirmando estudo de Jenkins & Quigley (1991) com ciclistas treinados em testes em ciclo ergômetro, que indicam a V_{crit} superestimada em 4,7% e estudo de Maclellan & Cheung (1992) com ciclistas regularmente ativos, que revela resultados superestimados quando associados à MFEL, a intensidade resultante do teste de MFELms no presente estudo apresentou valores médios \pm EPM de $18,0 \pm 0,10$ km/h e valores médios \pm EPM de $19,1 \pm 0,03$ km/h para a V_{crit} , indicando uma vez mais a tendência do teste de V_{crit} em superestimar seus resultados. A velocidade de corrida encontrada na estabilização da concentração do lactato sanguíneo no teste MFELms foi de 95% do valor da V_{crit} real. Os valores das concentrações de lactato sanguíneo encontrados na estabilização (10° e 30° minuto, $2,55 \pm 0,26$ mmol/L e $3,54 \pm 0,31$ mmol/L, respectivamente) se associam com outros estudos que indicam uma média da concentração de lactato sanguíneo na MFEL próxima a 4 mmol/L, porém, com ampla variação entre indivíduos (GAESSER &

WILSON, 1988; MORTON, 1996). Estudo de Billat et al. (1994) e Beneke et al. (2000), ambos com amostras de sangue capilarizado, indicam que a concentração de lactato sanguíneo permanece constante durante o exercício, variando de 2,2 até 6,7 mmol/L (valores médios de $3,9 \pm 1$ mmol/L) para Billat et al. (1994) e de 1,9 até 7,5 mmol/L para Beneke et al. (2000).

A velocidade de corrida (intensidade) encontrada no teste de MFELmc (D'ANGELO & GOBATTO, 2006) superestimou a intensidade encontrada no teste de MFELms ($18,7 \pm 0,06$ km/h e $18,0 \pm 0,10$ km/h, respectivamente), apresentando diferença significativa entre elas ($p < 0,05$). Isso pode ter ocorrido pela ausência de pausas no protocolo do teste de MFELms. Para essa amostra de participantes, fundistas de alto rendimento, um razoável percentual do treinamento sistemático é desenvolvido utilizando-se a metodologia do treinamento por intervalos, causando adaptações fisiológicas profundas (ZINTL, 1991), gerando uma alta e eficaz capacidade de recuperação do atleta com pausas de até 60 s. Por outro lado, quando comparadas às concentrações de lactato sanguíneo encontradas nas velocidades de estabilização em ambos os testes de MFEL, modelos clássico (D'ANGELO & GOBATTO, 2006) e simplificado, observam-se valores dentro das médias mínimas e máximas encontradas em outros estudos (BILLAT et al., 1994; BENEKE et al., 2000), $3,62 \pm 0,44$ mmol/L e $4,18 \pm 0,35$ mmol/L e $2,55 \pm 0,26$ mmol/L e $3,54 \pm 0,317$ mmol/L, respectivamente para os testes de MFEL – modelos clássico e simplificado. Dessa forma, os resultados encontrados para a intensidade e concentrações de lactato sanguíneo em ambos os testes de MFEL (modelos clássico e simplificado) indicam que o número de pausas pode interferir no resultado encontrado para ambas variáveis.

Embora estatisticamente os valores para a intensidade apresentem diferenças significativas para fundistas de alto rendimento, tais diferenças podem ser ainda mais sensíveis quando aplicadas na prescrição do treinamento e na predição de ritmos de competição. Quando relacionadas às intensidades encontradas em ambos os testes de MFEL com a média dos recordes pessoais na distância dos 10 km dos atletas em questão, observa-se que a velocidade de estabilização no teste de MFELmc ocorreu a 93% da velocidade média dos recordes pessoais de 10 km e no teste de MFELms a 90%. Segundo Hopkins et al. (1998) em estudo sobre medidas de variabilidade para atletas de elite em eventos competitivos, os valores do coeficiente de variação (CV) em estudos publicados e

não publicados para uma determinada série de competições foram de 1,1% para distâncias de 10 km e 3,0% para a maratona (42,195m). Se aplicados os CV às intensidades previstas para competição obtidas através dos testes de MFEL – modelo clássico ou simplificado, poderemos, por um lado, subestimar a carga tolerável pelo atleta ou, por outro superestimar a mesma, levando o atleta a exaustão precoce. Assim, sugere-se que a diferença de 3% entre as velocidades encontradas nos testes de MFEL – modelos clássico e simplificado calculados a partir da V_{crit} , sob o aspecto da aplicação prática, pode ser significativamente diferente para fundistas de alto rendimento.

Estudo de Mognoni et al. (1990) investigou respostas fisiológicas durante o exercício prolongado em intensidade correspondente a concentração fixa de 4 mmol/L em sujeitos moderadamente treinados, encontrando tempo médio de exaustão de 32,2 min e valores de concentrações de lactato sanguíneo ao final do esforço de $5,3 \pm 2,3$ mmol/L. Schnäbel et al. (1982), em estudo com estudantes de educação física, reporta T_{lim} de 50 min de corrida sustentados na velocidade do limiar anaeróbio individual (LAI), com MFEL entre 2,7 e 6 mmol/L. Stegmann & Kindermann (1982) indicam que atletas bem treinados podem exercitar na intensidade do LAI por 50 min com concentrações de lactato sanguíneo variando entre 2 a 7 mmol/L. O presente estudo, com valores médios \pm EPM encontrados para o T_{lim} de 47 min 29 s \pm 3 min 35 s e concentrações de lactato sanguíneo variando entre 2,9 a 8,7 mmol/L, confirma dados apresentados por outros autores. Para a variável distância, os valores médios \pm EPM de $14,42 \pm 1,12$ km encontrados no teste de T_{lim} indicam que a MFELms prevista a partir do teste de V_{crit} pode ser um bom indicador de desempenho aeróbio, especialmente para distâncias de 10 km a meia maratona (21,097m).

A Tabela 3 indica forte associação dos valores encontrados nos testes para predição de intensidade de corrida em MFEL – modelos clássico e simplificado, a partir da V_{crit} para todos os participantes do experimento. Indica também importante relação da V_{crit} real com a velocidade de competição em 10 km. Dessa maneira, pode ser possível para o treinador de fundistas de alto rendimento aplicar como instrumento o teste de V_{crit} sugerido no presente estudo, corrigir com a equação proposta e obter, com confiabilidade e baixo erro de estimativa, valores de LAn para prescrição de cargas de treinamento e predição de intensidades de competição para distâncias de 10 km.

Concluindo, foi observada influência significativa do número de pausas no presente estudo quando aplicado o protocolo de MFEL – modelo simplificado, sobre a relação obtida no teste de V_{crit} . Para atletas de fundo de alto rendimento, tais diferenças podem ser ainda mais significativas quando aplicado o CV para elevados desempenhos. As intensidades de corrida em competições oficiais de 10 km, a V_{crit} real e a MFEL predita (modelos clássico e simplificado) mostraram importante relação na determinação de velocidades de treinamento e competições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACON L, KERN M. **Evaluating a test protocol for predicting maximal lactate steady state.** J Sports Med Phys Fitness 1999; 39: 300-8.
- BENEKE R, HÜTLER M, LEITHÄUSER R. **Maximal lactate steady-state independent of performance.** Med. Sci. Sports Exerc 2000; 32:1135-9.
- BENEKE R, VON DUVILLARD, S P. **Determination of maximal lactate steady-state response in selected sports events.** Med Sci Sports Exerc 1996; 28:241-246.
- BENEKE R. **Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing.** Med Sci Sports Exerc 1995; 27:863-867.
- BILLAT LV, DALMAY F, ANTONINI MT et al. **A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise.** Eur J Appl Physiol 1994, 69:196-202.
- BILLAT LV, SIRVENT P, PY G, KORALSZTEIN JP, MERCIER J. **The concept of maximal lactate steady state. A bridge between biochemistry, physiology and sport science.** Sports Med 2003; 33:407-426.
- BILLAT LV. **Current perspectives on performance improvement in the marathon: From universalisation to training optimisation.** News Studies in Athletics – IAAF 2005; 20:3; 21-39.
- BILLAT LV. **Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: recommendations for long-distance running.** Sports Med 1996; 22:157-175.
- D'ANGELO RA, GOBATTO CA. **Predição da intensidade de corrida em máxima fase estável de lactato a partir da velocidade crítica em atletas fundistas de alto**

rendimento. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, Suplemento Especial 14(4), 50, 2006.

FARREL PA et al. **Plasma lactate accumulation and distance running performance.** Med Sci Sports Exerc 1979; 11:338-44.

GAESSER GA, CARNEVALE TJ, GARFINKEL A et al. **Estimation of critical power with non linear and linear models.** Med Sci Sports Exerc 1995; 27: 1430-8.

GAESSER GA, WILSON LA. **Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance time relationship for high-intensity exercise.** Int J Sports Med 1988; 9: 417-21.

GUEDES DP. **Gordura Corporal: validação da equação proposta por Faulkner em jovens pertencentes à população brasileira.** Artus, 1986; 17:10-3.

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

HILL DW. **The critical power concept: a review.** Sports Med 1993;16:237-254;

HOOGEVEEN AR, HOOGSTEN J, SCHEP G. **The maximal lactate steady state in elite endurance athletes.** Jpn J Physiol 1997; 47: 481-5.

HOPKINS WG, HAWLEY JA, BURKE LM. **Design and analysis of research on sport performance enhancement.** Medicine & Science in Sports & Exercise 0195-9131/99/3103-0472/0, 1998.

JENKINS DG, QUIGLEY BM. **The Y-intercept of the critical power duration as a measure of anaerobic work capacity.** Ergonomics 1991; 34:13-22.

MCLELLAN TM, CHEUNG KSY, JACOBS I. **Incremental test protocol, recovery mode, and the individual aerobic threshold.** Int. J. Sports Med 1991; 12:190-195.

MCLELLAN TM, CHEUNG KSY. **A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power.** Med Sci Sports Exerc 1992; 0195-9131/92/2405-0543/0.

MCLELLAN TM, JACOBS I. **Reliability, reproducibility and validity of the individual anaerobic threshold.** Eur J Appl Physiol 1993; 67:125-31.

MCLELLAN, T. M., JACOBS, I.; **Active recovery, endurance training, and the calculation of the individual anaerobic threshold.** *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 21:586-592, 1989.

MOGNONI P, SIRTORI MD, LORENZI F. et al. **Physiological responses during prolonged exercise at the power output corresponding to the blood lactate threshold.** *Eur J Appl Physiol* 1990; 60: 239-43.

MONOD H, SCHERRER J. **The work capacity of synergy muscular group.** *Ergonomics* 1995; 8:339-50.

MORTON RH. **A 3-parameter critical power model.** *Ergonomics* 1996; 39: 611-9.

OYONO-ENGUELE S, HEITZ A, MARBACH J et al. **Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic thresholds.** *Eur J Appl Physiol* 1990; 60: 321-30.

SCHÄBEL A, KINDERMANN W, SCHMITT WM et al. **Hormonal and metabolic consequences of prolonged running at the individual anaerobic threshold.** *Int J Sports Med* 1982; 3: 163-8

SMITH CGM, JONES AJ. **The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners.** *Eur J Appl Physiology* 2001; 85:19-26.

STEGMANN H, KINDERMAN W, SCHNÄBEL A. **Lactate kinetics and individual anaerobic threshold.** *Int. J. Sports Med* 1981; 2:160-165.

STEGMANN, H. e KINDERMAN, W. **Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l lactate.** *Int. J. Sports Med* 3:105-110, 1982.

ZINTL, F. **Entrenamiento de la resistencia.** Martínez Roca S. A., 1991.

CAPITULO 3: MÉTODOS

3.1. Amostra

A população deste estudo foi constituída por fundistas de alto rendimento, categoria adulto, de uma equipe profissional do Estado de São Paulo filiada à Federação Paulista de Atletismo e Confederação Brasileira de Atletismo, e que integraram alguma Seleção Brasileira em competições de nível Sul-Americano e/ou Mundiais. As melhores marcas pessoais desses atletas correspondem à média \pm erro padrão de $92,31 \pm 0,89$ % da velocidade de corrida do recorde mundial (considerados até o ano de 2011) de sua prova específica. Participaram 6 atletas, do sexo masculino, com idades variando entre 22 - 32 anos. Os atletas foram submetidos a uma avaliação antropométrica, sendo determinados o Índice de Massa Corporal (IMC), diâmetros de punho e fêmur e dobras cutâneas (tríceps, subescapular, supra-íliaca e abdominal) para porcentual de gordura. Os atletas ou responsáveis assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido por escrito autorizando a realização dos testes e a coleta de sangue (Anexo I).

3.2. Desenho experimental

Os testes foram realizados na pista sintética de atletismo oficial (Classificação Nível II da Federação Internacional de Atletismo – IAAF), do Centro Esportivo de Alto Rendimento – CEAR, Prefeitura de Campinas. Os atletas foram avaliados nas seguintes oportunidades durante a periodização do treinamento, ao longo de 1 ciclo de 4 temporadas: 1) ao final do período de preparação geral (I), em cada uma das 4 temporadas, pelo teste de Vcrit modelo distância *versus* tempo; 2) coleta do melhor resultado de cada uma das 4 temporadas na distância de Meia Maratona - 21,097m (MMHM), em competições oficiais; 3) quantificação do volume médio em quilômetros percorridos por microciclo (VKM) por cada atleta em cada uma das 4 temporadas; 4) medidas antropométricas (MAnt) ao longo do ciclo, com intervalos de seis meses; 5) coleta da Percepção Subjetiva de Cansaço (PSC) e Percepção Subjetiva de Intensidade (PSI) ao longo do ciclo; 6) teste de exaustão (Tlim), na última temporada do ciclo, nas intensidades determinadas no teste de MFEL predita,

modelo reduzido de pausas (MFELms). Foram adicionadas informações a respeito do índice de desempenho ($\Delta\%$) que indicou a evolução técnica do atleta ao longo do ciclo. Todos os indicadores aqui selecionados foram utilizados para contemplar os objetivos específicos dos 3 estudos previstos. O cronograma de coleta de dados está indicado no Quadro 1.

Quadro 1. Cronograma de coleta de dados: velocidade crítica (Vcrit); limiar anaeróbio (LAn); melhor marca na distância de meia maratona – 21,097m (MMHM); volume médio em quilômetros percorridos por microciclo (VKM); percepção subjetiva de cansaço (PSC); percepção subjetiva de intensidade (PSI); medidas antropométricas (MAnt); tempo de exaustão (Tlim) e índice de desempenho (ID). Os espaços marcados com “O” indicam coleta de dados para aquele período, enquanto aqueles marcados com “X” indicam dados não coletados.

	2009	2010	2011	2012
Vcrit	O	O	O	O
LAn	O	O	O	O
MMHM	O	O	O	O
VKM	O	O	O	O
PSC	O	O	O	O
PSI	O	O	O	O
MAnt	O	O	O	O
Tlim	X	X	X	O
ID	O	O	O	O

3.3. Técnicas e instrumentos

Teste de Velocidade Crítica (Vcrit)

Os atletas foram submetidos ao teste de Vcrit, modelo distância *versus* tempo, obedecendo ao seguinte protocolo:

- As distâncias aplicadas são 800m, 1.500m, 3.000m e 5.000m, realizadas aleatoriamente, em dias subsequentes, no período da manhã, em horário de treinamento de rotina dos atletas. Os participantes foram avaliados individualmente, sendo solicitado a eles

realizarem as distâncias pré-fixadas no menor tempo possível. Os tempos foram registrados por cronômetro digital (NIKE TRIAX ELITE S/100) nas distâncias da pista sintética de atletismo oficial (Classificação Nível II da Federação Internacional de Atletismo – IAAF), do Centro Esportivo de Alto Rendimento – CEAR, Prefeitura de Campinas. A V_{crit} foi determinada pelo coeficiente angular da reta de regressão obtida a partir dos resultados das distâncias e respectivos tempos.

Determinação de equação de predição da MFEL

Após a determinação das V_{crit} individuais, bem como das velocidades correspondentes às MFEL (modelos clássico e simplificado), foram estabelecidas curvas relacionando esses parâmetros, de maneira a tornar possíveis a obtenção de equações lineares da regressão V_{crit} versus MFEL (clássico) e V_{crit} versus MFEL (simplificado). Dessa forma, foi possível estabelecer as intensidades preditas da MFEL a partir da determinação da intensidade da V_{crit} . As duas equações obtidas foram aplicadas na sistemática de treinamento dos participantes, o que permitiu a verificação daquela equação que apresenta o menor erro sistemático e a melhor acurácia.

Coleta de resultados de competições oficiais

Foram coletados resultados oficiais obtidos pelos atletas em competições chanceladas pelos seguintes órgãos: Federação Paulista de Atletismo, Confederação Brasileira de Atletismo e *International Association of Athletics Federation*, nos últimos quatro anos na distância de Meia Maratona (21,097m).

Determinação do Tempo de Exaustão individual

A intensidade aplicada ao teste de T_{lim} foi determinado a partir das intensidades encontradas no teste de V_{crit} e posteriormente da MFELms predita por equação de correção. Nesse teste, os atletas correram até a exaustão, na intensidade da MFELms para determinação do tempo e da distância do esforço. Os participantes foram avaliados individualmente, na pista sintética de atletismo oficial (Classificação Nível II da Federação Internacional de Atletismo – IAAF), do Centro Esportivo de Alto Rendimento – CEAR, Prefeitura de Campinas, com monitoramento da intensidade por sinal sonoro a cada 100m. O critério de exaustão foi a não manutenção da velocidade imposta em uma distância de 400m metros, ou ainda a desistência voluntária do participante. Foram coletadas amostras

de sangue (25 μ L) no início (repouso) e no final dos testes para a determinação das concentrações de lactato (*ACCUTREND® LACTATE*).

Percepção Subjetiva de Cansaço e Percepção Subjetiva de Intensidade

A percepção subjetiva de cansaço (PSC) foi avaliada com base na escala de esforço proposta por Borg (2000) com adaptação de Jurado e Borin (2006) e apresentada na Tabela 1. Foram coletados dados antes e após cada sessão de treinamento, em que o avaliador se refere ao atleta da seguinte forma: “*Qual seu estado de cansaço neste momento de acordo com a escala?*”. Associado ao instrumento da PSC, foi aplicada aos atletas a escala de percepção subjetiva de intensidade (PSI) proposta por Foster (1998) e apresentada na Tabela 2. Após as sessões de treinamento o avaliador se refere ao atleta da seguinte forma: “*Qual foi a intensidade do treinamento em relação a escala?*”. Tais instrumentos foram utilizados para calcular o impacto da carga de treino nos atletas em cada sessão, microciclo e mesociclo da periodização da temporada.

Tabela 1. Escala de Cansaço com 15 níveis (6-20) (JURADO, BORIN, 2006).

Escala de Cansaço	
6	
7	Muito, Muito Bem
8	
9	Muito Bem
10	
11	Bem
12	
13	Pouco Cansado
14	
15	Cansado
16	
17	Muito Cansado
18	
19	Muito, Muito Cansado
20	Exausto

Tabela 2. Escala de intensidade do treinamento (FOSTER, 1998).

0	Repouso
1	Muito Muito
2	Fraco
3	Moderado
4	Algo Forte
5	Forte
6	
7	Muito Forte
8	
9	
10	Máximo

Índice de desempenho

Como indicador de melhora de desempenho (ID) foram coletados os melhores resultados de cada atleta para cada temporada do ciclo, em sua prova de melhor aptidão, e calculadas as diferenças percentuais ($\Delta\%$).

Avaliação Antropométrica

A avaliação antropométrica consistiu na mensuração do peso corporal através de uma balança da marca Filizola, calibrada com precisão aproximada de 0,5 kg; da estatura através de um estadiômetro localizado na balança com escala de 0,5 cm; diâmetro de punho e fêmur; do índice de massa corporal que é obtido através da razão do peso corporal pela altura ao quadrado; do percentual de gordura obtido pela equação de Faulkner (1968), através da obtenção das dobras cutâneas abdominal, subescapular, tríceps e supra-ílica pelo compasso da marca Cescorf.

3.4. Aspectos éticos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus – Rio Claro, conforme o documento Termo de Consentimento Livre e Esclarecido apresentado no Anexo I. Os atletas ou responsáveis assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido por escrito autorizando a realização dos testes e a coleta de sangue.

3.5. Análise estatística

Os resultados foram apresentados em médias \pm erro padrão (EPM). Para todos os parâmetros foi aplicada análise de normalidade e homogeneidade da amostra. Foi utilizada análise de variância *one way* entre os valores de velocidades obtidos para os testes de máxima fase estável de lactato (clássico e simplificado) e de velocidade crítica. Para esses valores, foi aplicada também análise de correlação produto-momento. Os resultados de tempos limites nas velocidades críticas são descritivos, mas análise de correlação produto-momento entre esses parâmetros foi realizada para avaliar se houve independência da intensidade do esforço sobre o tempo de exaustão. Análise de variância *two way* foi aplicada para comparar as velocidades obtidas nas competições e aquelas determinadas pelo teste de velocidade crítica e pelas equações de correções de MFEL, tendo como efeitos os protocolos utilizados e as distâncias das competições. Análise de correlação intraclassa foi aplicada entre esses parâmetros para avaliar a confiabilidade das equações de predição. Em todos os casos, o nível de significância foi prefixado para $P < 0,05$.

CAPITULO 4: RESULTADOS

4.1. ESTUDO 3: D'ANGELO, R. A., ARRUDA, M. INTENSIDADES DE CORRIDA APLICADAS A SISTEMÁTICA DE TREINAMENTO DE FUNDISTAS DE ALTO RENDIMENTO. Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, SP Brasil

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar a aplicabilidade e acurácia entre as equações de predição de máxima fase estável de lactato modelo clássico (MFELmc) e modelo simplificado (MFELms), a partir do teste de velocidade crítica (Vcrit) e verificar as diferenças entre as intensidades encontradas nos testes de Vcrit realizados com coleta de tempos para 3 distâncias e 4 distâncias. Participaram 6 atletas, do sexo masculino, com idades variando entre 22 - 32 anos, com marcas pessoais correspondendo à média \pm erro padrão de $92,31 \pm 0,89$ % da velocidade de corrida do recorde mundial (considerados até o ano de 2011). Os participantes realizaram o teste de Vcrit, que consistiu da regressão linear entre as distâncias percorridas (800, 1500, 3000 e 5000m) e seus respectivos tempos. A Vcrit foi determinada pelo coeficiente angular da reta de regressão considerando o protocolo de 4 distâncias (4D) e 3 distâncias (3D-5 e 3D-8). Aos resultados da Vcrit foram aplicadas as equações de predição de MFELmc e MFELms e estimados os valores do limiar anaeróbio (LAN). Foram coletados conceitos numéricos de percepção subjetiva de intensidade (PSI) e percepção subjetiva de cansaço (PSC) para determinar o impacto da carga predita à partir das equações de predição. A média \pm EPM da intensidade de corrida encontrada para a Vcrit, considerando 4D foi $19,98 \pm 0,04$ Km/h e $20,30 \pm 0,06$ Km/h e $19,80 \pm 0,04$ Km/h, considerando 3D-5 e 3D-8, respectivamente. Os valores médios \pm EPM intragrupo dos conceitos de PSC e PSI que avaliaram o impacto da carga não apresentaram diferença significativa entre os microciclos 1 e 2, portanto, não foram suficientemente sensíveis para identificar diferenças na acurácia entre as equações de predição de MFELmc e MFELms. Os valores de Vcrit de 4D quando comparados a 3D-5 e 3D-8 não apresentaram diferença significativa, enquanto os valores de 3D-5 e 3D-8, quando comparados, apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$). O protocolo de teste de Vcrit para estimar o LAN de atletas fundistas de alto rendimento, quando aplicado no modelo distância vs tempo e com tomada de tempo para 4 distâncias e 3 distâncias se mostrou eficaz e confiável, uma vez que não foram encontradas diferenças significativas nos valores dessas variáveis. A aplicação dos instrumentos de monitoramento de carga PSI e PSC se mostraram eficazes na escolha dos métodos, meios de treinamento e vias metabólicas trabalhadas quando relacionados à dinâmica de carga do microciclo-tipo, entretanto, não foram suficientemente sensíveis para identificar diferenças na acurácia entre as equações de predição de MFELmc e MFELms.

Palavras Chave: Máxima Fase Estável de Lactato, Velocidade Crítica, Corredores Fundistas e Percepção Subjetiva.

ABSTRACT

The aim of this study was to verify the applicability and accuracy between the equations of the prediction of the maximum lactate steady state classical model (MLSScm) and simplified model (MLSSsm), from the critical speed test (CS) and to verify the differences among the intensities found CS tests performed by collecting times for 3 distances and for 4 distances. Six male athletes participated, aged 22-32 years, with personal bests corresponding to the mean \pm standard error of $92,31 \pm 0,89\%$ of the running speed of world record (considered until the year 2011). The participants were submitted to the CS test which consisted on the linear regression of the distances (800, 1500, 3000 and 5000m) and their respective times. The CS was determined by the angular coefficient of the linear regression considering the protocol of 4 distances (4D) and 3 distances (3D-5 and 3D-8). To the results of the CS were applied the prediction equations of MLSScm and MLSSsm and it was estimated values of anaerobic threshold (AT). It was collected numeric concepts of the subjective perception of intensity (SPI) and subjective perception of fatigue (SPF) to determine the impact of the predicted load from the prediction equations. The mean \pm SEM of running intensity found for CS, considering 4D was $19,98 \pm 0,04$ Km/h and $20,30 \pm 0,06$ Km/h and $19,80 \pm 0,04$ Km/h, considering 3D-5 and 3D-8, respectively. The mean values \pm SEM of the SPI and SPF concepts intragroup that evaluating the impact of the load did not differ significantly the microcycles 1 and 2, so they were not sensitive enough to identify differences in accuracy between the prediction equations of MLSScm and MLSSsm. The CS values of 4D when compared to 3D-5 and 3D-8 showed no significant difference, while the values of 3D-5 and 3D-8 showed significant differences when compared ($P < 0,05$). The CS test protocol to estimate the AT in high performance distance runners when applied by the model distance vs time and collecting time for 4 distances and 3 distances showed to be effective and reliable, once no significant differences were found in values of these variables. The application of monitoring loads tools SPI and SPF showed to be effective on the choosing of methods, means of training and metabolic pathways when related to dynamic loading microcycle-type, however, were not sufficiently sensitive to identify differences in accuracy between MLSScm and MLSSsm prediction equations.

Key words: Maximum Lactate Steady State, Critical Speed, Distance Runners, Subjective Perception.

INTRODUÇÃO

Testes de desempenho aeróbio estão presentes nos programas de treinamento elaborados por treinadores, professores e técnicos de corrida. Considerando um programa bem organizado, com objetivos bem definidos para cada fase, os indicadores apontados por esses instrumentos orientam cargas de treinamento ao longo da periodização e auxiliam os treinadores no controle da progressão ou redução dessas variáveis.

Entre os vários testes de desempenho aeróbio que buscam encontrar um parâmetro fisiológico de carga confiável, a Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL) é considerado “padrão ouro” na determinação do limiar anaeróbio (LAn). O conceito de Máxima Fase Estável de Lactato é definido como a mais alta concentração de lactato sanguíneo e intensidade que podem ser mantidas durante um determinado período de exercício sem acúmulo contínuo e crescente do lactato sanguíneo (FARREL, 1979; BENEKE; GAESSER et al., 1995; BENEKE & VON DUVILLARD, 1996). Entretanto, para fundistas de alto rendimento, o teste de MFEL apresenta limitações em seu longo e trabalhoso protocolo. Dessa forma, protocolos alternativos foram utilizados para a determinação da MFEL através do algoritmo de McLellan & Jacobs (1993) (3 repetições de 30 min separados por 1 hora de descanso) e por Billat et al. (1994) e Bacon & Kern (1999) (2 repetições de 20 min em intensidade submáxima separados por 40 min de descanso).

O LAn pode também ser estimado a partir de um teste de Velocidade Crítica (Vcrit) (MACLELLAN et al., 1991, HILL, 1993), modelo distância vs tempo, através da inclinação da reta de regressão obtida da relação desses dois parâmetros. A intensidade em MFEL (velocidade) se correlaciona com a Vcrit, sendo muito próxima quando calculada a partir do modelo de Monod & Scherrer (1995), confirmada por Smith & Jones (2001). O teste de Vcrit é de fácil aplicação e não é invasivo, entretanto, estudos indicam que seus resultados são superestimados (JENKINS & QUIGLEY, 1991). No presente estudo, o protocolo do teste de Vcrit compreendeu a realização pelos atletas de 4 distâncias: 800m, 1.500m, 3.000m e 5.000m. A realização dessas 4 distâncias pode não refletir um resultado real quando consideramos o nível da amostra, uma vez que é altamente elevada a demanda de atividades relacionadas ao processo de treinamento para atletas com essas características.

Estudo recente (D'ANGELO, 2008) propõe determinar o LAn em fundistas de alto rendimento através de um teste de Vcrit, validado por um teste “padrão ouro” de MFEL. Por meio de uma equação matemática de predição, os resultados superestimados da Vcrit foram corrigidos para valores confiáveis de MFEL. Considerando o modelo de protocolo clássico de MFEL (MFELmc) muito parecido com a sistemática de treinamento dos atletas [30 min de corrida contínua com coleta de lactato (pausas) a cada 5 min], foi proposta uma segunda equação de predição utilizando o modelo simplificado de MFEL (MFELms), com coleta de lactato no 10º e 30º min. O objetivo deste estudo foi verificar a aplicabilidade e acurácia entre as equações de predição de MFEL – protocolo de modelo clássico e MFEL – protocolo de modelo simplificado, obtidas a partir do teste de Vcrit, quando utilizadas na periodização de treinamento dos atletas e verificar as diferenças entre as intensidades encontradas nos testes de Vcrit realizados com coleta de tempos para 3 distâncias e 4 distâncias.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostra

A amostra deste estudo foi constituída por fundistas de alto rendimento, categoria adulto, de uma equipe profissional do Estado de São Paulo filiada à Federação Paulista de Atletismo e Confederação Brasileira de Atletismo. Todos integraram alguma Seleção Brasileira em competições de nível Sul-Americanas e/ou Mundiais. As melhores marcas pessoais desses atletas correspondem à média \pm erro padrão de $92,31 \pm 0,89$ % da velocidade de corrida do recorde mundial (considerados até o ano de 2011) de sua prova específica. O volume médio \pm EPM de quilômetros percorridos por microciclo de treinamento (7 dias) dos atletas ao longo do ciclo foi $180,17 \pm 5,08$. Participaram 6 atletas, do sexo masculino, com idades variando entre 22 - 32 anos. Os atletas foram submetidos a avaliações antropométricas anuais, ao longo do ciclo 2009 – 2012, sendo determinados o Índice de Massa Corporal (IMC), diâmetro do punho e fêmur e dobras cutâneas (tríceps, subescapular, supra-ilíaca e abdominal) para porcentual de gordura (Tabela 1). Os atletas ou responsáveis assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido por escrito autorizando a realização dos testes (Anexo I).

Tabela 1. Valores descritivos das medidas antropométricas: dobras cutâneas de tríceps (TR), abdominal (AB), sub-escapular (SE), supra-ílica (SI), diâmetros de punho (Pu) e fêmur (Br), porcentual de gordura (PG), índice de massa corporal (IMC), peso e estatura.

	Peso	Estatura	TR	SE	SI	AB	Pu	Fe	IMC	PG
	kg	cm	mm	mm	mm	mm	cm	cm	m²	%
Média(s)	64,6	172,7	5,6	7,2	5,1	8,7	56	9,0	21,67	9,1
EPM	0,8	1,8	0,6	0,5	0,4	0,9	0,1	0,3	0,3	0,2

Determinação da Velocidade Crítica (Vcrit)

Os atletas foram submetidos ao teste de Vcrit, modelo distância *versus* tempo, anualmente durante o ciclo 2009 – 2012, obedecendo ao seguinte protocolo:

- As distâncias aplicadas foram 800m, 1.500m, 3.000m e 5.000m, realizadas aleatoriamente, em dias subsequentes, no período da manhã, em horário de treinamento de rotina dos atletas. Os participantes foram avaliados individualmente, sendo solicitado a eles realizarem as distâncias pré-fixadas no menor tempo possível. Os tempos foram registrados por cronômetro digital (NIKE TRIAX ELITE S/100) nas distâncias da pista sintética de atletismo oficial (Classificação Nível II da Federação Internacional de Atletismo – IAAF), do Centro Esportivo de Alto Rendimento – CEAR, Prefeitura de Campinas. A Vcrit foi determinada pelo coeficiente angular da reta de regressão obtida a partir dos resultados das distâncias e respectivos tempos.

Determinação da Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL – modelo clássico e simplificado)

Aos resultados da Vcrit foram aplicadas as equações de predição da MFELmc ($MFEL = 0,9673 * Vcrit + 0,2061$) e MFELms ($MFEL = 0,827 * Vcrit + 0,607$) (D'ANGELO & GOBATTO, 2006), estimando o LAn dos participantes para cada um dos modelos acima.

Metodologia de aplicação ao treinamento

Os resultados obtidos a partir das duas equações foram aplicados na sistemática de treinamento dos participantes, orientando intensidades de corrida, para verificação daquela equação que apresenta o menor erro sistemático e a melhor acurácia. De acordo com a periodização de treinamento dos atletas, foi escolhido o primeiro microciclo (MC1) e o segundo (MC2), do primeiro mesociclo (MS1), da segunda etapa do Período de Preparação Geral (PPG2), momento em que os atletas estavam com aproximadamente 12 semanas de treinamento (Figura 1). As intensidades previstas a partir da equação do MFELms foram aplicadas no MC1 e aquelas previstas a partir da equação do MFELmc no MC2. De acordo com a dinâmica de carga do microciclo, foram escolhidas sessões estruturadas por métodos fracionados (intervalo intensivo e extensivo) e contínuo variável. O método fracionado intensivo se caracteriza por aplicação de cargas entre 60 e 90 segundos, com intensidade média submáxima em nível aeróbio e um volume consideravelmente elevado. O método fracionado extensivo se caracteriza por utilizar cargas mais longas (tempo e/ou distância), com duração entre 2 e 15 minutos (por volta de 600m a 5km) em intensidade média e elevado volume. O método contínuo variável se caracteriza por mudanças de intensidade ao longo da duração total do esforço, similar ao tradicional *fartlek* e jogos poloneses de corrida, com intensidades variando entre períodos de tempo ou distâncias, desenvolvendo diferentes vias metabólicas. A duração das cargas de maior velocidade estão entre 1 a 10 minutos, alternando com esforços moderados de duração suficiente para promover recuperação que possibilite novo incremento de intensidade. Tais alternâncias de intensidade permitem grandes volumes de trabalho.

Período de Preparação Geral			
PPG1		PPG2	
	MS1		
	MC1	MC2	
	MFELms	MFELmc	

Figura 1. Momento de aplicação das intensidades de MFELmc e MFELms na periodização do treinamento .

Controle da carga

Avaliações da Percepção Subjetiva de Cansaço (PSC) e da Percepção Subjetiva de Intensidade (PSI) foram utilizadas como ferramentas auxiliares para o controle da carga de treinamento. A PSC foi avaliada com base na escala de esforço proposta por Borg (2000) com adaptação de Jurado e Borin (2006) e apresentada na Tabela 2. Foram coletados dados antes e após cada sessão de treinamento, em que o avaliador se refere ao atleta da seguinte forma: “*Qual seu estado de cansaço neste momento de acordo com a escala?*”. Associado ao instrumento da PSC, foi aplicada aos atletas a escala de PSI proposta por Foster (1998) e apresentada na Tabela 3. Após as sessões de treinamento o avaliador se refere ao atleta da seguinte forma: “*Qual foi a intensidade do treinamento em relação a escala?*”. Tais instrumentos foram utilizados para avaliar o impacto da carga de treino nos atletas em cada sessão e microciclo da periodização da temporada.

Tabela 2. Escala de Cansaço com 15 níveis (6-20) (JURADO, BORIN, 2006).

Escala de Cansaço	
6	
7	Muito, Muito Bem
8	
9	Muito Bem
10	
11	Bem
12	
13	Pouco Cansado
14	
15	Cansado
16	
17	Muito Cansado
18	
19	Muito, Muito Cansado
20	Exausto

Tabela 3. Escala de intensidade do treinamento (FOSTER, 1998).

0	Repouso
1	Muito Muito
2	Fraco
3	Moderado
4	Algo Forte
5	Forte
6	
7	Muito Forte
8	
9	
10	Máximo

Análise estatística

Para todos os parâmetros foi aplicada análise de normalidade e homogeneidade da amostra. Foi utilizada análise de variância *one way* entre os valores de velocidades obtidos para os testes de MFEL e de Vcrit. Para esses valores foi aplicada também análise de correlação produto-momento. Em todos os casos, o nível de significância foi fixado em $P < 0,05$.

RESULTADOS

Velocidade Crítica

Quatro distâncias independentes foram realizadas para determinar a V_{crit} : 800m, 1.500m, 3.000m e 5.000m (4D). Os resultados dessas corridas são mostrados na Tabela 4. As Tabelas 5 e 6 mostram as duas variáveis para três distâncias, sendo 800m, 1.500m e 3.000m (3D-5) e 1.500m, 3.000m e 5.000m (3D-8), respectivamente. Os dados indicam que quanto maior a distância percorrida, menor foi o desempenho. A correlação entre a distância *versus* tempo obtida desses quatro testes, projetou uma reta de regressão linear cujo coeficiente angular foi utilizado na determinação da V_{crit} . A média \pm EPM da intensidade (velocidade) de corrida encontrada para a V_{crit} , considerando quatro distâncias (4D) foi $19,98 \pm 0,04$ Km/h. Para as variáveis de três distâncias 3D-5 e 3D-8 a média \pm EPM da intensidade (velocidade) de corrida encontrada para a V_{crit} foi $20,30 \pm 0,06$ Km/h e $19,80 \pm 0,04$ Km/h, respectivamente (Tabela 7). Coeficiente de variação (CV) é uma medida de dispersão empregada para estimar a precisão dos valores e representa o desvio-padrão expresso como porcentagem da média.

Tabela 4. Valores dos resultados para as quatro distâncias do teste de V_{crit} coletados anualmente ao longo do ciclo 2009 – 2012.

Distâncias	800	1500	3000	5000	V_{crit}
	Tempo (s)				m/s
1	116	236	510	878	5,50
2	115	234	496	856	5,66
3	116	234	499	866	5,58
4	121	238	503	870	5,59
5	118	238	506	871	5,56
6	119	242	524	897	5,38
Média (s)	117,50	237,00	506,33	873,00	5,55
EPM	0,92	1,24	4,07	5,63	0,04
CV (%)	1,92	1,28	1,97	1,58	1,73

Tabela 5. Valores dos resultados para três distâncias (800m, 1.500m e 3.000m) do teste de Vcrit coletados anualmente ao longo do ciclo 2009 – 2012.

Distâncias	800	1500	3000	Vcrit
	Tempo (s)			m/s
1	116	236	510	5,56
2	115	234	496	5,76
3	116	234	499	5,72
4	121	238	503	5,74
5	118	238	506	5,65
6	119	242	524	5,40
Média (s)	117,50	237,00	506,33	5,64
EPM	0,92	1,24	4,07	0,06
CV (%)	1,92	1,28	1,97	2,44

Tabela 6. Valores dos resultados para três distâncias (1.500m, 3.000m e 5.000m) do teste de Vcrit coletados anualmente ao longo do ciclo 2009 – 2012.

Distâncias	1500	3000	5000	Vcrit
	Tempo (s)			m/s
1	236	510	878	5,45
2	234	496	856	5,61
3	234	499	866	5,53
4	238	503	870	5,53
5	238	506	871	5,52
6	242	524	897	5,35
Média (s)	237,00	506,33	873,00	5,50
EPM	1,24	4,07	5,63	0,04
CV (%)	1,28	1,97	1,58	1,61

Tabela 7. Valores de intensidade expressos em km/h para teste de Vcrit considerando coletas de tempo para 4D, 3D-5 e 3D-8.

	4D	3D-5	3D-8
Vcrit (intensidade)	19,98 ± 0,04 km/h	20,30 ± 0,06 km/h*	19,80 ± 0,04 km/h*

* Diferença significativa entre 3D-5 e 3D-8 ($p < 0,05$).

Percepção Subjetiva de Cansaço e Percepção Subjetiva de Intensidade

As médias ± EPM intragrupo dos conceitos numéricos atribuídos pelos atletas a PSC e PSI durante as sessões de treinamento escolhidas dentro do microciclo estão representados na tabela 8. As curvas plotadas desses respectivos valores dentro da dinâmica de cargas de um microciclo-tipo são mostradas na figura 2 e refletem o impacto da carga aplicada aos participantes do estudo.

Tabela 8. Valores médios ± EPM intragrupo dos conceitos numéricos atribuídos pelos atletas a percepção subjetiva de cansaço (PSC inicial e final) e percepção subjetiva de intensidade (PSI).

microciclo/sessões	PSI	PSC-inicial	PSC-final
1	2,83 ± 0,07	9,00 ± 0,07	13,10 ± 0,06
2	5,00 ± 0,07	11,30 ± 0,10	15,30 ± 0,03
3	2,67 ± 0,07	9,00 ± 0,07	13,10 ± 0,06
4	4,00 ± 0,07	9,25 ± 0,05	11,30 ± 0,03
5	3,09 ± 0,05	11,10 ± 0,06	12,80 ± 0,03
6	4,96 ± 0,04	11,50 ± 0,10	15,10 ± 0,06
7	1,96 ± 0,04	10,80 ± 0,10	12,60 ± 0,07

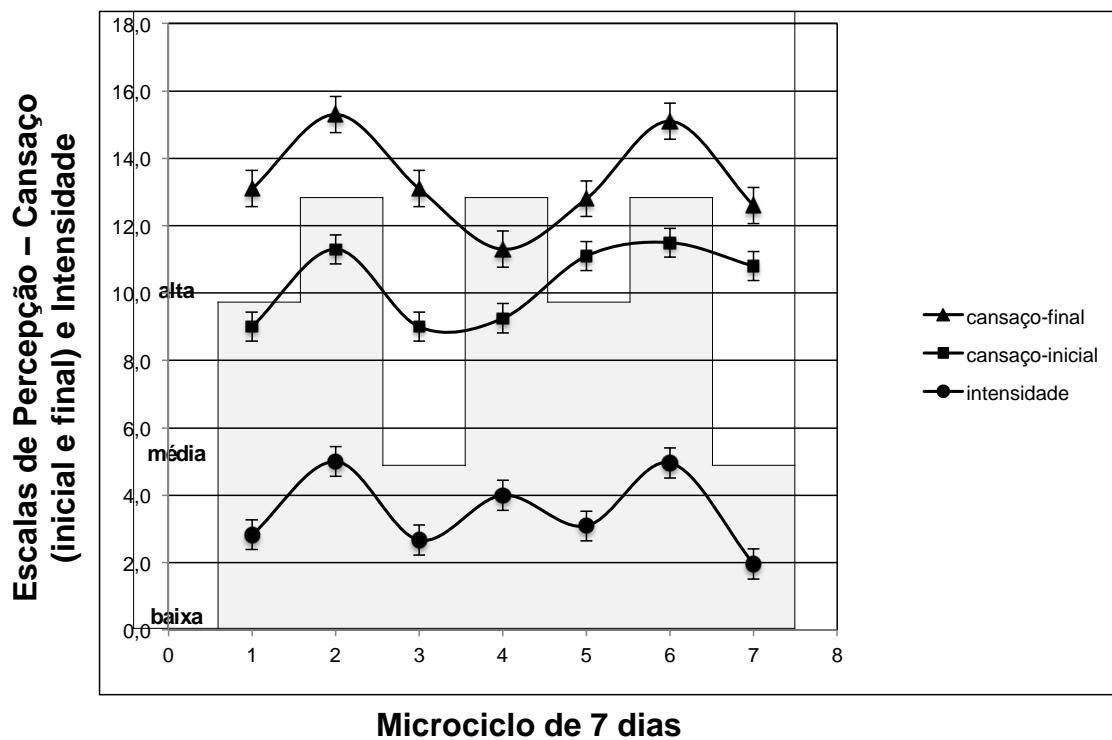


Figura 2. Curvas da percepção subjetiva de cansaço (PSC inicial e final) e percepção subjetiva de intensidade (PSI) ao longo de um microciclo plotadas sobre a dinâmica de cargas de um microciclo-tipo.

Máxima Fase Estável de Lactato

Os valores para MFELmc e MFELms encontrados a partir da aplicação das equações de predição aos resultados das Vcrit individuais estão apresentados na Tabela 9. Os valores de LAn estimados a partir da MFELmc e MFELms são mostrados na mesma tabela, expressos em quilômetros por hora e minutos por quilômetro.

Tabela 9. Valores de MFELmc, MFELms e LAn para cada um dos modelos de Vcrit (4D, 3D-5 e 3D-8).

Atletas		MFELmc	MFELms	LAn (km/h)		LAn (min/km)	
		m/s	m/s	MFELmc	MFELms	MFELmc	MFELms
1	4D	5,52	5,15	19,87	18,54	3:01	3:14
	3D-5	5,59	5,21	20,12	18,76	2:59	3:12
	3D-8	5,48	5,11	19,73	18,40	3:02	3:16
2	4D	5,68	5,28	20,45	19,01	2:56	3:09
	3D-5	5,78	5,37	20,81	19,33	2:53	3:06
	3D-8	5,64	5,25	20,30	18,90	2:57	3:10
3	4D	5,60	5,22	20,16	18,79	2:59	3:12
	3D-5	5,74	5,34	20,66	19,22	2:54	3:07
	3D-8	5,55	5,18	19,98	18,65	3:00	3:13
4	4D	5,61	5,23	20,20	18,83	2:58	3:11
	3D-5	5,76	5,35	20,74	19,26	2:54	3:07
	3D-8	5,56	5,18	20,02	18,65	3:00	3:13
5	4D	5,58	5,20	20,09	18,72	2:59	3:12
	3D-5	5,67	5,28	20,41	19,01	2:56	3:09
	3D-8	5,54	5,17	19,94	18,61	3:01	3:13
6	4D	5,41	5,05	19,48	18,18	3:05	3:18
	3D-5	5,43	5,07	19,55	18,25	3:04	3:17
	3D-8	5,38	5,03	19,37	18,11	3:06	3:18

DISCUSSÃO

Os valores encontrados para a Vcrit real foram superestimados, confirmando estudos anteriores (JENKINS & QUIGLEY, 1991, MCLELLAN et al., 1991, MCLELLAN & CHEUNG, 1992, D'ANGELO & GOBATTO, 2006). No protocolo utilizado para o teste de Vcrit, com coleta de tempo para 4 distâncias (4D), os atletas percorrem 800m, 1.500m, 3.000m e 5.000m. Foram realizadas simulações considerando tempos para 3 distâncias: 800m, 1.500m e 3.000m (3D-5) e 1.500m, 3.000m e 5.000m (3D-8). Os resultados médios

\pm EPM para as intensidades de corrida foram $19,98 \pm 0,04$ Km/h, $20,30 \pm 0,06$ Km/h e $19,80 \pm 0,04$ Km/h, respectivamente para 4D, 3D-5 e 3D-8. Esses resultados indicam que 3D-5 superestima os valores de 4D, enquanto 3D-8 subestima os valores de 4D. Tais intensidades representam correr 1km em 3min, 2min57seg e 3min02seg, respectivamente para 4D, 3D-5 e 3D-8. Em análise teórica, essas diferenças podem não parecer significativas, porém, quando aplicadas a distâncias superiores, podem representar razoável nível de significância. De qualquer forma, estatisticamente, os valores de 4D quando comparados a 3D-5 e 3D-8 não apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$), confirmando estudos de outros autores (MANCHADO-GOBATTO, F.B. et al., 2011, MESSIAS, L.H.D. et al., 2012). Entre os valores de 3D-5 e 3D-8, quando comparados, apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$). Considerando que os resultados de 3D-5 apresentaram valores discretamente superestimados, sugere-se que o protocolo do teste de Vcrit com coleta de tempos em 4D e 3D-8 pode resultar em valores confiáveis de intensidade de corrida e de boa aplicabilidade ao treinamento de fundistas de alto rendimento. Os resultados de 3D-5 sugerem ainda atender o perfil de corredores mais rápidos, sendo esse protocolo indicado para corredores de 800m e 1.500m

Após a aplicação das equações de predição de MFELmc e MFELms aos valores da Vcrit real, foram estimadas as intensidades para o LAn expressos em km/h e min/km (Tabela 6) e, posteriormente, aplicadas na rotina de treinamento dos atletas. As intensidades de corrida estimadas pela MFELms foram mais lentas em relação aquelas estimadas pela MFELmc. Essa diferença de intensidade pode ser explicada pelo protocolo do teste de MFELms, o qual prevê apenas uma pausa para coleta de sangue durante o esforço. O protocolo de MFELmc é realizado com cinco pausas para coleta de sangue e se assemelha a sistemática de treinamento realizada por fundistas, baseada em sessões com metodologia fracionada de corrida (D'ANGELO & GOBATTO, 2006). De acordo com a metodologia do estudo, as intensidades preditas a partir da equação do MFELms foram aplicados no MC1 e aquelas preditas a partir da equação do MFELmc no MC2. As sessões de treinamento escolhidas nos MC1 e MC2 eram idênticas no que se refere a método e meio, entretanto, as intensidades foram diferentes para cada semana, conforme predição de MFELmc e MFELms. Os valores médios \pm EPM intragrupo dos conceitos de PSC e PSI que avaliaram o impacto da carga não apresentaram diferença significativa entre MC1 e

MC2. A tabela 7 mostra que esses valores foram muito parecidos e, dessa forma, não foi percebida nenhuma diferença nas intensidades previstas por MFELmc e MFELms. Quando comparados os dados da figura 2 com a figura 3, dinâmica de carga e curvas de PSC e PSI, percebe-se forte associação entre os conceitos atribuídos pelos atletas às sessões a característica da carga programada no MC, por exemplo:

- ✓ As sessões programadas para terça, quinta e sábado possuem característica de intensidade alta e as respostas conceituais da PSI à essas sessões foram as mais elevadas, sobretudo para terça (intensivo de intervalo) e sábado (contínuo variável muito longo). O método extensivo de intervalo empregado nas sessões de quinta pode ser uma das razões para o conceito abaixo do pico alcançado na terça e sábado, uma vez que tal metodologia está diretamente associada a intensidades e duração do treinamento desses atletas. As respostas de PSC-inicial e PSC-final também apresentaram valores médios \pm EPM intragrupo elevados para as sessões terça e sábado. Para a sessão de quinta, o valor de PSC-inicial foi menor provavelmente em decorrência da característica da sessão do dia anterior (baixa) e via metabólica trabalhada (capacidade aeróbia).
- ✓ As sessões programadas para segunda e sexta, com característica de intensidade média, apresentaram valores médios \pm EPM intragrupo de PSI, PSC-inicial e PSC-final muito parecidos entre elas. Apenas a PSC-inicial para a sessão de sexta apresentou um valor elevado, muito provavelmente por conta do acúmulo de sessões ao longo do MC. As sessões de segunda eram compostas de corridas contínuas variáveis e uniformes e as sessões de sexta de trabalho de sobrecarga com pesos e corrida contínua variável;
- ✓ As sessões programadas para quarta e domingo, com característica de intensidade baixa, apresentaram valores médios \pm EPM intragrupo de PSI, PSC-inicial e PSC-final também muito parecidos entre elas. Tais sessões eram compostas de corridas contínuas uniformes e a via metabólica trabalhada foi capacidade aeróbia. Entretanto, a PSC-inicial se mostrou elevada na sessão de domingo, ocorrida provavelmente pelo acúmulo das sessões ao longo da semana. Por outro lado, a PSC-final para a sessão dessa

mesma unidade apresentou respostas com valores baixos, com a menor diferença entre PSC-inicial e PSC-final para uma mesma sessão dentro do MC, indicando que o objetivo proposto para essa sessão foi atingido.

Concluindo, o protocolo de teste de Vcrit para estimar o LAn de atletas fundistas de alto rendimento, quando aplicado no modelo distância vs tempo e com tomada de tempo para 4 distâncias e 3 distâncias, este especificamente composto por 1.500m, 3.000m e 5.000m (3D-8), se mostrou eficaz e confiável, uma vez que não foram encontradas diferenças significativas nos valores dessas variáveis. A aplicação dos instrumentos de monitoramento de carga PSI e PSC se mostraram eficazes na escolha dos métodos, meios de treinamento e vias metabólicas trabalhadas quando relacionados à dinâmica de carga do microciclo-tipo, entretanto, não foram suficientemente sensíveis para identificar diferenças na acurácia entre as equações de predição de MFELmc e MFELms. Por um lado, isso pode ter ocorrido pela pequena diferença entre as intensidades preditas para MFELmc e MFELms e, por outro, pelo pouco tempo de aplicação dessas cargas (1 semana para MFELmc e 1 semana para MFELms por temporada do ciclo) e conseqüentemente, pouco tempo de adaptação e resposta dos atletas a essas intensidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACON L, KERN M. **Evaluating a test protocol for predicting maximal lactate steady state.** J Sports Med Phys Fitness 1999; 39: 300-8.
- BENEKE R, HÜTLER M, LEITHÄUSER R. **Maximal lactate steady-state independent of performance.** Med. Sci. Sports Exerc 2000; 32:1135-9.
- BENEKE R, VON DUVILLARD, S P. **Determination of maximal lactate steady-state response in selected sports events.** Med Sci Sports Exerc 1996; 28:241-246.
- BENEKE R. **Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing.** Med Sci Sports Exerc 1995; 27:863-867.
- BILLAT LV, DALMAY F, ANTONINI MT et al. **A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise.** Eur J Appl Physiol 1994, 69:196-202.

BILLAT LV, SIRVENT P, PY G, KORALSZTEIN JP, MERCIER J. **The concept of maximal lactate steady state. A bridge between biochemistry, physiology and sport science.** Sports Med 2003; 33:407-426.

BILLAT LV. **Current perspectives on performance improvement in the marathon: From universalisation to training optimisation.** News Studies in Athletics – IAAF 2005; 20:3; 21-39.

BILLAT LV. **Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: recommendations for long-distance running.** Sports Med 1996; 22:157-175.

D'ANGELO, R.A. **Predição da intensidade de corrida em máxima fase estável de lactato a partir da velocidade crítica em atletas fundistas de alto rendimento. Relações com performances.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista de Rio Claro, 2008.

D'ANGELO RA, GOBATTO CA. **Predição da intensidade de corrida em máxima fase estável de lactato a partir da velocidade crítica em atletas fundistas de alto rendimento.** Revista Brasileira de Ciência e Movimento, Suplemento Especial 14(4), 50, 2006.

FARREL PA et al. **Plasma lactate accumulation and distance running performance.** Med Sci Sports Exerc 1979; 11:338-44.

FAULKNER JA. **Physiology of swimming and diving.** In: FALLS, H. (Ed) Exercise physiology. Baltimore, Academic Press, 1968.

FOSTER, C. **Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome.** Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 30, n. 7, p.1164-1168, 1998.

GAESSER GA, CARNEVALE TJ, GARFINKEL A et al. **Estimation of critical power with non linear and linear models.** Med Sci Sports Exerc 1995; 27: 1430-8.

GAESSER GA, WILSON LA. **Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance time relationship for high-intensity exercise.** Int J Sports Med 1988; 9: 417-21.

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

- HILL DW. **The critical power concept: a review.** Sports Med 1993;16:237-254;
- HOOGEVEEN AR, HOOGSTEN J, SCHEP G. **The maximal lactate steady state in elite endurance athletes.** Jpn J Physiol 1997; 47: 481-5.
- HOPKINS WG, HAWLEY JA, BURKE LM. **Design and analysis of research on sport performance enhancement.** Medicine & Science in Sports & Exercise 0195-9131/99/3103-0472/0, 1998.
- JENKINS DG, QUIGLEY BM. **The Y-intercept of the critical power duration as a measure of anaerobic work capacity.** Ergonomics 1991; 34:13-22.
- JURADO, S.; BORIN, J. P. **Avaliação dos efeitos neuromusculares do treinamento de força em atletas de basquetebol.** In: MOSTRA ACADÊMICA DA UNIMEP, 4., 2006, Piracicaba. Anais... Piracicaba:UNIMEP, 2006.
- MANCHADO-GOBATTO, F.B. et al.; **Avaliação aeróbia e anaeróbia de atletas da canoagem slalom por teste não invasivo.** Faculdade de Ciências da Saúde – Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, 2011.
- MCLELLAN TM, CHEUNG KSY, JACOBS I. **Incremental test protocol, recovery mode, and the individual aerobic threshold.** Int. J. Sports Med 1991; 12:190-195.
- MCLELLAN TM, CHEUNG KSY. **A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power.** Med Sci Sports Exerc 1992; 0195-9131/92/2405-0543/0.
- MCLELLAN TM, JACOBS I. **Reliability, reproducibility and validity of the individual anaerobic threshold.** Eur J Appl Physiol 1993; 67:125-31.
- MCLELLAN, T. M., JACOBS, I.; **Active recovery, endurance training, and the calculation of the individual anaerobic threshold.** Medicine and Science in Sports and Exercise. 21:586-592, 1989.
- MESSIAS, L.H.D. et al.; **Análise de diferentes modelos matemáticos e combinações de esforços máximos utilizando o modelo de velocidade crítica em canoagem slalom.** Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2012.
- MOGNONI P, SIRTORI MD, LORENZI F. et al. **Physiological responses during prolonged exercise at the power output corresponding to the blood lactate threshold.** Eur J Appl Physiol 1990; 60: 239-43.

- MONOD H, SCHERRER J. **The work capacity of synergy muscular group.** Ergonomics 1995; 8:339-50.
- MORTON RH. **A 3-parameter critical power model.** Ergonomics 1996; 39: 611-9.
- OYONO-ENGUELE S, HEITZ A, MARBACH J et al. **Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic thresholds.** Eur J Appl Physiol 1990; 60: 321-30.
- SCHÄBEL A, KINDERMANN W, SCHMITT WM et al. **Hormonal and metabolic consequences of prolonged running at the individual anaerobic threshold.** Int J Sports Med 1982; 3: 163-8
- SMITH CGM, JONES AJ. **The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners.** Eur J Appl Physiology 2001; 85:19-26.
- STEGMANN H, KINDERMAN W, SCHNÄBEL A. **Lactate kinetics and individual anaerobic threshold.** Int. J. Sports Med 1981; 2:160-165.
- STEGMANN, H. e KINDERMAN, W. **Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l lactate.** Int. J. Sports Med 3:105-110, 1982.
- ZINTL, F. **Entrenamiento de la resistencia.** Martínez Roca S. A., 1991.

4.2. ESTUDO 4: D'ANGELO, R. A., ARRUDA, M. TESTES DE DESEMPENHO AERÓBIO RELACIONADOS A VELOCIDADE DE COMPETIÇÃO: É POSSÍVEL O FUNDISTA DE ALTO RENDIMENTO COMPETIR A MEIA MARATONA NA VELOCIDADE DO LIMAR ANAERÓBIO? Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, SP Brasil

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar a relação entre as intensidades de corrida em competições oficiais de 21,097m (meia maratona) e o Tempo de Exaustão (Tlim) individual estimado a partir da velocidade crítica real (Vcrit) e a máxima fase estável de lactato predita (MFEL) em fundistas de alto rendimento. Participaram 6 atletas, do sexo masculino, com idades variando entre 22 - 32 anos, com marcas pessoais correspondendo à média \pm erro padrão de $92,31 \pm 0,89$ % da velocidade de corrida do recorde mundial (considerados até o ano de 2011). Os participantes realizaram o teste de Vcrit, que consistiu da regressão linear entre as distâncias percorridas (800, 1500, 3000 e 5000m) e seus respectivos tempos. A Vcrit foi determinada pelo coeficiente angular da reta de regressão. Aos resultados da Vcrit foi aplicada a equação de predição de MMFELms. Para o Tlim, os atletas correram até a exaustão, na intensidade da MFELms para determinação do tempo e da distância do esforço. Foram coletadas amostras de sangue (25 μ L) no início (repouso) e no final dos testes para a determinação das concentrações de lactato (*ACCUTREND[®] LACTATE*). Foram coletados resultados oficiais obtidos pelos atletas em competições na distância de Meia Maratona (21,097m) ao longo do ciclo 2009 – 2012. Como indicador de melhora de desempenho (ID) e garantia da consistência e padrão da amostra, foram coletados os melhores resultados de cada atleta para cada temporada do ciclo e calculadas as diferenças percentuais ($\Delta\%$). A média \pm EPM da distância e tempo de exaustão (Tlim) alcançada pelos atletas foi $17,65 \pm 0,35$ km e $57,19 \pm 0,56$ min, respectivamente. Os valores médios \pm EPM de lactato no repouso (LacR) e no esforço (LacE) foram $1,92 \pm 0,19$ mmol/L e $4,91 \pm 0,46$ mmol/L, respectivamente. As médias \pm EPM das melhores marcas desses atletas na Meia Maratona foi de $65,14 \pm 0,22$ min. Houve boa correlação entre as melhores marcas dos atletas na Meia Maratona vs Distância Limite e Meia Maratona vs Tempo Limite ($r = -0,8$ e $r = -0,6$, respectivamente). As intensidades de corrida em competições oficiais de Meia Maratona, a Vcrit real e a MFELms mostraram importante relação na determinação de velocidades de treinamento e competições.

Palavras Chave: Máxima Fase Estável de Lactato, Velocidade Crítica, Corredores Fundistas e Tempo Limite.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the relation between the running intensities in 21.097 m (half marathon) official competitions and the individual time of exhaustion (TE) estimated from the real critical speed (CS) and the maximal lactate steady state predicted (MFEL) in high performance distance runners. Six male athletes participated, aged 22-32 years, with personal bests corresponding to the mean \pm standard error of $92,31 \pm 0.89\%$ of the running speed of world record (considered until the year 2011). The athletes were submitted to the CS test which consisted on the linear regression of the distances (800, 1500, 3000 and 5000m) and their respective times. The CS was determined by the angular coefficient of the linear regression. It was applied the prediction equation of MLSSsm to the results. To the TE test, the athletes ran to exhaustion in the MLSSsm intensity to determine the time and the distance of the effort. Blood samples (25 μ L) were collected at baseline (rest) and at the end of the tests to determine the lactate concentrations (*ACCUTREND*[®] *LACTATE*). It was collected official results obtained by athletes in competitions of the Half Marathon distance (21.097 m) over the cycle from 2009 to 2012. As an indicator of enhanced performance (EP) and ensuring consistency and standard of the sample the best results were collected from each athlete for every cycle season and it was calculated the percentage differences ($\Delta\%$). The mean \pm SEM of distance and time to exhaustion (TE) achieved by the athletes was 17.65 ± 0.35 km and 57.19 ± 0.56 min, respectively. The mean values \pm SEM of lactate rest (LACr) and during exercise (LACe) were 1.92 ± 0.19 mmol / L and 4.91 ± 0.46 mmol / L, respectively. The mean \pm SEM of the best records of these athletes on Half Marathon was 65.14 ± 0.22 min. There was good correlation between the best records of athletes on Half Marathon vs Distance Limit and on Half Marathon vs Time Limit ($r = -0.8$ and $r = -0.6$, respectively). The running intensities of official Half Marathon competitions, the real CS and MLSSsm showed important relation in determining intensities of training and competitions.

Key words: Maximum Lactate Steady State, Critical Speed, High Performance Distance Runners, Time to Exhaustion, Half Marathon.

INTRODUÇÃO

O sucesso do desempenho aeróbio de fundistas de alto rendimento está relacionado, entre outros fatores, aos ritmos desenvolvidos no treinamento e na competição. Tomar por base parâmetros fisiológicos para predição de intensidades de corrida para treinamento e competição é elemento chave na elaboração dessas rotinas. Embora considerado polêmico e controvertido, o Limiar Anaeróbio (LAn) tem sido objeto de estudo frequente nas últimas décadas na área da fisiologia do exercício. Discussões sobre seus mecanismos básicos provocam discordância entre pesquisadores (WASSERMAN et al., 1973; HAGBERG et al., 1982; GAESSER & POOLE, 1986), bem como críticas sobre sua real existência (BROOKS, 1985; THIBAUT & PÉRONNET, 2006). Contudo, sua utilização tem sido ampla por pesquisadores, fisiologistas, treinadores, preparadores físicos e médicos.

Considerado protocolo “padrão ouro” de determinação do LAn, a Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL) indica resultados confiáveis, tanto para intensidades de corrida em treinamento, bem como para competição. O teste MFEL, por representar a intensidade máxima de exercício em que a taxa de produção de lactato está em equilíbrio máximo com a taxa de sua remoção, tornou-se parâmetro *gold standard* na determinação do Limiar Anaeróbio (HECK et al., 1985; MADER e HECK, 1986; BALDARI & GUIDETTI, 2000). Estimar o LAn para fundistas de alto rendimento através de um protocolo de campo, não invasivo, de fácil aplicação e confiável foi recentemente estudado (D’ANGELO & GOBATTO, 2006). Os resultados mostram que a partir de um teste de Velocidade Crítica (V_{crit}) foi possível estimar com relativa acurácia o LAn nesses atletas.

A MFEL possui relações interessantes com a performance. A velocidade encontrada no teste de MFEL pode provavelmente estar próxima à potência crítica determinada pelo modelo de três parâmetros (GAESSER et al., 1995). Estudo de Le Chevalier et al. (1989) correlacionou a carga de trabalho da MFEL à V_{crit} calculada a partir do modelo de Monod e Scherrer (1965), encontrando valores muito próximos. Como valor absoluto, a carga de trabalho da MFEL permite a predição de velocidades de corrida para 30 a 60 minutos, bem como para outros tipos de esportes de longa duração com base na locomoção humana (BENEKE, 1995; BENEKE et al., 2000; BILLAT, 1996). Em estudo de Janssen (1988), indicando o porcentual do LAn (concentração fixa em 4,0 mmol/L = 100%) para as intensidades dos recordes do mundo de corridas de 100m a Maratona, (1988), notamos

significativa equivalência com distâncias de 15 km, 20 km e 21,097m (101,4%, 98,8% e 98,4%, respectivamente). Isso sugere uma forte hipótese de que atletas fundistas de alto rendimento podem correr a distância da meia maratona na velocidade do LAn. O objetivo desse estudo foi verificar a relação entre as intensidades de corrida em competições oficiais de 21,097m (meia maratona) e o Tempo de Exaustão (Tlim) individual estimado a partir da V_{crit} real e MFEL predita em fundistas de alto rendimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostra

A amostra deste estudo foi constituída por fundistas de alto rendimento, categoria adulto, de uma equipe profissional do Estado de São Paulo filiada à Federação Paulista de Atletismo e Confederação Brasileira de Atletismo. Todos integraram alguma Seleção Brasileira em competições de nível Sul-Americanas e/ou Mundiais. As melhores marcas pessoais desses atletas correspondem à média \pm erro padrão de $92,31 \pm 0,89$ % da velocidade de corrida do recorde mundial (considerados até o ano de 2011) de sua prova específica. O volume médio \pm EPM de quilômetros percorridos por microciclo de treinamento (7 dias) dos atletas ao longo do ciclo foi $180,17 \pm 5,08$. Participaram 6 atletas, do sexo masculino, com idades variando entre 22 - 32 anos. Os atletas foram submetidos a avaliações antropométricas anuais, ao longo do ciclo 2009 – 2012, sendo determinados o Índice de Massa Corporal (IMC), diâmetro do punho e fêmur e dobras cutâneas (tríceps, subescapular, supra-ilíaca e abdominal) para porcentual de gordura (Tabela 1). Os atletas ou responsáveis assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido por escrito autorizando a realização dos testes (Anexo I).

Tabela 1. Valores descritivos das medidas antropométricas: dobras cutâneas de tríceps (TR), abdominal (AB), sub-escapular (SE), supra-ilíaca (SI), diâmetros de punho (Pu) e fêmur (Br), porcentual de gordura (PG), índice de massa corporal (IMC), peso e estatura.

	Peso kg	Estatura cm	TR mm	SE mm	SI mm	AB mm	Pu cm	Fe cm	IMC m²	PG %
Média(s)	64,6	172,7	5,6	7,2	5,1	8,7	56	9,0	21,67	9,1
EPM	0,8	1,8	0,6	0,5	0,4	0,9	0,1	0,3	0,3	0,2

Determinação da Velocidade Crítica (Vcrit)

Os atletas foram submetidos ao teste de Vcrit, modelo distância *versus* tempo, anualmente durante o ciclo 2009 – 2012, obedecendo ao seguinte protocolo:

- As distâncias aplicadas foram 800m, 1.500m, 3.000m e 5.000m, realizadas aleatoriamente, em dias subsequentes, no período da manhã, em horário de treinamento de rotina dos atletas. Os participantes foram avaliados individualmente, sendo solicitado a eles realizarem as distâncias pré-fixadas no menor tempo possível. Os tempos foram registrados por cronômetro digital (NIKE TRIAX ELITE S/100) nas distâncias da pista sintética de atletismo oficial (Classificação Nível II da Federação Internacional de Atletismo – IAAF), do Centro Esportivo de Alto Rendimento – CEAR, Prefeitura de Campinas. A Vcrit foi determinada pelo coeficiente angular da reta de regressão obtida a partir dos resultados das distâncias e respectivos tempos.

Determinação da Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL – modelo clássico e simplificado)

Aos resultados da Vcrit foram aplicadas as equações de predição da MFELmc ($MFEL = 0,9673 * Vcrit + 0,2061$) e MFELms ($MFEL = 0,827 * Vcrit + 0,607$) (D'ANGELO & GOBATTO, 2006), estimando o LAn dos participantes para cada um dos modelos acima.

Coleta de resultados de competições oficiais

Foram coletados resultados oficiais obtidos pelos atletas em competições chanceladas pelos seguintes órgãos: Federação Paulista de Atletismo, Confederação Brasileira de Atletismo e *International Association of Athletics Federation*, nos últimos quatro anos (ciclo 2009 – 2012) na distância de Meia Maratona (21,097m).

Determinação do Tempo de Exaustão individual

A intensidade aplicada ao teste de Tlim foi determinada a partir das intensidades encontradas no teste de Vcrit e posteriormente da MFELms predita por equação de correção. Nesse teste, os atletas correram até a exaustão, na intensidade da MFELms para

determinação do tempo e da distância do esforço. Os participantes foram avaliados individualmente, na pista sintética de atletismo oficial (Classificação Nível II da Federação Internacional de Atletismo – IAAF), do Centro Esportivo de Alto Rendimento – CEAR, Prefeitura de Campinas, com monitoramento da intensidade por sinal sonoro a cada 100m. O critério de exaustão foi a não manutenção da velocidade imposta em uma distância de 400m metros, ou ainda a desistência voluntária do participante. Foram coletadas amostras de sangue (25µL) no início (repouso) e no final dos testes para a determinação das concentrações de lactato (*ACCUTREND® LACTATE*).

Índice de Desempenho

Como indicador de melhora de desempenho (ID) foram coletados os melhores resultados de cada atleta para cada temporada do ciclo, em sua prova de melhor aptidão, e calculadas as diferenças percentuais ($\Delta\%$). Tais indicadores foram coletados para garantir a consistência e padrão da amostra.

Análise estatística

Os dados estão apresentados em média \pm erro padrão da média e coeficiente de variação (CV) calculado pela equação desvio padrão \div média * 100. Para todos os parâmetros foi aplicada análise de normalidade e homogeneidade da amostra. Foi utilizada análise de variância *one way* entre os valores de velocidades obtidos para os testes de MFEL e de Vcrit. Para esses valores, bem como para a melhor marca em meia maratona e tempo e distância limite, foi aplicada também análise de correlação produto-momento (*Pearson*). Em todos os casos, o nível de significância foi fixado em $P < 0,05$.

RESULTADOS

Velocidade Crítica

Quatro distâncias independentes foram realizadas para determinar a Vcrit: 800m, 1.500m, 3.000m e 5.000m. Os resultados dessas corridas são mostrados na Tabela 2. Os dados indicam que quanto maior a distância percorrida, menor foi o desempenho. A correlação entre a distância *versus* tempo obtida desses quatro testes, projetou uma reta de regressão linear cujo coeficiente angular foi utilizado na determinação da Vcrit. A média \pm

EPM da intensidade (velocidade) de corrida encontrada para a V_{crit} , considerando quatro distâncias foi $19,98 \pm 0,04$ Km/h. Coeficiente de variação (CV) é uma medida de dispersão empregada para estimar a precisão dos valores e representa o desvio-padrão expresso como porcentagem da média.

Tabela 2. Valores dos resultados para as quatro distâncias do teste de V_{crit} coletados anualmente ao longo do ciclo 2009 a 2012.

Distâncias	800	1500	3000	5000	V_{crit}
	Tempo (s)				m/s
1	116	236	510	878	5,50
2	115	234	496	856	5,66
3	116	234	499	866	5,58
4	121	238	503	870	5,59
5	118	238	506	871	5,56
6	119	242	524	897	5,38
Média (s)	117,50	237,00	506,33	873,00	5,55
EPM	0,92	1,24	4,07	5,63	0,04
CV (%)	1,92	1,28	1,97	1,58	1,73

Máxima Fase Estável de Lactato

Os valores para MFELmc e MFELms encontrados a partir da aplicação das equações de predição aos resultados das V_{crit} individuais estão apresentados na Tabela 3. Os valores de LAn estimados a partir da MFELmc e MFELms são mostrados na mesma tabela, expressos em quilômetros por hora e minutos por quilômetro.

Tabela 3. Valores de MFELmc, MFELms e LAn para o modelo de Vcrit com coleta de tempos em 4 distâncias.

Atletas	MFELmc	MFELms	LAn (km/h)		LAn (min/km)	
	m/s	m/s	MFELmc	MFELms	MFELmc	MFELms
1	5,52	5,15	19,87	18,54	3:01	3:14
2	5,68	5,28	20,45	19,01	2:56	3:09
3	5,60	5,22	20,16	18,79	2:59	3:12
4	5,61	5,23	20,20	18,83	2:58	3:11
5	5,58	5,20	20,09	18,72	2:59	3:12
6	5,41	5,05	19,48	18,18	3:05	3:18

Resultados oficiais de competições na distância de Meia Maratona (21,097m)

A Tabela 4 apresenta os resultados oficiais obtidos pelos atletas em competições na distância de Meia Maratona (21,097m), ao longo do ciclo 2009 – 2012. As melhores marcas pessoais dos atletas foram relacionadas em termos percentuais com a Vcrit real (tabela 5).

Tabela 4. Melhores marcas pessoais dos atletas na distância de meia maratona (21,097m) em cada uma das 4 temporadas do ciclo 2009 – 2012.

	MMHM (min)					
	1	2	3	4	5	6
2009	68,14	SR	SR	65,12	67,37	67,03
2010	SR	66,13	66,45	65,31	64,52	SR
2011	66,45	65,37	66,08	63,37	66,45	68,32
2012	65,20	65,08	65,28	64,00	65,45	66,27

SR – atleta sem registro de tempo para a distância naquele período.

Tabela 5. Porcentuais referentes à intensidade encontrada no teste de MFEL – modelo simplificado (MFELms) e velocidade de competição em Meia Maratona (MMHM) relacionadas com a Vcrit real.

Atletas	MFELms	MMHM
% Vcrit real		
1	93,6	97,6
2	93,2	95,4
3	93,5	96,0
4	93,5	98,7
5	93,5	97,4
6	93,8	98,3
Média (s)	93,5	97,2
EPM	0,08	0,53
CV(%)	0,21	1,33

Tempo de Exaustão individual

As intensidades encontradas na tabela 3 para MFELms, expressos em m/s, km/h e min/km, foram aplicadas aos respectivos atletas no teste de Tempo de Exaustão (Tlim). Os resultados são mostrados na Tabela 6. A média \pm EPM da distância e tempo de exaustão (Tlim) alcançada pelos atletas foi $17,65 \pm 0,35$ km e $57,19 \pm 0,56$ m, respectivamente. Os valores médios \pm EPM de lactato no repouso (LacR) e no esforço (LacE) foram $1,92 \pm 0,19$ mmol/L e $4,91 \pm 0,46$ mmol/L, respectivamente.

Tabela 6. Teste de Tlim: tempo (T) e distância (D) de exaustão e concentrações de lactato sanguíneo no repouso (LacR) e no esforço (LacE). Melhor tempo de competição em Meia Maratona (21,097m).

Atletas	D	T	LacR	LacE	HM
	km	min	mM	mM	min
1	17,2	55,46	2,01	6,56	65,20
2	17,1	53,51	1,56	4,85	65,08
3	18,4	58,46	1,21	5,22	65,28
4	18,8	59,50	1,97	3,12	63,37
5	17,9	57,31	2,22	4,54	64,52
6	16,5	55,20	2,55	5,19	66,27
Média (s)	17,65	57,19	1,92	4,91	65,14
EPM	0,35	0,56	0,19	0,46	0,22
CV (%)	4,92	4,03	24,77	22,74	1,42

Índice de Desempenho

A Tabela 7 apresenta a diferença porcentual ($\Delta\%$) da melhor marca de cada atleta, em sua prova de melhor aptidão, alcançada na temporada imediatamente anterior, dentro do ciclo 2009 – 2012. Os valores negativos mostram que houve queda de desempenho naquele específico evento em relação a temporada anterior, enquanto que os valores positivos mostram melhora no desempenho.

Tabela 7. Índice de desempenho: $\Delta\%$ de desempenho ao longo do ciclo 2009 – 2012.

	Índice de Desempenho					
	1	2	3	4	5	6
	$\Delta\%$					
09 - 10	-0,38	3,18	0,70	-0,41	1,05	-0,89
10 - 11	0,00	1,34	-1,04	1,41	0,12	0,45
11 - 12	-1,52	-0,12	3,00	-1,03	-2,76	-1,33

DISCUSSÃO

A média \pm EPM da distância e tempo de exaustão (Tlim) alcançada pelos atletas foi $17,65 \pm 0,35$ km e $57,19 \pm 0,56$ min, respectivamente. Os valores médios \pm EPM de lactato no repouso (LacR) e no esforço (LacE) foram $1,92 \pm 0,19$ mmol/L e $4,91 \pm 0,46$ mmol/L, respectivamente. Tais valores de tempo, distância e concentração de lactato sanguíneo confirmam resultados encontrados em estudos de outros autores (SCHNABEL et al., 1982; STEGMANN & KINDERMANN, 1982; MOGNONI et al., 1990). Tais valores, particularmente distância ($17,65 \pm 0,35$ km) e concentração de lactato sanguíneo de esforço (LacE) ($4,91 \pm 0,46$ mmol/L), estão fortemente associados ao estudo de Janssen (1988), que indica o percentual do LAn (concentração fixa em 4,0 mmol/L) para as intensidades dos recordes do mundo de corridas de 100m a Maratona (1988). Os recordes mundiais para 15 km, 20 km e 21,097m correspondem em percentuais de 101,4%, 98,8% e 98,4%, respectivamente, considerando uma concentração fixa de 4,0 mmol/L.

Esses resultados sugerem que os atletas com o perfil do presente estudo podem ser capazes de correr a distância de Meia Maratona (21,097m) na velocidade do LAn, ou muito próximo a ela. Isso é percebido quando associamos os resultados médios \pm EPM dos atletas no teste de Tlim, $17,65 \pm 0,35$ km e $57,19 \pm 0,56$ min para distância e tempo respectivamente, às médias \pm EPM das melhores marcas desses atletas na Meia Maratona, $65,14 \pm 0,22$ min para 21,097m. As correlações negativas entre as melhores marcas dos atletas na Meia Maratona vs Distância Limite e Meia Maratona vs Tempo Limite, com valores de $r = -0,8$ e $r = -0,6$, respectivamente, confirmam a hipótese de forte associação entre essas variáveis.

A tabela 5 apresenta percentuais referentes à intensidade encontrada no teste de MFEL – modelo simplificado (MFELms) e velocidade de competição em Meia Maratona (MMHM) relacionadas com a Vcrit real. Essas informações são fundamentais na prescrição de intensidades de corrida para treinamento e predição de intensidades para competições de Meia Maratona para atletas com o perfil da amostra. O valor percentual médio \pm EPM de $97,2 \pm 0,53$ % em relação ao resultado da Vcrit real sugere o teste de Vcrit como um instrumento confiável para a predição de velocidade de competição de Meia Maratona para fundistas de alto rendimento. Por outro lado, o percentual médio \pm EPM de $93,5 \pm 0,08$ % encontrado na MFELms em relação a Vcrit real não corresponde com estudo anterior

(D'ANGELO & GOBATTO, 2006), em que os valores médios \pm EPM foram de $95,0 \pm 0,33$ %. Essa diferença pode ter ocorrido em razão da melhora da forma atlética dos atletas durante o experimento. Na tabela 7 são mostrados os $\Delta\%$ de desempenho dos atletas ao longo do ciclo 2009 – 2012. Tais valores são referentes aos anos anteriores e indica a consistência dos resultados atléticos alcançados pelos atletas, consolidando o nível da amostra do presente estudo.

Concluindo, houve moderada a alta correlação entre as melhores marcas dos atletas na Meia Maratona vs Distância Limite e Meia Maratona vs Tempo Limite ($r = -0,8$ e $r = -0,6$, respectivamente). As intensidades de corrida em competições oficiais de Meia Maratona, a V_{crit} real e a MFELms mostraram importante relação na determinação de velocidades de treinamento e competições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACON L, KERN M. **Evaluating a test protocol for predicting maximal lactate steady state.** J Sports Med Phys Fitness 1999; 39: 300-8.
- BENEKE R, HÜTLER M, LEITHÄUSER R. **Maximal lactate steady-state independent of performance.** Med. Sci. Sports Exerc 2000; 32:1135-9.
- BENEKE R, VON DUVILLARD, S P. **Determination of maximal lactate steady-state response in selected sports events.** Med Sci Sports Exerc 1996; 28:241-246.
- BENEKE R. **Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing.** Med Sci Sports Exerc 1995; 27:863-867.
- BILLAT LV, DALMAY F, ANTONINI MT et al. **A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise.** Eur J Appl Physiol 1994, 69:196-202.
- BILLAT LV, SIRVENT P, PY G, KORALSZTEIN JP, MERCIER J. **The concept of maximal lactate steady state. A bridge between biochemistry, physiology and sport science.** Sports Med 2003; 33:407-426.
- BILLAT LV. **Current perspectives on performance improvement in the marathon: From universalisation to training optimisation.** News Studies in Athletics – IAAF 2005; 20:3; 21-39.

BILLAT LV. **Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: recommendations for long-distance running.** Sports Med 1996; 22:157-175.

D'ANGELO, R.A. **Predição da intensidade de corrida em máxima fase estável de lactato a partir da velocidade crítica em atletas fundistas de alto rendimento. Relações com performances.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista de Rio Claro, 2008.

D'ANGELO RA, GOBATTO CA. **Predição da intensidade de corrida em máxima fase estável de lactato a partir da velocidade crítica em atletas fundistas de alto rendimento.** Revista Brasileira de Ciência e Movimento, Suplemento Especial 14(4), 50, 2006.

FARREL PA et al. **Plasma lactate accumulation and distance running performance.** Med Sci Sports Exerc 1979; 11:338-44.

FAULKNER JA. **Physiology of swimming and diving.** In: FALLS, H. (Ed) Exercise physiology. Baltimore, Academic Press, 1968.

FOSTER, C. **Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome.** Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 30, n. 7, p.1164-1168, 1998.

GAESSER GA, CARNEVALE TJ, GARFINKEL A et al. **Estimation of critical power with non linear and linear models.** Med Sci Sports Exerc 1995; 27: 1430-8.

GAESSER GA, WILSON LA. **Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance time relationship for high-intensity exercise.** Int J Sports Med 1988; 9: 417-21.

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

HILL DW. **The critical power concept: a review.** Sports Med 1993;16:237-254;

HOOGEVEEN AR, HOOGSTEN J, SCHEP G. **The maximal lactate steady state in elite endurance athletes.** Jpn J Physiol 1997; 47: 481-5.

HOPKINS WG, HAWLEY JA, BURKE LM. **Design and analysis of research on sport performance enhancement.** Medicine & Science in Sports & Exercise 0195-9131/99/3103-0472/0, 1998.

JENKINS DG, QUIGLEY BM. **The Y-intercept of the critical power duration as a measure of anaerobic work capacity.** Ergonomics 1991; 34:13-22.

JURADO, S.; BORIN, J. P. **Avaliação dos efeitos neuromusculares do treinamento de força em atletas de basquetebol.** In: MOSTRA ACADÊMICA DA UNIMEP, 4., 2006, Piracicaba. Anais... Piracicaba:UNIMEP, 2006.

MANCHADO-GOBATTO, F.B. et al.; **Avaliação aeróbia e anaeróbia de atletas da canoagem slalom por teste não invasivo.** Faculdade de Ciências da Saúde – Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, 2011.

MCLELLAN TM, CHEUNG KSY, JACOBS I. **Incremental test protocol, recovery mode, and the individual aerobic threshold.** Int. J. Sports Med 1991; 12:190-195.

MCLELLAN TM, CHEUNG KSY. **A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power.** Med Sci Sports Exerc 1992; 0195-9131/92/2405-0543/0.

MCLELLAN TM, JACOBS I. **Reliability, reproducibility and validity of the individual anaerobic threshold.** Eur J Appl Physiol 1993; 67:125-31.

MCLELLAN, T. M., JACOBS, I.; **Active recovery, endurance training, and the calculation of the individual anaerobic threshold.** Medicine and Science in Sports and Exercise. 21:586-592, 1989.

MESSIAS, L.H.D. et al.; **Análise de diferentes modelos matemáticos e combinações de esforços máximos utilizando o modelo de velocidade crítica em canoagem slalom.** Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2012.

MOGNONI P, SIRTORI MD, LORENZI F. et al. **Physiological responses during prolonged exercise at the power output corresponding to the blood lactate threshold.** Eur J Appl Physiol 1990; 60: 239-43.

MONOD H, SCHERRER J. **The work capacity of synergy muscular group.** Ergonomics 1995; 8:339-50.

MORTON RH. **A 3-parameter critical power model.** Ergonomics 1996; 39: 611-9.

OYONO-ENGUELE S, HEITZ A, MARBACH J et al. **Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic thresholds.** Eur J Appl Physiol 1990; 60: 321-30.

SCHÄBEL A, KINDERMANN W, SCHMITT WM et al. **Hormonal and metabolic consequences of prolonged running at the individual anaerobic threshold.** Int J Sports Med 1982; 3: 163-8

SMITH CGM, JONES AJ. **The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners.** Eur J Appl Physiology 2001; 85:19-26.

STEGMANN H, KINDERMAN W, SCHNÄBEL A. **Lactate kinetics and individual anaerobic threshold.** Int. J. Sports Med 1981; 2:160-165.

STEGMANN, H. e KINDERMAN, W. **Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l lactate.** Int. J. Sports Med 3:105-110, 1982.

ZINTL, F. **Entrenamiento de la resistencia.** Martínez Roca S. A., 1991.

4.3. ESTUDO 5: D'ANGELO, R. A., ARRUDA, M. PREPARAÇÃO PLURI-ANUAL PARA UMA MARATONA HISTÓRICA: ATENAS 2004 Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, SP Brasil

*Publicado no Anuário Técnico da *Asociación Sudamericana de Entrenadores de Atletismo* – ASEA, 2009

RESUMO

A preparação pluri-anual estendeu-se dos Jogos Olímpicos (JO) de Atlanta 1996 aos JO de Atenas 2004. Dentro desse período, o presente estudo apresenta os objetivos dos diferentes tipos de competições, conhecidas como preparatórias e competições-chave realizadas nas temporadas que antecederam as temporadas-alvo. Explica a preparação direta para a competição desenvolvida durante a mesma temporada da maratona principal. Também mostra as tabelas que indicam o uso de dois ou três macrociclos por ano e objetivos e meios de treinamento dos mesmos. Para o desenvolvimento das variáveis metabólicas, um parâmetro fisiológico confiável foi escolhido para a prescrição das intensidades de treinamento – Limiar Anaeróbio (LAN), estimado a partir de um protocolo de teste de velocidade crítica (V_{crit}), validado pelo protocolo de teste “padrão ouro” de máxima fase estável de lactato (MFEL). Como um importante elemento da metodologia, destaca-se a combinação de tarefas orientadas para desenvolvimento de variáveis metabólicas a partir dos conceitos de capacidade e potência. A ênfase na preparação da força foi decisiva, bem como no apoio das áreas auxiliares, tais como bioquímica, fisiologia, nutrição, etc. Por fim, exemplos de meios e métodos de treinamento correspondentes aos diferentes períodos de treinamento foram apresentados.

Palavras chave: Máxima fase estável de lactato, velocidade crítica e limiar anaeróbio.

ABSTRACT

The multi-annual preparation extended across the Olympic Games (OG) in Atlanta 1996 to the OG in Athens 2004. Within these periods, the present study explains the role of different types of competitions, known as preparatory competitions and key competitions held at the previous season of the target one. Likewise explains the direct preparation for the competition developed during the same season of the main marathon. Also shows in a graph, the use of two or three macrocycles a year, and provides objectives and means for each of them. For the development of important metabolic variables, a reliable physiological parameter was chosen which could be particularly used in the prescription of training intensities – Anaerobic Threshold (AnT), which is estimated from a critical speed (CS) test protocol, validated by a “gold standard” test protocol of maximum lactate steady state (MLSS). As an important element of the methodology, a combination of tasks oriented to develop capacity and power of the target energetic system stands out. Equally, the emphasis on strength preparation was decisive, in the same way as the support from other study fields such as Biochemistry, Orthopedics, Nutrition, etc. Finally, examples of means and methods corresponding to different training periods are provided.

Key Words: Maximal Lactate Steady State, Critical Speed and Anaerobic Threshold.

INTRODUÇÃO

Atletismo de Fundo

Acompanhamos nas últimas duas décadas, uma enorme evolução no desempenho das corridas de fundo, especialmente na maratona. Desde 1985, os recordes mundiais dessa prova foram melhorados por seis minutos (4%) na categoria feminino (2h21min06s para 2h15min25s) e por três minutos (2%) na categoria masculino (2h07min12s para 2h04min55s) (BILLAT, 2005). Atualmente, sabemos que o recorde mundial masculino da prova já está em 2h03min59s. Em artigo de revisão de Billat (2005) sobre os fatores fisiológicos limitantes na corrida de fundo, aspectos como “doping sanguíneo” e uso do hormônio EPO (eritropoetina) podem ter sido algumas das causas dessa acentuada melhora. Tais elementos produzem respostas fisiológicas capazes de elevar sensivelmente o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) na intensidade do limiar anaeróbio (LAn). Outras essenciais fontes para melhora do desempenho parecem contribuir de maneira mais eficaz neste processo: a identificação do talento, as estratégias de competição e a aplicação correta de recursos para melhora do treinamento.

No Brasil, os primeiros grandes resultados em nível internacional no atletismo de fundo aconteceram nos anos 70, decorrentes de metodologias de treinamento influenciadas pelas escolas militares de Educação Física. Esses expressivos resultados dos atletas de fundo brasileiros à época alcançavam a área sul-americana e pan-americana, sem nenhuma penetração no cenário mundial. A partir dos anos 80, as escolas de treinamento de fundo da Austrália e Nova Zelândia passaram, é certo que com algum atraso, a atuar diretamente nos programas de treinamento dos atletas brasileiros. Tais escolas possuíam características semelhantes por elevado volume, progressão dinâmica da carga, exploração da resistência psicológica e número reduzido de competições (FERREIRA & ROLIM, 2006). Nesse momento, as principais discussões sobre treinamento para fundistas recaíam sobre o volume de carga mais adequado, uma vez que pesquisas indicavam que os atletas que se utilizavam de cargas médias de trabalho entre 150 a 200 km semanais atingiam os melhores resultados em competições de fundo, incluindo a maratona (NOAKES, 1986). Até o fim dos anos 80, ao contrário da rápida evolução dos atletas brasileiros no segmento de meio

fundo, os resultados no fundo eram tímidos, mais uma vez limitados a algumas medalhas em Campeonatos Pan Americanos e raras vitórias em maratonas inexpressivas.

No início dos anos 90, duas outras escolas de treinamento de fundo com resultados reconhecidos em nível mundial foram fundamentais para o crescimento do atletismo de fundo brasileiro: a Italiana e a Espanhola. Essas escolas já vinham influenciando a elaboração dos programas de treinamento dos atletas brasileiros desde o fim dos anos 80, quando alguns atletas e treinadores, tomaram contato com suas metodologias. Nos anos 80 e 90 o atletismo de fundo desses países buscou na ciência do esporte apoio necessário para seu crescimento e desenvolvimento, especialmente nas áreas de metodologia do treinamento e biomedicina. A escola Italiana, por sua vez, adota a corrente de grande volume para seus fundistas, enquanto que a Espanhola, combina elementos de médio volume, intensidades moderadas para altas e um razoável porcentual de força básica e força-resistência (GARCIA-VERDUGO & LEIBAR, 1997).

Os anos 90 marcaram o principal período de evolução e amadurecimento do atletismo de fundo brasileiro. Os resultados apresentados por atletas em campeonatos mundiais de meia maratona, de cross country e em importantes maratonas internacionais já indicavam o nascimento de um modelo de aplicação dos processos de treinamento com características próprias. De lá até os dias de hoje, cinco excepcionais resultados na prova da maratona mostraram ao mundo o potencial dos brasileiros no segmento de fundo, capazes de provocar mudanças na história de certos eventos, foram eles: a medalha de bronze do atleta Luis Antonio dos Santos no Campeonato Mundial de Atletismo de Gotemburgo em 1995; o recorde mundial do atleta Ronaldo da Costa na Maratona de Berlim em 1998; a medalha de bronze do atleta Vanderlei Cordeiro de Lima nos Jogos Olímpicos de Atenas em 2004 e a dupla vitória do atleta Marilson Gomes dos Santos na Maratona de Nova Iorque nos anos de 2006 e 2008.

Estudo de Ferreira e Rolim (2006), sobre a evolução do treinamento de maratona, compara e analisa programas de corredores de elite de várias escolas pelo mundo, a partir de duas variáveis fundamentais na elaboração das cargas: o volume e a intensidade. A escola de fundo brasileira foi identificada com características de volume médio e alta intensidade, confirmando o que demonstra o referido estudo, sugerindo que a utilização dessa metodologia pode atingir excelentes resultados e levar a títulos e recordes

internacionais. Cabe destacar que os treinadores brasileiros atuantes na década de 90 promoveram a combinação da capacidade biomotora força com as variáveis metabólicas intervenientes no processo de treinamento de fundo, sendo esse um dos prováveis fatores para o desenvolvimento integral do corredor de longa distância brasileiro.

Nos últimos 20 anos, essa positiva evolução ocorreu por conta dos elevados investimentos no conjunto *atleta-treinador*. De um lado, os atletas puderam contar em suas rotinas com equipes multidisciplinares, recursos materiais de última geração, novas metodologias de treinamento e oportunidades de participação em eventos internacionais de primeiro nível. Por outro, os treinadores aperfeiçoaram sua qualificação básica e específica para o trabalho, receberam apoio de áreas auxiliares, participaram de cursos¹ e intercâmbios internacionais² e receberam recursos pecuniários³ suficientes para se dedicar exclusivamente ao esporte. Entretanto, o sucesso dessa jovem escola de fundo brasileira aconteceu, sobretudo, nos eventos de rua, especificamente na maratona. Já para as provas de fundo na pista (3.000m com obstáculos, 5.000m rasos e 10.000m rasos) a velocidade dessa evolução não ocorreu no ritmo desejado, ficando os atletas brasileiros caracterizados como “lentos”, dentro do âmbito das distâncias consideradas longas. Uma das razões desse rótulo pode ser a pouca frequência com que os fundistas brasileiros participam de provas de melhor nível, considerando que fatores extrínsecos como condições climáticas, marcação do ritmo e calibre dos adversários são fundamentais para o alto desempenho nesta especialidade.

Diante do moderno e atual formato do calendário atlético mundial, atletas fundistas de alto rendimento são obrigados a cumprir quatro principais picos na temporada: rua, pista, *cross-country* e pista coberta. Dessa forma, a temporada se traduz em pequenos blocos de períodos pré-determinados e a estrutura do treinamento deve ser organizada objetivando a maximização das sessões de trabalho (BOMPA, 2002). Construir programas eficazes de treinamento a fim de proporcionar a quebra de recordes e melhora de marcas nas distâncias olímpicas de fundo pelos atletas brasileiros é a tarefa desafiante do atual treinador. Os programas modernos apresentam grande complexidade quando relacionados às capacidades biomotoras intervenientes no desempenho, bem como a todos os demais

¹ Sistema de Certificação – IAAF

² Solidariedade Olímpica – COB e ODEPA

³ Patrocinadores e Programas de Apoio – CBAAt

componentes internos e externos que igualmente podem potencializar o rendimento nos eventos de fundo. A proposta de prescrição de intensidades de corrida apoiadas em parâmetros fisiológicos confiáveis e de alta reprodutibilidade são definitivamente fundamentais na elaboração dos programas atuais de treinamento. Por meio de testes e avaliações tais parâmetros oferecem a oportunidade para o treinador conhecer o estado da forma física do atleta nas diferentes fases da periodização, auxiliando na prescrição e controle dessas intensidades para treinamento e competição (D'ANGELO & GOBATTO, 2006). Dentro dos princípios descritos acima, o tema central deste artigo é apresentar a estrutura completa (aspectos teóricos e práticos) do treinamento desenvolvido para o atleta Vanderlei Cordeiro de Lima e aplicado na temporada de 2004, ano em que o mesmo alcançou o ponto alto de sua carreira: a medalha de bronze na maratona dos Jogos Olímpicos de Atenas.

Perfil Metodológico e Estrutural

O processo de treinamento do atleta Vanderlei Cordeiro de Lima foi desenvolvido a partir do modelo estrutural clássico, projetando uma vida desportiva em que, nas diferentes etapas, foi possível a aplicação de diferentes metodologias. É importante destacar o compromisso do atleta no projeto de desenvolvimento de carreira a longo prazo, o que significa fato extremamente raro no atletismo brasileiro da atualidade.

Ciclo Plurianual – Foram planejados três ciclos plurianuais para o atleta. Para todos, a competição-alvo foi a maratona dos Jogos Olímpicos, realizados em Atlanta, Sydney e Atenas, respectivamente. Dentro desses ciclos, as competições preparatórias (provas-chave realizadas na temporada anterior a competição-alvo) foram os Jogos Pan Americanos de Winnipeg (99) e Santo Domingo (03), em que o atleta sagrou-se campeão em ambas. Já para a preparação direta para a competição (provas realizadas na temporada da grande competição), foram escolhidas maratonas internacionais em que o atleta poderia marcar tempos rápidos, bem como avaliar sua capacidade de competir contra adversários mais fortes. A figura 1 ilustra os ciclos plurianuais (CP) desenvolvidos para o atleta.

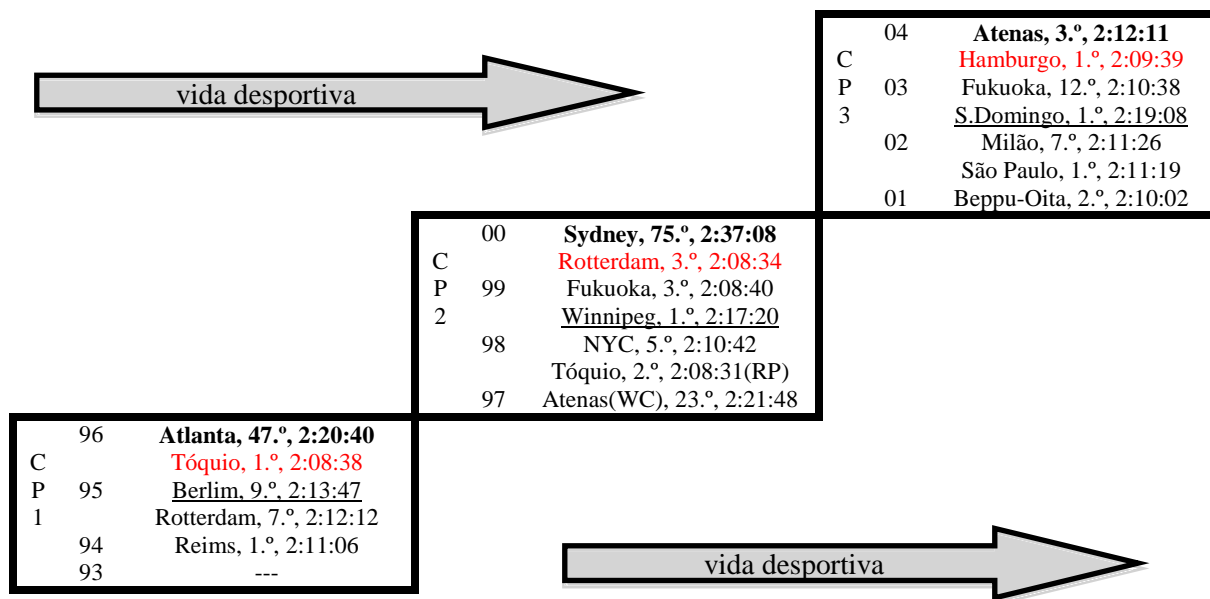


Figura 1: Indica os ciclos plurianuais planejados para o atleta, suas respectivas temporadas, as competições alvo (negrito), as competições consideradas preparatórias (grifadas) e as provas com característica de preparação direta para a competição (vermelho).

Temporadas, Macro Ciclos e Mesociclos – As temporadas foram consideradas dentro do ano-calendário e divididas em dois ou três macrociclos, dependendo dos objetivos do CP. Na sua maioria, as temporadas foram elaboradas com dois macrociclos de 12 a 16 semanas em média, oferecendo a possibilidade para o atleta correr uma maratona entre fevereiro e abril e outra em setembro e dezembro. Na temporada dos Jogos Olímpicos de Atenas, a prova de preparação direta para a competição foi a Maratona de Hamburgo, realizada no mês de abril, na qual o atleta venceu com 2h09min39seg. Os macrociclos foram divididos em 3 ou 4 mesociclos, bem definidos em suas características. No primeiro, chamado de período de preparação geral (PPG), com duração de 4 a 6 semanas, a grande ênfase foi no desenvolvimento da força básica, coordenação, flexibilidade e capacidade e potência aeróbia, com cargas de volume elevado e intensidade moderada. Já no segundo, período de preparação especial 1 (PPE1), com duração de 4 semanas, o objetivo foi trabalhar a força-resistência, coordenação, flexibilidade, capacidade e potência aeróbia e capacidade anaeróbia láctica, com cargas elevadas aplicadas sobre volume e intensidade.

Para o terceiro e último, período de preparação especial 2 (PPE2), com duração de 4 semanas, concentrou-se na manutenção de um nível razoável para a força-resistência nas 2 primeiras semanas, manutenção da coordenação e flexibilidade, e novamente grande ênfase na capacidade e potência aeróbia e capacidade anaeróbia láctica, com cargas de volume e intensidade elevadas até a semana anterior a prova-alvo. O período do *taper* para a maratona de Atenas foi de 10 dias, considerando uma queda de carga combinada entre os modelos linear e *step*. A figura 2 indica o modelo de periodização específico utilizado para maratona.

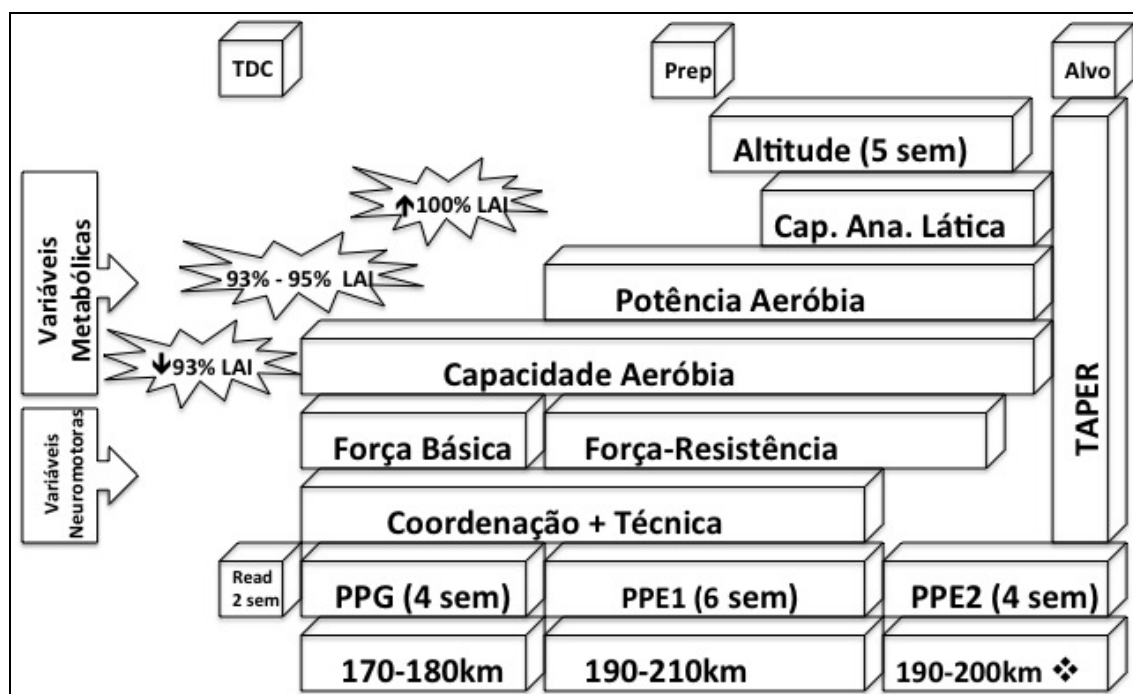


Figura 2: Modelo de periodização específico utilizado para maratona.

Microciclos, Sessões e Exercícios – Os microciclos aplicados na periodização do atleta foram compostos por 7 dias, portanto, desenvolvidos em número de 4 a 6 no PPG e 4 nos PPE1 e PPE2. Para cada microciclo foram realizadas entre 11 a 12 sessões de treinamento, distribuídas à partir de uma dinâmica específica de carga, apresentada na figura 3.

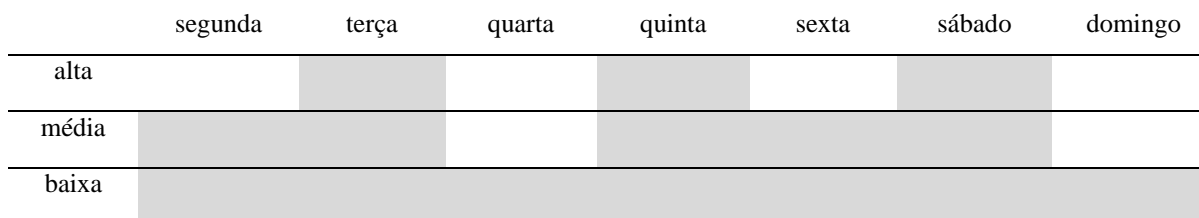


Figura 3: Dinâmica de cargas aplicadas a um microciclo-tipo.

Cargas de treinamento – Para cada sessão, cuidados especiais foram tomados na escolha das cargas de treinamento, de acordo com as específicas capacidades biomotoras para, de maneira eficaz, alcançar os objetivos para o determinado período. Para o trabalho de força com pesos, foi utilizado o parâmetro do peso corporal para identificação das cargas. Para o desenvolvimento das importantes variáveis metabólicas, foi escolhido um parâmetro fisiológico confiável que pudesse, particularmente, ser utilizado na prescrição de intensidades de treinamento. Embora considerado polêmico e controvertido, o limiar anaeróbio (LAn) tem sido objeto de estudo frequente nas últimas décadas na área da fisiologia do exercício. Discussões sobre seus mecanismos básicos provocam discordância entre pesquisadores (WASSERMAN et al., 1973; HAGBERG et al., 1982; GAESSER & POOLE, 1986), bem como críticas sobre sua real existência (BROOKS, 1985; THIBAUT & PÉRONNET, 2006). Contudo, sua utilização tem sido ampla por pesquisadores, fisiologistas, treinadores, preparadores físicos e médicos. Entre as principais aplicações práticas da determinação do LAn estão a prescrição da intensidade adequada do exercício (DWYER & BYBEE, 1983), predição de desempenho (FARREL et al., 1979) e avaliação dos efeitos do treinamento aeróbio (KORHT et al., 1989). O atleta experimentou alguns modelos de testes incrementais em laboratório para determinação do LAn, porém, foi com o protocolo de campo do Lactato Mínimo (TEGTBUR et al., 1993) que encontramos os valores mais confiáveis para a escolha das cargas. A título de ilustração, a figura 4 apresenta um teste plotado de Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL), teste *padrão-ouro* na determinação do LAn, e que é aplicado atualmente nos atletas que oriento. Para esses atletas, o LAn é estimado a partir de um protocolo de teste de velocidade crítica (Vcrit),

validado pelo teste de MFEL, por meio de uma equação matemática de predição para intensidades de treinamento e competição.

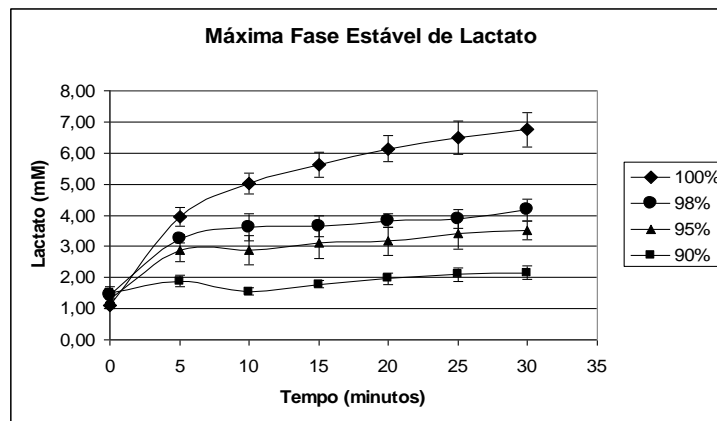


Figura 4. Valores médios \pm erro padrão da média das concentrações de lactato encontradas no teste de MFEL em atletas fundistas de elevado rendimento. Foi verificada estabilização máxima a 98% dos resultados de teste prévio de velocidade crítica (10.^o min, $3,62 \pm 0,44$ mmol/L; 30.^o min, $4,18 \pm 0,35$ mmol/L).

Meios, Métodos e Vias Metabólicas – Combinar zonas-alvo de capacidade e potência, sob qualquer via metabólica, foram estratégias presentes nas sessões de treinamento do programa do atleta. É relativamente recente a diferença conceitual entre capacidade e potência do sistema energético. Capacidade representa a quantidade total de energia disponível para a realização de trabalho por um determinado sistema energético e Potência representa a quantidade máxima de energia gerada por unidade de tempo durante a realização de exercícios máximos (BOUCHARD et al., 1992). De forma prática podemos aplicar os conceitos quando: 1) intensidade de corrida mais lenta que o ritmo de competição = *capacidade*; 2) intensidade de corrida mais rápida ou igual ao ritmo de competição = *potência*. Como exemplo, quando aplicado o Método de Corrida Contínua Variável (MCCV), em sessão que o atleta cumpra 15km em Velocidade Crescente, no primeiro estágio de intensidade (10km, 3:45/km, concentrações de lactato sanguíneo a 2,5 mmol/L) o objetivo foi desenvolver capacidade aeróbia, no segundo estágio de intensidade (3km, 3:12/km, concentrações de lactato sanguíneo a 4,0 mmol/L) desenvolver potência aeróbia e no terceiro estágio de intensidade (2km, 2:55/km, concentrações de lactato sanguíneo a 6,5

mmol/L) desenvolver capacidade anaeróbia láctica. Outro exemplo para o Método de Corrida Contínua Variável, agora em sessão de 15km em Velocidade Variada, trechos de 3km foram cumpridos da seguinte forma: 2km, 3:45/km, concentrações de lactato sanguíneo a 2,5 mmol/L para desenvolvimento da capacidade aeróbia e 1km, 3:00/km, concentrações de lactato sanguíneo a 5,0 mmol/L para incremento da potência aeróbia (Figura 5). Tais exercícios permitem combinar diferentes ritmos de treinamento e competição, estimulando no atleta as adaptações para duas ou mais vias metabólicas na mesma sessão. Essas atividades se tornam fundamentais uma vez que possuem como principal característica a especificidade e reproduzem no treinamento situações idênticas aquelas encontradas nas competições.

MCCV	Sistema Energético	MCCV
15km Velocidade Crescente	CAP x POT	15km Velocidade Variada
↓ 10km – 3:45/km (2,5mmol/L)	← capacidade aeróbia →	2km – 3:45/km (2,5 mmol/L) ↑
↓ 3km – 3:12/km (4,0 mmol/L)	← potência aeróbia →	1km – 3:00/km (5,0 mmol/L) ↓
↓ 2km – 2:55/km (6,5 mmol/L)	← capacidade anaeróbia láctica	

Figura 5: Exemplo de sessões de treinamento no MCCV utilizando a combinação de zonas-alvo de capacidade e potência.

Outro recurso aplicado ao treinamento do atleta foi a combinação entre metodologias e capacidades biomotoras. Existiu por muito tempo um grande preconceito quanto a aplicação do trabalho de força em fundistas, sobretudo quando falava-se em levá-los para a sala de pesos. Isto se dava pelas inúmeras investigações sobre os mecanismos e respostas do treinamento aeróbio quando associado ao treinamento hipertrófico de força. Sabe-se que as adaptações do trabalho de força para hipertrofia muscular se contrapõe as adaptações do treinamento aeróbio e que atualmente é conceituado como *treinamento concorrente*. Muito longe do *treinamento concorrente*, as manifestações de força tratadas para o fundista são, na maioria dos casos, a força básica e a força-resistência. Por sobre essas manifestações podemos combinar o treinamento aeróbio e obter reais benefícios para a formação integral do atleta. Algumas sessões de treinamento inseridas no programa do

atleta foram consideradas *tarefas-chave*, sempre de acordo com a importância e exigência das intensidades prescritas. Exemplo de uma sessão considerada *tarifa-chave* e que combina os Métodos Fracionados de Intervalo Extensivo (séries de *circuit-training* composta de 6 a 8 exercícios com carga fixa de esforço e recuperação) com objetivos de desenvolver força-resistência e de Intervalo Intensivo (séries de repetições de 400m em intensidade superior a da competição com pausas curtas) com objetivos de desenvolver capacidade anaeróbia láctica. Nesta combinatória o elemento de *transferência* aparece com destaque, uma vez que o atleta realizava uma série de *circuit-training* de aproximadamente 8 minutos, composto por exercícios concêntricos e excêntricos de membros inferiores e logo em seguida, após pausa curta, partia para uma série de 10 repetições de 400m, com pausas entre 30seg e 45seg. Esta macro-série era repetida por duas vezes, totalizando 2 a 3 séries de *circuit-training* alternadas com 10 x 400m (total de 20 repetições de 400m na sessão). A título de experimento, foram coletadas amostras de sangue para análise das concentrações de lactato nas sessões descritas acima. As coletas ocorreram sempre ao final de cada seção de força-resistência e corrida. Os resultados indicaram altas concentrações de lactato após as seções de corrida, entretanto, seus valores eram reduzidos logo após as sessões de força-resistência. Esta cinética sugere que naquele momento os exercícios de força-resistência poderiam estar ajudando na remoção do lactato circulante e assim, na recuperação para a nova seção de corrida.

As figuras abaixo (A, B e C) apresentam exemplos de três microciclos-tipo utilizados nos PPG, PPE1 e PPE2, caracterizados por suas sessões de trabalho, volume, meios, metodologias e vias metabólicas, empregados na preparação do atleta para os Jogos Olímpicos de Atenas, 2004.

PPG (A)

M-Along. 15km (3:30/35) Along. T-Along. 60' à vontade FG(SÓ PERNAS) Along.	M- Aq. Normal 2x40m t.c. cada CIRCUITO(3x) P1=5x2'(60") P2=10x1'(60") 2km/along. T-Along. 45'suaves Along.	M-Along. 80' à vontade FG(SÓ PERNAS). Along.	M-Aq. Normal 2x60m t.c. cada P2'/12km(3:30/km) *1 série téc antes e 1 depois do tiro 2km/along. T- Along. 45'suaves Along.	M-2km/Along. HALTERES (3x10) 50'à vontade/Along. T-Along. 60' 15'suaves 30'- FARTLEK (90"/90") 15'suaves/Along.	M-Along. 90' à vontade FG(SÓ PERNAS). Along.	M-Along. 60' à vontade Along.
M- Capacidade Aeróbia T- Capacidade Aeróbia	M-Potência Aeróbia T- Capacidade Aeróbia	M- Capacidade Aeróbia	M- Capacidade Aeróbia T- Capacidade Aeróbia	M- Capacidade Aeróbia T- Potência Aeróbia	M- Capacidade Aeróbia	M- Capacidade Aeróbia
M-CC Veloc. Uniforme T- CC Veloc. Uniforme	M-Frac. Interv. Intensivo T- CC Veloc. Uniforme	M-CC Veloc. Uniforme	M-CC Veloc. Uniforme T- CC Veloc. Uniforme	M-CC Veloc. Uniforme T- CC Veloc. Variada	M-CC Veloc. Uniforme	M-CC Veloc. Uniforme
Obs: Microciclo realizado de 14 a 20/6/2004 em altitude (2.500m). Volume de quilometragem total: 70% - capacidade aeróbia; 25% - capacidade e potência aeróbia; 5% - potência aeróbia.						

PPE1 (B)

M-Along. 16km VV 2km – 3:40/45 2km – 3:10/08 Along. T-Along. 60' à vontade Along.	M- Aq. Normal 2x40m t.c. cada CIRCUITO(3x) P1=5x800(2:24)60" P2=10x400(69")50" 2km/along. T-Along. 60'suaves Along.	M-Along. 90' à vontade FG(SÓ PERNAS) Along.	M-Aq. Normal 3x60m t.c. cada P2'/3x5km (3:00/05km) 2km/along. T- Along. 60'suaves Along.	M-2km/Along. HALTERES (3x10) 50'à vontade/Along. T-Along. 60'suaves Along.	M-Along. 120' à vontade FG(SÓ PERNAS). Along.	M-Along. 60' à vontade Along.
M-Cap. e Pot. Aeróbia T- Capacidade Aeróbia	M-Potência Aeróbia T- Capacidade Aeróbia	M- Capacidade Aeróbia	M- Cap. e Pot. Aeróbia T- Capacidade Aeróbia	M- Capacidade Aeróbia T- Capacidade Aeróbia	M- Capacidade Aeróbia	M- Capacidade Aeróbia
M-CC Veloc. Variada T- CC Veloc. Uniforme	M-Frac. Interv. Intensivo T- CC Veloc. Uniforme	M-CC Veloc. Uniforme	M- Frac. Interv. Extensivo T- CC Veloc. Uniforme	M-CC Veloc. Uniforme T- CC Veloc. Uniforme	M-CC Veloc. Uniforme	M-CC Veloc. Uniforme
Obs: Microciclo realizado de 12 a 18/7/2004 em altitude (2.500m). Volume de quilometragem total: 70% - capacidade aeróbia; 20% - capacidade e potência aeróbia; 10% - potência aeróbia.						

PPE2 (C)

M-Along. 15km VC 10km – 3:50/45 3km–3:15/10 2km – 3:00 Along. T-Along. 60' à vontade Along.	M- Aq. Normal 2x40m t.c. cada CIRCUITO (2x) P=24x400 (68"/67")40" 2km/along. T-Along. 60'suaves Along.	M-Along. 90' à vontade Along.	M-Aq. Normal 2x60m t.c. cada P2'/15/18x1000m (2:56/58/km) P=80"/90" 2km/along. T- Along. 60'suaves Along.	M-2km/Along. HALTERES (3x10) 50' à vontade/Along. T-Along. 60' 15'suaves 30'- FARTLEK (90"/60"/30") 15'suaves/Along.	M-Along. 60' à vontade Along.	M-Along. 30 a 32km PROGRESSIVOS (média de 3:20/3:25/km) Along.
M-Cap. e Pot. Aeróbia T- Capacidade Aeróbia	M-Pot. Aeróbia Capc. Láctica T- Capacidade Aeróbia	M- Capacidade Aeróbia	M- Cap. e Pot. Aeróbia T- Capacidade Aeróbia	M-Capacidade Aeróbia T- Cap. e Pot. Aeróbia	M- Capacidade Aeróbia	M- Cap. e Pot. Aeróbia
M-CC Veloc. Crescente T- CC Veloc. Uniforme	M-Frac. Interv. Intensivo T- CC Veloc. Uniforme	M-CC Veloc. Uniforme	M- Frac. Interv. Extensivo T- CC Veloc. Uniforme	M-CC Veloc. Uniforme T- CC Veloc. Variada	M-CC Veloc. Uniforme	M-CC Veloc. Uniforme
Obs: Microciclo realizado de 9 a 15/8/2004 em altitude (2.500m). Volume de quilometragem total: 70% - capacidade aeróbia; 20% - capacidade e potência aeróbia; 7% - potência aeróbia; 3% - capacidade láctica.						

Áreas de Apoio

Em conjunto com o treinamento orientado de todo atleta de elevado desempenho encontramos, particularmente nos modelos atuais, completas equipes multidisciplinares interagindo entre si e com o treinador. Esses profissionais atuam na busca de recursos eficazes, cada um em sua especialidade, para aplicação e apoio na rotina de atividades do atleta, sustentando ações diretas ao rendimento do mesmo. No presente exemplo, houve interação de um grupo de profissionais altamente qualificados nas áreas de bioquímica, fisiologia, ortopedia, biomecânica, nutrição e psicologia do esporte, uma vez que foram criadas parcerias entre os diferentes laboratórios das principais universidades do país (UNESP, UNICAMP e USP) com clubes, federações e confederação. Foram desenvolvidas, ao lado desses profissionais, ações de análises qualitativas e quantitativas, estratégias para avaliação e controle do treinamento, bem como avaliações diagnósticas específicas para cada área da modalidade. O atleta em questão sempre esteve envolvido com uma equipe multidisciplinar e interagiu ativamente para se obter dos benefícios promovidos pelas áreas integrantes.

Modelo Estrutural e Sistemática

Os modelos estruturais de treinamento descritos acima revelaram relativo sucesso por conta dos resultados apresentados pelos atletas envolvidos no processo. É claro que, ao longo de todos esse anos, muitos ajustes foram e ainda são feitos na sistemática de trabalho, uma vez que temos atualmente diferentes demandas interferindo no desempenho final do atleta. A seguir, lista de atletas e seus respectivos resultados, os quais foram e ainda são submetidos a estrutura e sistemática desenvolvida: Vanderlei Cordeiro de Lima, 10.000m (28:08:03), meia maratona (61:24), maratona (2:08:31); Eduardo do Nascimento, 3.000m c/obstáculos (8:30:31), meia maratona (60:30), maratona (2:12:12); Emerson Iser Bem, 5.000m (13:35:43), 10km (27:59), meia maratona (61:14); Valdenor Pereira dos Santos, 5.000m (13:30:76), meia maratona (61:15), maratona (2:10:15); Clodoaldo Lopes do Carmo, 3.000m c/obstáculos (8:24:54); Leonardo Vieira Guedes, 5.000m (13:57:03), meia maratona (61:03); Elias Rodrigues Bastos, meia maratona (61:56), maratona (2:12:08); Celso Ficagna, 3.000m c/obstáculos (8:38:05); Rômulo Wagner da Silva, maratona (2:11:28); Jean Carlos da Silva, 10.000m (29:35:73), maratona (2:15:24); Ederson Vilela Pereira, 5.000m (14:00:90), 10.000m (29:11:21), meia maratona (65:28); Daniel Chaves da Silva, 5.000m (13:46:31), 10.000m (28:49:52), meia maratona (63:37); Joilson Bernardo da Silva, 5.000m (13:31:71), 10.000m (29:02:00), meia maratona (65:08), entre outros.

Novas Perspectivas

Temos visto atualmente marcas excepcionais nas provas de fundo, sobretudo para as maratonas. A grande predominância entre os vencedores de clássicos eventos (BIG FIVE, por exemplo), Campeonatos Mundiais (incluindo cross-country e meia maratona) e Jogos Olímpicos são atletas provenientes de países africanos. A supremacia desses atletas nos eventos de fundo não é nenhuma novidade, entretanto, tal fato acentuou-se de sobremaneira a trazer inúmeras discussões sobre essa questão nos ambientes atléticos. Artigo de Barra (2007) nos mostra a acentuada queda no percentual de atletas europeus de meio fundo e fundo ganhadores de medalhas em Campeonatos Mundiais e Olimpíadas, incluindo seu decréscimo de desempenho. Ou seja, se por um lado os africanos estão se tornando

imbatíveis, por outro, particularmente na Europa, está ocorrendo uma involução técnica no segmento de meio fundo e fundo. No mesmo periódico, entrevista de Gigliotti (2007) levanta algumas razões sobre essa questão quando compara o estilo de vida das crianças africanas (especialmente quenianas) e as Européias: enquanto os quenianos passam por uma preparação natural, quando caminham ou correm para a escola, tornando-se uma população forte e ativa, os europeus aparecem como sedentários, com computadores, vídeo games e telefones celulares. Não fosse suficiente, de algum tempo para cá, temos visto atletas africanos obterem naturalização por nações do mundo árabe.

Como exemplo, recentemente no Mundial de Cross Country em Amã na Jordânia, um atleta brasileiro alcançou a 65ª colocação na prova adulta de 12km. Em uma avaliação de desempenho, a princípio, considerando a 65ª colocação, pode-se concluir que o rendimento do atleta não foi satisfatório. Entretanto, quando exclui-se da classificação final todos os africanos, bem como aqueles quenianos naturalizados árabes, ele passou para 19º. Dessa forma, reavaliando seu desempenho, pode-se considerar satisfatório quando comparado com o resto do mundo.

Esse cenário está repetido no mundo todo. Nos mercados da Europa e Estados Unidos, em que o fenômeno da corrida de rua aconteceu fortemente alguns anos atrás, as reações para um diagnóstico sobre o problema do jovem talento de fundo se tornar escasso já aconteceram. No Brasil, o *boom* de corridas de rua também já ocorreu e podemos afirmar que atualmente temos consolidado na sociedade brasileira a prática do exercício físico por meio da corrida na rua. Entretanto, na mesma velocidade e proporção que os eventos cresceram, os resultados técnicos deixaram a desejar. Desnecessário dizer que não temos nenhum jovem atleta de fundo hoje no Brasil ocupando as 5 primeiras posições nas grandes provas de rua. A exemplo da Europa, tais problemas correntes no atletismo de fundo brasileiro e da América do Sul merecem atenção, em especial das autoridades que dirigem a modalidade, no que se refere a propostas e sugestões para voltarmos a revelar jovens e adultos realmente competitivos no segmento de fundo.

Contudo, essa preocupação já ocupou patamar de grande importância na IAAF, replicando-se para o atleta jovem em geral. Um volume inteiro da *News Studies in Athletics* (3.2008) foi destinado a discutir o papel das crianças e jovens no atletismo, identificar

problemas no desenvolvimento desses jovens e avaliar os perigosos riscos dos Jogos Olímpicos da Juventude de 2010 em Singapura.

VANDERLEI CORDEIRO DE LIMA

11/8/1969, Cruzeiro D'Oeste, PR, Brasil

Melhores resultados:

Medalha de Bronze nos Jogos Olímpicos de Atenas, 2004
 Medalha Pierre de Coubertain, Jogos Olímpicos de Atenas, 2004
 Medalha de Ouro nos Jogos Pan Americanos de Santo Domingo, 2003
 Medalha de Ouro nos Jogos Pan Americanos de Winnipeg, 1999
 Medalha de Bronze Por Equipe na Copa do Mundo de Maratona, Atenas, 1997
 Medalha de Prata Por Equipe no Campeonato Mundial de Revezamento em Maratona, Copenhagem, 1996
 Campeão da Maratona de Hamburgo, 2004
 Campeão da Maratona de São Paulo, 2002
 Campeão da Maratona de Tóquio, 1996
 Campeão da Maratona de Reims, 1994

Recordes pessoais:

1.500m – 3:47.66 '91; 3.000m – 8:02.81 '98; 5.000m – 13:55.90 '93; 10.000m – 28:08.03 '97; 10km – 28:01 '97; Meia Maratona – 61:24 '95; Maratona – 2:08:31 '98

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRA, L. **European distance running and television ratings: A problem for world athletics.** News Studies in Athletics – IAAF 2007; 22:3; 13-20.

BILLAT LV. **Current perspectives on performance improvement in the marathon: From universalisation to training optimisation.** News Studies in Athletics – IAAF 2005; 20:3; 21-39.

BOMPA, T. O.; **Princípios do Treinamento.** Periodização: Teoria e Metodologia do Treinamento, 2º cap. 29-56, 2002.

BOUCHARD C, et al.; Genetics of aerobic and anaerobic performances. Exerc Sport Sci Rev 1992; 20:27.

BROOKS, G. A. **Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research.** Medicine and Science in Sports and Exercise, v.17, p.22-31, 1985.

- D'ANGELO RA, GOBATTO CA. **Predição da intensidade de corrida em máxima fase estável de lactato a partir da velocidade crítica em atletas fundistas de alto rendimento.** Revista Brasileira de Ciência e Movimento, Suplemento Especial 14(4), 50, 2006.
- DWYER, J.; BYBEE, R. **Heart rate indices of the anaerobic threshold.** Medicine and Science in Sports and Exercise, v.15, p.72-76, 1983.
- FARREL PA et al. **Plasma lactate accumulation and distance running performance.** Med Sci Sports Exerc 1979; 11:338-44.
- FERREIRA, R. L.; ROLIM, R. **The evolution of marathon training: a comparative analysis of elite runner's training programmes.** NSA by IAAF 21:1; 29-37, 2006.
- GAESSER, G.; POOLE, D.C. **Lactate and ventilatory threshold: disparity in time course of adaptation to training.** Journal Applied Physiology, v.61, p.999-1004, 1986.
- GARCIA-VERDUGO, M; LEIBAR, X.; **Principios o leyes a respetar en el entrenamiento de los corredores de resistencia.** Entrenamiento de la resistencia de los corredores de medio fondo y fondo., 4:173-196, 1997.
- GIGLIOTTI, L; **NSA Interview.** News Studies in Athletics – IAAF 2007; 22:3; 21-25.
- HAGBERG, J. et al. **Exercise hyperventilation in patients with McArdle's disease.** Journal of Applied Physiology, v.52, p.991-994, 1982.
- KOVRT, W. M. et al. **Longitudinal assessment of responses by triathletes to swimming, cycling, and running.** Medicine and Science in Sports and Exercise, v.21, p.569-575, 1989.
- NEWS STUDIES IN ATHLETICS. **Youth Athletics.** NSA – 3.2008
- NOAKES, T. **Lore of Running.** Cape Town: Oxford University Press, 1986.
- TEGTBUR U, BUSSE M W, BRAUMANN K M; **Estimation oa an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise.** Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 25, n. 5, pp. 620-627, 1993.
- THIBAULT, G; PÉRONNET, F.; **It's not lactic acid's fault.** New Studies in Athletics – IAAF, 21:1; 9-15, 2006.
- WASSERMAN, K. et al. **Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise.** Journal Applied Physiology, v.35, p.236-245, 1973.

CAPÍTULO 5: CONCLUSÃO

Com base na revisão de literatura, conclui-se que é necessário, para a melhora do desempenho aeróbio, conhecer parâmetros fisiológicos de carga confiáveis e de fácil aplicação no treinamento do fundista de alto rendimento. Tais parâmetros são também fundamentais para prever velocidades de competição do atleta, uma vez que o planejamento estratégico para um específico evento pode definir o campeão ou o alcance de um recorde. As relações desse parâmetro fisiológico com outras importantes variáveis metodológicas são igualmente importantes na melhora da qualidade do treinamento proposto.

A revisão bibliográfica da presente tese, através dos estudos 1 e 2, identifica e padroniza protocolos de avaliação desenvolvidos especificamente para fundistas de alto rendimento. Os estudos 3, 4 e 5 apresentaram uma proposta sequencial de: 3) explorar outras interações entre as intensidades encontradas no teste de V_{crit} realizados com coleta de tempos para 3 distâncias e 4 distâncias; 4) relacionar os valores de MFEL predita com o desempenho de corrida em competições oficiais de meia maratona; 5) caracterizar métodos e meios de treinamento a partir de intervenções práticas, considerando a aplicação de parâmetro fisiológico (LAn) estimado por meio do teste de V_{crit} .

O estudo 3 mostrou que o protocolo padrão do teste de V_{crit} , com tomada de tempo para 4 distâncias, pode ser aplicado no formato de 3 distâncias (1.500m, 3.000m e 5.000m). Isso representa um impacto positivo na agenda do fundista de alto rendimento quando, para participar de qualquer avaliação física, necessita privar-se de sessões específicas de treinamento. Estatisticamente, os valores de V_{crit} não apresentaram diferenças significativas entre 4D e 3D-8, tornando confiável a escolha por qualquer um dos protocolos. O monitoramento de carga pela PSI e PSC se mostrou eficaz na escolha dos métodos, meios de treinamento e vias metabólicas trabalhadas, entretanto, provavelmente por dependência metodológica, não foram capazes de identificar diferenças nas cargas aplicadas a partir da MFEL_{mc} e MFEL_{ms}.

No estudo 4, houve boa correlação entre as melhores marcas dos atletas na Meia Maratona vs Distância Limite e Meia Maratona vs Tempo Limite ($r = -0,8$ e $r = -0,6$, respectivamente). Os resultados médios \pm EPM dos atletas no teste de T_{lim} , $17,65 \pm 0,35$

km e $57,19 \pm 0,56$ min para distância e tempo respectivamente, e a média \pm EPM das melhores marcas desses atletas na Meia Maratona, $65,14 \pm 0,22$ min para 21,097m, estão fortemente associados. Para essa específica amostra, o valor porcentual médio \pm EPM de $97,2 \pm 0,53$ % encontrado em relação ao resultado da Vcrit real sugere o teste de Vcrit como um instrumento confiável para a predição de velocidade de competição de Meia Maratona.

O estudo 5, apresentado de forma descritiva, caracteriza métodos e meios de treinamento utilizados por uma específica sistemática, a qual foi e vem sendo aplicada aos atletas citados no estudo. As estruturas organizacional e de periodização, baseadas em princípios científicos do treinamento, propõe um modelo simples e prático, com estratégias de combinações de trabalho entre capacidades biomotoras e metodologias e entre zonas de capacidade e potência das diferentes vias metabólicas de produção de energia. Do ponto de vista prático, o ciclo 2009 – 2012 apresentou dois significativos resultados entre os atletas que seguem o modelo de treinamento proposto. São eles:

- ✓ 13^a colocação nos Jogos Olímpicos de Londres, 2012 – prova Maratona
- ✓ Medalha de Bronze no Pan Americano de Guadalajara, 2011 – prova 5.000m

Por fim, são inúmeros os fatores que interferem no desempenho atlético. Controlar esses fatores é uma importante e difícil tarefa do treinador e sua equipe. Dessa forma, o treinamento organizado, a partir de parâmetros científicos, diminui de forma significativa possíveis erros na condução e orientação de atletas em suas vidas desportivas. A elaboração das intensidades de treinamento e competição apoiadas nas propostas do presente estudo apresentam ricos recursos didáticos e metodológicos, a ponto de contribuir significativamente no desempenho. Considerando que atualmente a comunidade de treinadores de corrida no Brasil cresce em ritmo elevado e que, reconhecidamente os recursos didático-metodológicos desses treinadores não estão totalmente apoiados na ciência do esporte, as informações aqui produzidas poderão contribuir sensivelmente para a melhora da qualidade de trabalho e conseqüentemente, para a melhora do desempenho atlético em nível nacional e internacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.G; GOBATTO, C.A.; LENTA, C.; KOKUBUM, E. **Influences of swimming test distance in the anaerobic threshold determination and blood lactate levels.** *Medicine and Science in Sports and Exercise. Sports Exerc.*, 31, S259, 1999.
- BACON, L.; KERN, M. **Evaluating a test protocol for predicting maximal lactate steady state.** *Journal Sports Medicine Physical Fitness*; 39: 300-8,1999.
- BALDARI, C.; GUIDETTI, L. **A simple method for individual anaerobic threshold as a predictor of max lactate steady state.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32:1798-1802, 2000.
- BENEKE, R. & VON DUVILLARD, S. P.; **Determination of maximal lactate steady-state response in selected sports events.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28:241-246, 1996.
- BENEKE, R., HÜTLER, M., LEITHÄUSER, R. **Maximal lactate steady-state independent of performance.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32:1135-9, 2000.
- BENEKE, R.; **Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27:863-867, 1995.
- BILLAT, L.V. **Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: recommendations for long-distance running.** *Sports Medicine*, 22:157-175, 1996.
- BILLAT, L.V.; **Current perspectives on performance improvement in the marathon: From universalisation to training optimisation.** *News Studies in Athletics - IAAF*, 20:3; 21-39, 2005.
- BILLAT, L.V.; DALMAY, F.; ANTONINI, M. T. et al. **A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise.** *European Journal Applied Physiology*, 69:196-202, 1994.
- BILLAT, L.V.; 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*, 33:407-426, 2003.

- BOMPA, T. O.; **Princípios do Treinamento**. Periodização: Teoria e Metodologia do Treinamento, 2º cap. 29-56, 2002.
- BORG, G. **Escala de Borg para dor e o esforço percebido**. São Paulo, Manole, 2000.
- BROOKS, G. A. **Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research**. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.17, p.22-31, 1985.
- BULL, J. A.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O.; PERRY, S. R. **Effect of mathematical modeling on the estimation of critical power**. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 0195-9131/00/3202-0526/0, 2000.
- CLINGELEFFER, A.; NAUGHTON L.; DAVOREN, B. **The use of critical power as a determinant for establishing the onset of blood lactate accumulation**. *European Journal Applied Physiology*, 68: 182-187, 1994.
- D'ANGELO, R.A. **Predição da intensidade de corrida em máxima fase estável de lactato a partir da velocidade crítica em atletas fundistas de alto rendimento. Relações com performances**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista de Rio Claro, 2008.
- DONOVAN, C.M.; BROOKS, G. A. **Endurance training affects lactate clearance, not lactate production**. *American Journal Physiology*; 244: E83-92, 1983.
- DONOVAN, C.M.; PAGLIASSOTI, M.J. **Enhanced efficiency of lactate removal after endurance training**. *Journal Applied Physiology*, 68:1053-1058, 1990.
- DWYER, J.; BYBEE, R. **Heart rate indices of the anaerobic threshold**. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.15, p.72-76, 1983.
- FARREL, P. A. et al. **Plasma lactate accumulation and distance running performance**. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.11, p.338-44, 1979.
- FAULKNER JA. **Physiology of swimming and diving**. In: FALLS, H. (Ed) *Exercise physiology*. Baltimore, Academic Press, 1968.
- FERREIRA, R. L.; ROLIM, R. **The evolution of marathon training: a comparative analysis of elite runner's training programmes**. *NSA by IAAF* 21:1; 29-37, 2006.
- FOSTER, C. **Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome**. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 30, n. 7, p. 1164-1168, 1998.

- GAESSE, G. A.; WILSON, L. A. **Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance time relationship for high-intensity exercise.** International Journal Sports Medicine, 9: 417-21, 1988.
- GAESSER, G. A., CARNEVALE, T. J., GARFINKEL, A., et al. **Estimation of critical power with non linear and linear models.** Medicine and Science in Sports and Exercise, 1995; 27: 1430-8.
- GAESSER, G.; POOLE, D.C. **Lactate and ventilatory threshold: disparity in time course of adaptation to training.** Journal Applied Physiology, v.61, p.999-1004, 1986.
- GARCIA-VERDUGO, M; LEIBAR, X.; **Principios o leyes a respetar en el entrenamiento de los corredores de resistencia.** Entrenamiento de la resistencia de los corredores de medio fondo y fondo., 4:173-196, 1997.
- GOBATTO, C.A.; MELO, M.A.R.; SIBUYA, C. Y.; AZEVEDO, J.R.M.; SANTOS, L.A.; KOKUBUN, E.; **Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise.** Comp. Biochemistry Physiology.; 130: 21-27, 2001.
- GUEDES DP. **Gordura Corporal: validação da equação proposta por Faulkner em jovens pertencentes à população brasileira.** Artus, 1986; 17:10-3.
- HAGBERG, J. et al. **Exercise hyperventilation in patients with McArdle's disease.** Journal of Applied Physiology, v.52, p.991-994, 1982.
- HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MÜCKE, S.; MÜLLER, R.; HOLLMANN, W.; **Justification of the 4-mmol/l lactate threshold.** International Journal Sports Medicine 6:117-130, 1985.
- HILL, D.W. **The critical power concept: a review.** Sports Medicine, 16:237-254, 1993.
- HOOGEVEEN, A. R.; HOOGSTEN, J.; SCHEP, G. **The maximal lactate steady state in elite endurance athletes.** Jpn Journal Physiology; 47: 481-5, 1997.
- HOUSH, D.J.; HOUSH, T.J.; BAUGE, S.M. **A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity.** Res. Quart. Exerc. Sport. 61:406-409, 1991.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION of ATHLETICS FEDERATION, **IAAF Newsletter**, n.o 77, December, 15th, 2005.
- JANSSEN, P. G. J. M.; **Running intensity dependent on distance: word record 1988.** Training Lactate Pulse-Rate. 65, 1988.

- JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. **The Y-intercept of the critical power duration as a measure of anaerobic work capacity.** *Ergonomics*. 34:13-22, 1991.
- JURADO, S.; BORIN, J. P. **Avaliação dos efeitos neuromusculares do treinamento de força em atletas de basquetebol.** In: Mostra Acadêmica da UNIMEP, 4., Anais. Piracicaba. 2006.
- KOVRT, W. M. et al. **Longitudinal assessment of responses by triathletes to swimming, cycling, and running.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.21, p.569-575, 1989.
- KRANENBURG, K. J. & SMITH, D. J. **Comparison of critical speed determined from track running and treadmill tests in elite runners.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.28, p614-618, 1996.
- LAFONTAINE, T. P., LONDEREE, B. R., SPATH, W. K. **The maximal steady-state versus selected running events.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13:190-2. 1981.
- LAJOIE, C., LAURENCELLE, L., TRUDEAU, F. **Physiological responses to cycling for 60 minutes at maximal lactate steady state.** *Canadian Journal Applied Physiology*, 35:250-61. 2000.
- LE CHEVALIER, J. M., VANDEWALLE, H., CHATARD, J. C. et al. **Relationship between the 4 mM running velocity, the time-distance relationship and the Légéer-Boucher's test.** *Art Int Physiology Biochim Biophys*, 97:355-60. 1989.
- MADER, A.; LIESEN, H.; HECK, H.; PHILIPPI, H.; ROST, R.; SCHÜRCH, P.P. & HOLLMANN, W. **Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor.** *Sport. Sportmed*, 27:80-84, 109-112, 1976.
- MARGARIA, R., CERRETELLI, P., MANGILI, F., **Balance kinetics of anaerobic energy release during strenuous exercise in man.** *Journal Applied Physiology*; 19:623-8. 1963.
- MCLELLAN, T. M., CHEUNG, K. S. Y. **A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power.** *Medicine and Science in Sports and Exercise* 0195-9131/92/2405-0543/0, 1992.

- MCLELLAN, T. M., CHEUNG, K. S. Y. **A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold at the onset of muscular exercise in man.** *Ergonomics*, 8: 49-54. 1992.
- MCLELLAN, T. M., CHEUNG, K. S. Y.; JACOBS, I.; **Incremental test protocol, recovery mode, and the individual aerobic threshold.** *International Journal Sports Medicine*, 12:190-195, 1991.
- MCLELLAN, T. M., JACOBS, I.; **Active recovery, endurance training, and the calculation of the individual anaerobic threshold.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 21:586-592, 1989.
- MCLELLAN, T. M., JACOBS, I.; **Reliability, reproducibility and validity of the individual anaerobic threshold.** *European Journal Applied Physiology*, 67:125-31, 1993.
- MIKKELSSON, L.; **How to train to become a top-level distance runner.** *Die Lehre Der Leichtathletik*. Vol. 36, n. 1/2, 1998.
- MOGNONI, P.; SIRTORI, M. D.; LORENZI, F. et al. **Physiological responses during prolonged exercise at the power output corresponding to the blood lactate threshold.** *Eur Journal Applied Physiology*; 60: 239-43, 1990.
- MONOD, H., SCHERRER, J. **The work capacity of synergy muscular group.** *Ergonomics*. 8:339-50. 1965.
- MORTON, R. H. **A 3-parameter critical power model.** *Ergonomics*. 39: 611-9. 1996.
- MORTON, R. H.; BILLAT, L. V. **The critical power model for intermittent exercise.** *European Journal Applied Physiology* 91: 303-307, 2004.
- NAGLE, F., ROBINHOLD, D., HOWLEY, E., et al. **Lactic acid accumulation during running at submaximal aerobic demands.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2:182-6. 1970.
- NOAKES, T. **Lore of Running.** Cape Town: Oxford University Press, 1986.
- OYONO-ENGUELE, S.; HEITZ, A.; MARBACH, J. et al. **Blood lactate during constante-load exercise at aerobic and anaerobic thresholds.** *Eur J Appl Physiol* 60: 321-30. 1990.
- PUTMAN, C. T., JONES, N. L., HULTMAN, E., et al. **Effects of short term submaximal training in humans on muscle metabolism in exercise.** *American Journal Physiology*, 275: E132-9, 1998.

- SAIKI, H., MARGARIA, R., CUTTICA, F. **Lactic acid production in submaximal work.** International Z Angew Physiology. 24: 57-61. 1967.
- SMITH, C. G. M., JONES, A. J. **The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners.** European Journal Applied Physiology, 85:19-26. 2001.
- STEGMAN, H.; KINDERMAN, W. **Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.L lactate.** International Journal Sports Medicine; 3:105-10, 1982.
- STEGMAN, H.; KINDERMAN, W.; SCHNABEL, A. **Lactate kinetics and individual anaerobic threshold.** International Journal Sports Medicine; 2:160-165, 1981.
- THIBAUT, G; PÉRONNET, F.; **It's not lactic acid's fault.** New Studies in Athletics – IAAF, 21:1; 9-15, 2006.
- URHAUSEN, A. **Individual anaerobic threshold in the maximum lactate steady state.** International Journal Sports Medicine, 14:134-78. 1993.
- WAKAYOSHI, K. et al. **A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming.** International Journal Sports Medicine, v.13, p.367-371, 1992b.
- WAKAYOSHI, K. et al. **Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer.** European Journal Applied Physiology, v.64, p.153-157, 1992a.
- WASSERMAN, K. et al. **Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise.** Journal Applied Physiology, v.35, p.236-245, 1973.
- WASSERMAN, K. **The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance.** Am. Rev. Resp. Dis., 129:S35-S40, 1984.
- WASSERMAN, K., MCILROY, M. B. **Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise.** American Journal Cardiology., 14:844-52. 1964.
- ZELICHENOK, V.; **The long-term competition activity of world's top athletes.** News Studies in Athletics - IAAF; 20:2; 19-24, 2005.

ANEXO I**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Através do presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, convidamos _____, RG n.o _____, CPF n.o _____ para participar do experimento abaixo descrito a ser desenvolvido pelo mestrando Ricardo Antonio D'Angelo, sob orientação do Prof. Dr. Cláudio Alexandre Gobatto, do Departamento de Educação Física do Instituto de Biociências da UNESP, Campus de Rio Claro.

Conforme é de seu conhecimento, o experimento intitulado “Predição da intensidade de corrida em Máxima Fase Estável de Lactato a partir da Velocidade Crítica em atletas fundistas de alto rendimento” tem como objetivo realizar testes de avaliações do estado da forma física do atleta (testes invasivos: quando será necessário coletar sangue do avaliado e não-invasivos: quando este procedimento não se faz necessário), e de performance, durante algumas fases da periodização no atletismo, mais detalhadamente ao final do período de preparação geral e após o período introdutório (readaptação às cargas de treinamento) em corredores do sexo masculino, filiados a Confederação Brasileira de Atletismo e que participaram de competições em nível internacional há pelo menos dois anos. Tais procedimentos visam pesquisar, aprofundar e aumentar os conhecimentos em relação às ferramentas utilizadas para avaliação e determinação do limiar anaeróbio em atletas de fundo e meio fundo.

Mas para isso ocorrer, é necessário o consentimento livre e esclarecido dos atletas para que este trabalho possa ser desenvolvido seguindo critérios éticos, bem como a permissão da publicação dos resultados obtidos neste.

Esclarecemos que todos os corredores submetidos aos testes terão acesso a seus dados, bem como aos resultados finais. Os resultados não serão divulgados ou levados ao conhecimento de pessoas estranhas ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus – Rio Claro, sem a autorização expressa da pessoa submetida ao teste. Todo participante terá o direito de abandonar o teste a qualquer

momento sem prestar qualquer tipo de esclarecimento, mas devendo comunicar sua decisão ao responsável quanto antes.

Procedimento dos testes:

Os corredores que forem avaliados serão submetidos aos seguintes testes:

• Determinação da Velocidade Crítica (não invasivo):

As distâncias aplicadas serão de 800m, 1.500m, 3.000m e 5.000m, realizadas aleatoriamente, em dias subsequentes, no período da manhã, em horário de treinamento de rotina dos atletas. Os participantes serão avaliados individualmente, sendo solicitado a eles realizarem as distâncias pré-fixadas no menor tempo possível. Os testes serão realizados na pista de atletismo oficial da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Rio Claro.

• Determinação da Máxima Fase Estável de Lactato (invasivo):

A partir do resultado da V_{crit} , serão determinadas as intensidades de 100, 98, 95 e 90% da V_{crit} , para aplicação do teste clássico de MFEL. Essas intensidades serão aplicadas aleatoriamente e de forma contínua, em dias subsequentes. Nesse teste, os atletas correrão por 30 min, sendo coletadas amostras de sangue capilar a cada 5 min, para a determinação das concentrações de lactato (YSI 1500 sport). A coleta será realizada por um avaliador devidamente treinado para esse procedimento que, após limpeza do local, e com uma lanceta específica, perfura o lobo da orelha do avaliado, coletando sangue através de um capilar calibrado em 25 μ L (descartável). A partir do resultado da MFEL, serão determinadas as intensidades de 99, 97 e 95% da MFEL, para nova aplicação do teste de MFEL, porém, no modelo reduzido de pausas. Essas intensidades serão realizadas aleatoriamente e de forma contínua, em dias subsequentes. Nesse teste, os atletas correrão por 30 min, sendo coletadas amostras de sangue (25 μ L) no repouso, no 10° e no 30° min, para a determinação das concentrações de lactato (YSI 1500 sport). O procedimento de coleta de sangue será o mesmo já descrito acima.

• Coleta de sangue para determinação das concentrações séricas de biomarcadores

Para coleta de sangue os participantes estarão em jejum de no mínimo oito horas. Serão coletadas amostras, com auxílio de um enfermeiro, 30 ml de sangue da veia antecubital direita, em dois momentos: 1) 15 horas após a última sessão de treinamento e 2) 36 horas após a última sessão de treinamento.

- **Coleta de resultados de competições oficiais**

Serão coletados resultados oficiais obtidos pelos atletas em competições chanceladas pelos seguintes órgãos: Federação Paulista de Atletismo, Confederação Brasileira de Atletismo e *International Association of Athletics Federation*; nos últimos dois anos nas distâncias de 10.000m, 15.000m, 10 Milhas (16,090m) e Meia Maratona (21,097m).

- **Determinação do Tempo de Exaustão individual (invasivo)**

A partir das intensidades encontradas no teste de V_{crit} (V_{crit} real) e da MFEL predita por equação matemática, serão determinados os T_{lim} para as respectivas cargas. Essas intensidades serão aplicadas aleatoriamente, com 24 horas de intervalo entre elas. Nesse teste, os atletas correrão até a exaustão, na intensidade proposta (V_{crit} e MFEL predita) para determinação do tempo e da distância do esforço. Os participantes serão avaliados individualmente, na pista de atletismo oficial de 400m da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Rio Claro, com monitoramento da intensidade por sinal sonoro a cada 100m. Serão coletadas amostras de sangue (25 μ L) no início (repouso) e no final dos testes para a determinação das concentrações da lactato (YSI 1500 sport). Esse teste será realizado no espaço máximo de uma semana após o término do teste da MFEL.

Para um segundo momento, será verificada a correlação do teste de V_{crit} , modelo distância/tempo, com a distância de 15 km em competição. A distância de 15 km sugere uma significativa correlação com a intensidade de 100% do LAn (JANSSEN, 1988). O teste de V_{crit} , modelo distância *versus* tempo, será realizado no quarto microciclo do período de preparação geral (I), sendo seguido pela participação dos atletas em uma competição oficial na distância de 15 km, 15 dias após a realização do teste de V_{crit} .

- **Avaliação Antropométrica (não invasivo)**

A avaliação antropométrica consistirá na mensuração do peso corporal, da estatura, circunferência de braço e punho, do índice de massa corporal (obtido através da razão do peso corporal pela altura ao quadrado) e do porcentual de gordura (através da obtenção das dobras cutâneas).

Riscos dos Testes

Os riscos dos testes são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios físicos extenuantes, riscos estes que podem ser esclarecidos pelo responsável.

Apesar de raro, há possibilidade de alterações orgânicas durante a realização de qualquer tipo de teste de esforço que podem ser respostas atípicas de pressão arterial, arritmias, desmaios, tonturas e em raríssimas situações ataque cardíaco. Tais situações são extremamente incomuns e raras, principalmente em atletas de alto rendimento submetidos a treinamento sistemático. Em caso de possíveis acidentes durante a realização dos testes, contaremos com apoio médico que estará presente nas dependências do local onde serão realizados os testes. Também estaremos em contato direto com a viatura de resgate do Corpo de Bombeiros. Portanto profissionais qualificados estarão à disposição para tais eventualidades. Assim, as pessoas participantes deste trabalho, bem como a UNESP (Campus de Rio Claro) são responsáveis por qualquer acidente não previsto no transcorrer destes testes e avaliações.

Benefícios dos Testes

Os resultados apresentados poderão informar aspectos sobre o estado da forma física dos atletas, predição de cargas para auxílio na elaboração do programa de treinamento, predição de intensidades em testes de avaliação e em competições, oferecendo também subsídios para diagnóstico e prevenção do *overtraining* (supertreinamento).

Lembramos ainda que, como já mencionado acima, a desistência da participação no experimento não implicará em nenhum tipo de prejuízo para o participante.

Diante do exposto acima, declaro estar ciente e concordo em participar do experimento, bem como declaro concordar com a forma de coleta dos dados e que os mesmos, após analisados, serão divulgados apenas para fins científicos.

Rio Claro, __ de _____ de 2007.

Participante

Data de nascimento:

Endereço:

Telefone para contato:

Prof. Dr. Cláudio Alexandre Gobatto

Pesquisador Responsável

Ricardo Antonio D'Angelo

Rua João Simões da Fonseca, 42

Campinas, SP – 13085-050

19-92992049