



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE
(BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA)**

**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.**

RICARDO ANTONIO D'ANGELO

Dissertação apresentada ao
Instituto de Biociências do Câmpus
de Rio Claro, Universidade
Estadual Paulista, como parte dos
requisitos para obtenção do título
de Mestre em Ciências da
Motricidade, área de Biodinâmica
da Motricidade Humana.

Julho - 2008



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE
(BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA)**

**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.**

RICARDO ANTONIO D'ANGELO

Orientador: Prof. Dr. CLAUDIO ALEXANDRE GOBATTO

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade, área de Biodinâmica da Motricidade Humana.

Julho - 2008

AGRADECIMENTOS

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

Aos meus atletas, que possibilitaram a realização deste trabalho;

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

Ao Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto, pela amizade, paciência e sabedoria para me trazer até aqui;

Ao amigo Gustavo Gomes de Araújo, pelo companheirismo e cooperação sempre;

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

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

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO	3
1.1Objetivos	9
1.1.1Objetivo Geral	9
1.1.2Objetivos Específicos	9
2.REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1Limiar Anaeróbio	10
2.1.1Teste de Máxima Fase Estável de Lactato	11
2.1.2Teste de Velocidade Crítica	13
2.1.3Teste de Tempo Limite	13
2.2Concentrações Séricas de Biomarcadores	14
2.3Atletismo: Corridas de Fundo	16
2.4Planejamento e Periodização do Treinamento	17
3.MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1População e Amostra	18
3.2Desenho Experimental	18
4.ANÁLISE DOS RESULTADOS	23
4.1Análise Estatística	24
4.2Resultados	25
4.2.1Estudo 1	25
4.2.2Estudo 2	43
4.2.3Estudo 3	68
5.CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
7.ANEXO	99
7.1Anexo 1	99

RESUMO

A corrida de longa distância é considerada um fenômeno sócio-esportivo recente e de grande impacto na vida moderna. No segmento dos atletas profissionais, a busca por índices confiáveis de avaliação aeróbia, bem como programas de treinamento eficazes e de fácil aplicabilidade é contínua. O tema central desse trabalho foi fornecer uma ferramenta adequada e precisa para se determinar o atual estado da forma do atleta de fundo de alto rendimento, bem como prever intensidades de carga confiáveis para treinamento e competição. Para tanto, foi estabelecida uma relação matemática entre dois testes de avaliação aeróbia: Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL) e Velocidade Crítica (Vcrit). Nove atletas fundistas de alto rendimento, que participaram de seleções nacionais em competições internacionais, tomaram parte no experimento. 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. Os testes foram realizados na fase final do período de treinamento de preparação geral. Inicialmente foi aplicado o teste de Vcrit nas distâncias de 800m, 1500m, 3.000m e 5.000m, realizadas aleatoriamente e em dias subsequentes. A seguir, foi aplicado o teste clássico de MFEL, com duração de 30 min de corrida contínua e coleta de amostras de sangue (25 μ L) a cada 5 min, para determinação das concentrações de lactato (YSI 1500 sport). Para oito atletas a MFEL ocorreu na intensidade correspondente a 98% da Vcrit, sendo o restante obtido a 90% da Vcrit. A Vcrit ($19,1 \pm 0,1$ km/h) superestimou ($p=0,005$) os valores de MFEL ($18,7 \pm 0,2$ km/h). Houve correlação significativa entre Vcrit e MFEL ($p=0,002$, $r=0,88$). A equação obtida pela regressão foi $MFEL=0,9673*Vcrit+0,2061$, com erro padrão da estimativa de 0,236. Houve ótima aplicação de distâncias para a determinação da Vcrit em fundistas de elite, bem como a sensibilidade do parâmetro à intensidade “padrão ouro” obtido no teste de MFEL. Já para a

MFEL predita – modelo simplificado (coleta de sangue apenas no 10° e 30° min), a partir do teste de Vcrit a equação de correção foi $MFEL = 0,827 * Vcrit + 0,607$, com erro padrão da estimativa de 0,071. Considerando a diferença significativa ($p < 0,05$) entre os testes de MFEL – modelos clássico e simplificado, foi observada influência significativa do número de pausas quando aplicado o protocolo de MFEL – modelo simplificado, sobre a relação obtida no teste de Vcrit. Para atletas de alto rendimento, tais diferenças podem ser ainda mais significativas quando aplicado o coeficiente de variação (CV) para elevadas performances. As coletas de tempos na distância de 10 km em competições oficiais de rua ou pista foram relacionadas com as intensidades de corridas nos testes de Vcrit e MFEL (modelos clássico e simplificado), indicando forte associação na determinação de velocidades de treinamento e competições. Os tempos e distâncias limites de cada um dos participantes, para a carga de trabalho obtida no teste de MFEL – modelo simplificado, também mostrou interessante relação com percentuais da Vcrit, MFEL e corrida de 10 km. Para garantir a consistência da amostra, foram realizadas coletas de sangue para análise de alguns biomarcadores de *overtraining*, com objetivos de conhecer os efeitos dos testes de Vcrit e MFEL nesses marcadores. De acordo com os valores apresentados pelos atletas e aqueles encontrados na literatura, sugere-se que, tais atletas não apresentaram sintomas de *overtraining* na fase de treinamento avaliada. Entretanto, foi possível caracterizar as respostas dos biomarcadores após a aplicação de uma sequência de testes para determinação de performance aeróbia. Os resultados em todos os testes foram expressos em médias $\pm$ erro padrão e aplicado como procedimento estatístico os testes: ANOVA *one way* e *two way*, análise de correlação produto-momento e análise de correlação intraclasse. Em todos os casos, o nível de significância foi prefixado para $P < 0,05$.

Palavras-chaves: Máxima Fase Estável de Lactato, Velocidade Crítica, Limiar Anaeróbio, Corredores Fundistas, Treinamento, Atletismo, Lactato e Periodização.

1. INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, os esportes de longa duração estão cada vez mais atraindo a atenção de todos aqueles que se interessam pela prática do exercício físico. No Brasil, esse fenômeno não é diferente. A corrida, o ciclismo e a natação são alguns desses esportes que nos desafiam a cada dia, trazendo-nos oportunidades de tentar vencer limites, talvez impossíveis de imaginar. A corrida, especificamente a de fundo (distâncias entre 3000m à maratona, 42,195m), é hoje um fenômeno sócio-esportivo que apresenta capacidade de movimentar grandes massas de participantes. Dentro deste cenário encontramos os atletas profissionais, bem como os leigos, que são aqueles que praticam pela sua própria saúde e bem estar.

No segmento dos atletas profissionais, 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). 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 ($\text{VO}_{2\text{max}}$) na intensidade do limiar anaeróbio (LAn). Outras essenciais fontes para melhora da performance 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 percentual 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 vitória do atleta Marilson Gomes dos Santos na Maratona de Nova Iorque em 2006.

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 mais jovens 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 indivíduo 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 atletas 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 subseqüentes. Desta maneira, a utilização prévia de um teste não-invasivo de campo (Velocidade Crítica – V_{crit}), possibilita-nos prever 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.

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 (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 15 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, foi tema central do presente projeto validar um método de determinação do LAn com protocolo não invasivo (Vcrit), e correlacioná-lo à MFEL, permitindo diminuir o possível desequilíbrio na determinação da intensidade das cargas e possibilitar ao treinador uma avaliação mais freqüente e simplificada do estado de forma física de seus atletas. Os resultados desta combinatória foram essenciais na prescrição do programa de treinamento dos atletas de fundo de alto rendimento, bem como fundamental recurso para a determinação pelos treinadores do estado da forma física de seus atletas.

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 $91,54 \pm 0,93$ % da velocidade de corrida do recorde mundial, considerados até o ano de 2007, de sua prova específica.).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo foi predizer intensidades de corrida em Máxima Fase Estável de Lactato a partir da Velocidade Crítica em atletas fundistas de alto rendimento, através de uma relação matemática entre essas duas variáveis.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar a influência do número de pausas no teste de MFEL sobre a relação obtida no teste de Vcrit;
- Verificar efeitos das concentrações séricas de creatina quinase, cortisol, testosterona, testosterona/cortisol, uréia e amônia (Marcadores Bioquímicos de Overtraining) sobre a determinação da Vcrit e MFEL nesses participantes;
- Verificar as intensidades de corrida em competições oficiais e relacioná-las à Vcrit real e a MFEL predita;
- Determinar os Tempos Limites (Tlim) individuais dos participantes, para intensidades de Vcrit real e MFEL predita.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Limiar Anaeróbio (LAn)

O termo limiar anaeróbio (LAn) foi inicialmente difundido por Wasserman e McIlroy (1964) quando manifestaram a idéia de que o aumento brusco do CO₂ refletia uma substituição metabólica em direção ao sistema anaeróbio. Kinderman et al. (1979) após realização de testes com velocidades progressivas em atletas bem treinados, postularam haver uma transição metabólica entre os sistemas aeróbio-anaeróbio (concentração sanguínea de lactato entre 2 e 4 mmol/L) e um limiar anaeróbio, determinado pela concentração de lactato igual a 4 mmol/L. Mader et al. (1976) já haviam encontrado dados similares que correspondiam ao aumento desproporcional entre o incremento da carga e a concentração de lactato. Sjodin & Jacobs (1981) designaram o *onset of blood lactate accumulation (OBLA)* que determina a concentração de 4 mmol/L de lactato no sangue. O clássico estudo de Heck et al. (1985), em que testes de carga constante foram realizados em humanos, observou que, independente da capacidade aeróbia dos sujeitos, o “steady state” máximo de lactato ocorreu em média em concentração de 4.0 mmol/L, sugerindo que a produção/remoção do lactato se estabiliza em uma concentração sanguínea máxima de 4.0 mmol/L. Tal estudo fortaleceu a utilização dessa concentração para a determinação do limiar anaeróbio em humanos, avaliados em protocolos com cargas progressivas.

Embora considerado um tema polêmico e controvertido, o limiar anaeróbio tem sido objeto de estudo freqüente 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 performance (FARREL et al., 1979) e avaliação dos efeitos do treinamento aeróbio (KORHT et al., 1989).

2.1.1 Teste de Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL)

Heck et al. (1985) justificaram a utilização da concentração fixa de 4,0 mmol/L em um de seus estudos, onde encontraram correlação positiva ao comparar testes com cargas progressivas com o teste de Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL), alcançando valores médios próximos a 4,0 mmol/L em corredores (entre 3,0 e 5,5 mmol/L). 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).

O conceito da MFEL foi primeiramente proposto por Margaria et al. (1963) nos anos 60 com testes utilizando cinco a oito cargas constantes e independentes de exercício. Este longo procedimento foi posteriormente substituído pela determinação do limiar ventilatório de Wasserman & McIlroy (1964) e pela determinação do limiar de lactato avaliado pela concentração do lactato sangüíneo, usando protocolos de carga graduada ou estágios simples a uma carga constata de longa duração (DONOVAN & BROOKS, 1983). Baldarini & Guidetti (2000) sugeriram que a MFEL provavelmente poderia ser determinada pelo “limiar anaeróbio individual (IAT)” determinado pelo protocolo de Steagmann et al. (1981). Estudo de Billat (1996) indica que para se determinar a MFEL com acurácia, sem risco de superestimar os

resultados, são necessárias cargas em longos estágios (20 a 30 minutos) intercalados por intervalos entre 40 minutos a várias horas de descanso.

Mensurar a MFEL demanda vários testes subseqüentes de cargas constantes e independentes, desempenhadas por diferentes cargas de trabalho e em dias diferentes. O protocolo clássico do MFEL é invasivo, longo e trabalhoso, além de exigir recursos técnicos de alto valor financeiro. A MFEL é alcançada quando a concentração de lactato sanguíneo não apresenta variação superior a 1 mmol/L durante os 20 minutos finais de intensidade constante (HECK et al. 1985). Para se atingir a verdadeira MFEL, são necessárias quatro ou cinco sessões de exercício prolongado de até 30 minutos, com intensidades entre 50% e 90% do VO₂ (NAGLE et al., 1970; LAFONTAINE et al., 1981; URHAUSEN, 1993). As evidências de acúmulo de lactato só acontecem após 10 minutos, caso a carga aplicada seja ligeiramente maior que a velocidade associada com a MFEL (BENEKE et al., 2000; LAJOIE et al., 2000; SMITH e JONES, 2001).

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 velocidade crítica 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). Estudo de Billat et al. (2003) indica que, embora a carga de trabalho (velocidade) determinada pelo MFEL se relacionada claramente com a performance, por outro lado, com a concentração de lactato sanguíneo do MEFL, não ocorre a mesma relação. A MFEL apresenta variações entre

indivíduos e apesar desse máximo índice de estabilização (lactato) não estar correlacionado com performance, a possível razão para isso não ocorrer se deve à massa muscular envolvida.

2.1.2 Teste de Velocidade Crítica (Vcrit)

O conceito de potência crítica foi inicialmente proposto por Monod & Scherrer (1965) e determina a existência de uma potência máxima de exercício que pode ser mantida por um longo período. Jenkins & Quigley (1991) definiram potência crítica como a mais alta taxa tolerável de trabalho durante o exercício prolongado.

Para aplicação de sua metodologia na natação, foi proposto por alguns autores o termo velocidade crítica (WAKAYOSHI, 1992). Estudo de Kranenburg & Smith (1996) indica que esse conceito pode ser também aplicado para a corrida. Velocidade Crítica (Vcrit) foi definida por Hill (1993) como a máxima carga de trabalho 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 (MCLELLAN & CHEUNG, 1992).

A velocidade crítica é considerada um índice importante para a avaliação da performance aeróbia e predição do limiar anaeróbio. Estudos têm investigado sua aplicação em diferentes esportes, provando sua utilidade na predição de tempo para exaustão e na geração de avaliações dos parâmetros que estão relacionados às determinações tradicionais de capacidade aeróbia ou anaeróbia. Esse conceito torna-se atraente por se tratar de um teste não invasivo, bem como por permitir uma avaliação específica para o esporte (HILL, 1993; BISHOP & JENKINS, 1996).

2.1.3 Teste de Tempo Limite (Tlim)

Embora a média de valores de concentração de lactato sanguíneo que representem uma fase máxima estável durante o exercício contínuo foi encontrada próxima de 4 mmol/L, valores individuais variam de 3 a 5,5 mmol/L (HECK, 1985). O conceito de limiar anaeróbio

individual (LAI) foi introduzido por Stegmann et al. (1981) quando reconheceu a extensa variação individual nos valores da máxima fase estável de lactato. Stegmann & Kindermann (1982) descreveram que atletas bem treinados poderiam desempenhar esforços na intensidade do LAI por 50 min, com valores individuais estáveis de lactato sanguíneo variando entre 2 a 7 mmol/L. McLellan & Jacobs (1989) e McLellan et al. (1991) descreveram que sujeitos treinados e não-treinados poderiam desempenhar esforços na intensidade do LAI por pelo menos 30 min sem mudanças nos valores de lactato sanguíneo, pH e PCO₂ nos 15 min finais.

Como foi objetivo no presente projeto, a determinação do Tlim individual para atletas altamente treinados a partir da Vcrit real e MFEL predita indicou parâmetros confiáveis de intensidade e volume de cargas específicas para treinamento e competição em fundistas e meio fundistas de elevado rendimento.

2.2 Concentrações Séricas (creatina quinase, cortisol, testosterona, testosterona/cortisol, uréia e amônia)

Parâmetros laboratoriais como creatina quinase, cortisol, testosterona, testosterona/cortisol, uréia e amônia, quando analisados em conjunto com o desempenho físico, podem indicar estado de *overtraining* no atleta. Neste estudo, o objetivo foi verificar os efeitos destes parâmetros sobre a determinação da Vcrit e MFEL.

Testosterona: A concentração plasmática de testosterona aumenta 10-37% durante o trabalho submáximo prolongado, no exercício realizado em níveis máximos e durante sessões de treinamento de endurance ou de força (KIRWAN et al., 1988). De acordo com esses autores, quando o treinamento aumenta 1,5 a 2 vezes, os teores séricos de testosterona em repouso diminuem. No entanto, essa queda não ocorre devido a variações funcionais em nível testicular, mas principalmente na função do eixo hipotálamo-hipófise.

Cortisol: O cortisol é um glicocorticóide secretado em resposta a uma série de fatores estressantes, incluindo o exercício. As principais funções do cortisol são estimular a

gliconeogênese e aumentar a mobilização de ácidos graxos livres para serem utilizados como fonte energética; aumentar a vasoconstrição causada pela adrenalina; estimular o catabolismo protéico para liberação de aminoácidos que serão utilizados na reparação, síntese de enzimas e produção de energia. Ainda, o cortisol diminui a utilização da glicose circulante e deprimi as reações imunológicas (WILMORE & COSTILL, 1994). Alguns autores têm relatado aumento dos níveis de cortisol em repouso no atleta quando no estado de supertreinamento, no entanto outros não registraram nenhuma elevação dos valores sanguíneos de cortisol, mas sim uma tendência à diminuição (UUSITALO, 2001). De acordo com Lehmann (1996) as diferentes formas de treinamento (aeróbio ou anaeróbio) levam a adaptações hormonais distintas.

Testosterona-cortisol: A razão testosterona-cortisol no plasma tem sido utilizada para avaliar respostas ao treinamento e para predizer capacidade de performance. Essa razão descreve o estado de anabolismo quando está alta e de catabolismo quando caem 30% ou mais (UUSITALO, 2001). No entanto, Filaire et al. (2001) demonstraram que quando a razão testosterona-cortisol diminui em aproximadamente 30 %, verifica-se correspondência com o período de maior performance da equipe avaliada.

Creatina quinase: A creatina quinase (CK) é a enzima que catalisa a formação do adenosina trifosfato (ATP) através da doação de um grupo fosfato da creatina fosfato (CP) para o adenosina difosfato (ADP).



A creatina quinase geralmente é encontrada no interior da célula muscular e quando estão presentes em grande quantidade no sangue apontam lesão das membranas das células musculares (WILMORE; COSTILL, 1994). Hortobagyi & Denahan (1989) revisaram os dados encontrados na literatura sobre as alterações dos níveis da CK em resposta ao esforço físico em atletas e sedentários. De acordo com os autores existem poucas informações

disponíveis sobre as variações dos níveis de CK no sangue associado com o estresse em esportes competitivos e os estudos que existem utilizaram um número pequeno de sujeitos.

Amônia e Uréia: O produto final do catabolismo protéico é a formação de dióxido de carbono e amônia que juntos sintetizam a uréia no fígado. Após a síntese, a uréia é transportada pelo plasma para os rins onde é filtrada pelos glomérulos. A maior parte do filtrado é excretada na urina. A concentração de uréia no soro representa o balanço entre a uréia sintetizada no fígado e a excretada pelos rins. Em um indivíduo saudável a concentração de uréia no soro está entre 1.7 e 8.3 mmol.L⁻¹ (HARTMANN; MESTER, 1998). De acordo com o Lehmann et al. (1993), a concentração de uréia em atletas em supertreinamento pode ser elevada, no entanto são necessárias análises de outros parâmetros para o diagnóstico final.

2.3 Atletismo: Corridas de Fundo

As Corridas de Fundo dentro da modalidade do Atletismo definem-se pelas distâncias entre 3.000m e a maratona, 42.195m (sistema olímpico). Essa subdivisão é considerada clássica, porém temos atualmente, por ordem das demandas energéticas, tendência a inserir a prova de 3000m no segmento de meio fundo longo. O processo para se alcançar performances em alto nível (internacional) é longo, desgastante e deve ser muito bem planejado (MIKKELSSON, 1998; ZELICHENOK, 2005). O treinamento sistemático leva o atleta a transformações profundas em seu corpo e mente, provocando mudanças em seu comportamento e, se bem orientado, a condições sócio-econômicas diferenciadas. A principal capacidade biomotora responsável pela melhora do atleta fundista é a resistência aeróbia. Para seu adequado desenvolvimento, conta-se com variados métodos de treinamento, estabelecidos através de princípios como individualidade biológica, sobrecarga, especificidade e reversibilidade (GARCIA-VERDUGO & LEIBAR, 1997).

O atletismo de fundo sempre foi objeto de estudo pelos pesquisadores em todo o mundo e tem-se hoje contado com novas informações científicas que auxiliam a estabelecer programas de treinamento mais coerentes e individualizados.

2.4. Planejamento e Periodização do Treinamento

Segundo Weineck (2000), a periodização consiste na divisão organizada do treinamento anual ou semestral dos atletas no intuito de prepará-los para alcançar objetivos pré-estabelecidos, ou seja, desempenhar a melhor performance competitiva no momento oportuno da temporada esportiva. Para tanto, é necessário que este planejamento seja programado desde as partes que formam cada sessão de treino (um período), uma unidade (um dia), um microciclo (uma semana), mesociclo (um mês), até a estrutura maior, o macrociclo (um ano ou menos conforme a periodização adotada). Nos modelos tradicionais, a periodização pode ser dividida em: simples, dupla e até tripla (MATVEIEV, 1965; OZOLIN, 1971; BOMPA, 1999). Como mencionado anteriormente, as corridas de fundo hoje em dia apresentam um calendário anual composto por quatro micro temporadas específicas: rua, *cross-country*, pista e *indoor* (*International Association of Athletics Federation*, 2005). Tendo em vista a complexidade e multiplicidade das competições, os atletas brasileiros basicamente tomam parte das temporadas de pista (março a setembro) e rua (ao longo de todo o ano). Ocorrem algumas inserções em *cross-country* entre fevereiro e março, porém apenas como preparação para as demais temporadas. São raríssimas as inserções em competições *indoor*. Nenhuma nos últimos 4 anos.

Estas micro temporadas geram um trabalhoso planejamento do treinamento, levando à obrigatoriedade em observar parâmetros fisiológicos individuais para possíveis correções e ajustes no treinamento aplicado.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 População e Amostra

A população deste estudo foi constituída por atletas de atletismo de fundo de alto rendimento da categoria juvenil e adulto de uma equipe profissional do Estado de São Paulo filiada à Federação Paulista de Atletismo e Confederação Brasileira de Atletismo, e que tenham integrado alguma Seleção Brasileira em competições Sul-Americanas e/ou Mundiais. 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. Participaram 9 atletas, do sexo masculino, com idades variando entre 19-32 anos. Os atletas passaram por uma avaliação antropométrica, sendo determinados o Índice de Massa Corporal (IMC), circunferência de braço e punho e dobras cutâneas (tríceps, subescapular, supra-ilíaca, abdominal, coxa e peitoral) para percentual 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.

3.2 Desenho Experimental

Os testes foram realizados na pista de atletismo e no laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte (LAFAE) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Rio Claro.

Os atletas foram avaliados nas seguintes oportunidades durante a periodização do treinamento: 1) ao final do período de preparação geral (I) pelo teste de Vcrit modelo

distância *versus* tempo; 2) na semana imediatamente após a realização da VCrit pelo teste clássico de MFEL; 3) na semana imediatamente posterior, pelo teste simplificado de MFEL (modelo reduzido de pausas); 4) na semana subsequente ao teste simplificado de MFEL pelo teste de Tlim, na carga de trabalho determinada no teste de MFEL, modelo reduzido de pausas.

Foram coletadas amostras de sangue para verificação dos seguintes marcadores bioquímicos de overtraining: creatina quinase, cortisol, testosterona, testosterona/cortisol, uréia e amônia.

Teste de Velocidade Crítica (Vcrit)

Os atletas inicialmente foram submetidos ao teste de Vcrit, modelo distância *versus* tempo, 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 de atletismo oficial da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Rio Claro. A VCrit foi determinada pelo coeficiente angular da reta de regressão obtida a partir dos resultados das distâncias e respectivos tempos.

Teste de Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL)

A partir do resultado da Vcrit, foram determinadas as intensidades de 100, 98, 95 e 90% da Vcrit, para aplicação do teste clássico de MFEL. Essas intensidades foram aplicadas aleatoriamente e de forma contínua, em dias subsequentes. Nesse teste, os atletas correram por 30 min, sendo coletadas amostras de sangue (25µL) 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 10° e o 30° minuto. Esse teste foi integralizado no espaço máximo de uma semana após o término do teste da Vcrit. Neste período, os participantes retomaram sua rotina normal de treinamento.

Ainda a partir do resultado da Vcrit, foram determinadas as intensidades de 97, 95 e 93% da Vcrit, para nova aplicação do teste de MFEL, porém, no modelo reduzido de pausas. Essas intensidades foram realizadas aleatoriamente e de forma contínua, em dias subseqüentes. Nesse teste, os atletas correram por 30 min, sendo coletadas amostras de sangue (25µL) no repouso, no 10° e no 30° 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 10° e o 30° minuto. Esse teste foi integralizado no espaço máximo de uma semana após o término do teste clássico de MFEL. Neste período, os participantes retomaram sua rotina normal de treinamento.

Determinação de equação de predição da MFEL

Após a determinação das Vcrits individuais, bem como das velocidades correspondentes às MFEL, obtidas nos testes clássico e simplificado, foram estabelecidas curvas relacionando esses parâmetros, de maneira a tornar possíveis a obtenção de equações lineares da regressão Vcrit versus MFEL (clássico) e Vcrit versus MFEL (simplificado). Assim, foi possível o estabelecimento das intensidades preditas da MFEL a partir da determinação da intensidade da Vcrit. Dentre as duas equações obtidas, foi adotada aquela que apresentou menor erro sistemático e melhor acurácia. A partir daí, todas as demais relações decorrentes das análises necessárias ao desenvolvimento do protocolo experimental foram realizadas utilizando a equação adotada.

Coleta de sangue para determinação das concentrações séricas

Para coleta de sangue os participantes estavam em jejum de no mínimo oito horas. Foram coletadas amostras, com auxílio de um enfermeiro, 05 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. O sangue coletado foi imediatamente centrifugado, sendo o soro separado em tubos heparinizados, que foram congelados em freezer a -10°C , para posterior análise dos seguintes marcadores: Uréia: Método de Crocker Modificado; Creatina Quinase e Amônia: Método Colorimétrico; Cortisol: Método Quimiluminescência, utilizando-se kits de fase sólida com anticorpo marcado específico para cortisol; Testosterona: Método Radiomunoensaio de fase sólida, baseado em anticorpo específico de testosterona fixado na parede do tubo de polipropileno (NOGUEIRA et al., 1990).

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 dois anos nas distâncias de 10.000m, 15.000m, 10 Milhas (16,090m) e Meia Maratona (21,097m).

Determinação do Tlim individual

A partir das intensidades encontradas no teste de Vcrit (Vcrit real) e da MFEL predita por equação de correção, foram determinados os Tlim para as respectivas cargas. Essas intensidades foram aplicadas aleatoriamente, com 24 horas de intervalo entre elas. Nesse teste, os atletas correram até a exaustão, na intensidade de carga (Vcrit e MFEL predita) para determinação do tempo e da distância do esforço. Os participantes foram 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. 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 μL) 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 MFEL. Neste período, os participantes retomaram sua rotina normal de treinamento.

Para um segundo momento, foi verificada a correlação do teste de Vcrit, modelo distância/tempo, com a distância de 10 km em competição. A distância de 10 km é considerada universal e sugere uma relação percentual interessante com a intensidade de 100% do Lan (JANSSEN, 1988). O teste de Vcrit, modelo distância *versus* tempo, foi realizado no quarto microciclo do período de preparação geral (I), sendo seguido pela participação dos atletas em uma competição oficial na distância de 10 km, 15 dias após a realização do teste de Vcrit.

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; circunferência de braço e punho; do índice de massa corporal que é obtido através da razão do peso corporal pela altura ao quadrado; do percentual de gordura que será obtido pela equação de Guedes (1986), através da obtenção das dobras cutâneas abdominal, subescapular, tríceps, supra-ilíaca, coxa e peitoral pelo compasso da marca Cescorf.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em um primeiro momento, foram realizados os testes de velocidade crítica e de máxima fase estável de lactato (quatro velocidades) aplicados de duas formas, com uso de seis (completa) e dois (simplificada) pontos em 30 minutos de duração em cada velocidade. A partir desses resultados, foram plotados dois gráficos, o primeiro entre a V_{crit} versus a determinação da MFEL com seis pontos e o segundo a V_{crit} versus a MFEL simplificada. Duas equações de predição de MFEL a partir da V_{crit} foram então estabelecidas e utilizadas ao longo de todo experimento. Os resultados de performances, bem como a determinação dos tempos limites de corridas nas intensidades de V_{crit} e das diferentes equações de predição, foram utilizados para análises de confiabilidade dos parâmetros, bem como para testar a aplicabilidade da V_{crit} (e suas relações) em modelos de treinamento de fundistas e meio-fundistas de nível internacional utilizando essa avaliação não invasiva. Os resultados dos marcadores bioquímicos de *overtraining* foram obtidos especialmente para garantir a consistência da amostra, podendo ser aplicados critérios de exclusão de participantes a partir desses dados.

Dessa forma, a dissertação está estruturada a contemplar o objetivo geral em um artigo elaborado em forma de trabalho completo (Estudo 1). Os objetivos específicos primeiro, terceiro e quarto estão contemplados no Estudo 2 e o objetivo específico segundo no Estudo 3.

4.1 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 (completo e simplificado) e de velocidade crítica. Para esses valores, foi aplicada também análise de correlação produto-momento. Essa análise de correlação também foi utilizada para verificar os efeitos dos marcadores bioquímicos e endócrinos de *overtraining* sobre os valores de MFEL obtidos com seis pontos, bem como sobre os valores de Vcrit. Os resultados de tempos limites nas velocidades críticas foram descritivos, mas análise de correlação produto-momento entre esses parâmetros foi realizada para avaliar se houve independência da intensidade do esforço sobre o tempo limite. Análise de variância *two way* foi usada 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 intraclass foi aplicada entre esses parâmetros para avaliar a confiabilidade das equações de predição. Em todos os casos, o nível de significância foi prefixado para $P < 0,05$.

4.2 Resultados

4.2.1 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 ATLETAS FUNDISTAS DE ALTO RENDIMENTO. Esse artigo foi submetido para publicação na Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 2007.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi estabelecer uma relação matemática entre a máxima fase estável de lactato (MFEL) e a Velocidade Crítica (Vcrit) em atletas 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 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. 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 Vcrit, aplicadas aleatoriamente e de forma contínua, em dias subseqüentes. Nesse teste, os atletas correram por 30 min, sendo coletadas amostras de sangue (25 μ 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 Vcrit, sendo o restante obtido a 90% da Vcrit. A Vcrit ($19,1 \pm 0,1$ km/h) superestimou ($p=0,005$) os valores de MFEL ($18,7 \pm 0,2$ km/h). Houve correlação significativa entre Vcrit e MFEL ($p=0,002$, $r=0,88$). A equação obtida pela regressão foi $MFEL=0,9673 \cdot Vcrit+0,2061$, com erro padrão da estimativa de 0,236. Houve ótima aplicação de distâncias para a determinação da Vcrit 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 μ 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 $MLSS=0,9673*CS+0,2061$, 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 sangüíneo e carga de trabalho que podem ser mantidas durante um determinado período de exercício sem acúmulo contínuo e crescente do lactato sangüíneo (FARREL, 1979; BENEKE; GAESSER et al., 1995; BENEKE & VON DUVILLARD, 1996). Utilizar as respostas circulantes de lactato no exercício incremental para predizer performances aeróbias e determinar cargas de trabalho 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 carga de trabalho (velocidade) determinada pela MFEL se relaciona claramente com a performance, por outro lado, com a concentração de lactato sangüíneo em MEFL, 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 sangüíneo 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 1988, de 100m a Maratona, 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 atletas 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 (V_{crit}) pelo modelo distância *versus* tempo, como parâmetro de grande importância relacionado ao ritmo de competição. V_{crit} foi definida por Hill (1993) como a máxima carga de trabalho 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 (MACLELLAN et al., 1991). Teoricamente, a V_{crit} representa a mais alta velocidade de corrida que pode ser mantida indefinidamente. A determinação da V_{crit} 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 V_{crit} é possível estimar o LAn em atletas de fundo de alto rendimento. Apesar de a V_{crit} 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 carga de trabalho em MFEL (velocidade) se correlaciona com a V_{crit} , 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 sujeitos, em nosso caso, atletas 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 atletas fundistas de alto rendimento.

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). 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. Medidas antropométricas: dobras cutâneas de tríceps (TR), abdominal (AB), sub-escapular (SE), supra-iliaca (SI), peitoral (PT), coxa medial (CXm), coxa (CX), circunferências de punho (Pu) e braço (Br) e percentual 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 subseqüentes, 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 Vcrit 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 Vcrit 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 Vcrit, 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 (25µL) 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 Vcrit. Nesse período, os participantes retomaram suas rotinas de treinamento.

Determinação da equação de predição da MFEL

Após a determinação da Vcrit 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 Vcrit *versus* MFELmc. Assim, a partir da determinação da intensidade da Vcrit, 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 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 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 a performance. 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 Vcrit 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 Vcrit.

Tabela 2. Performances 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

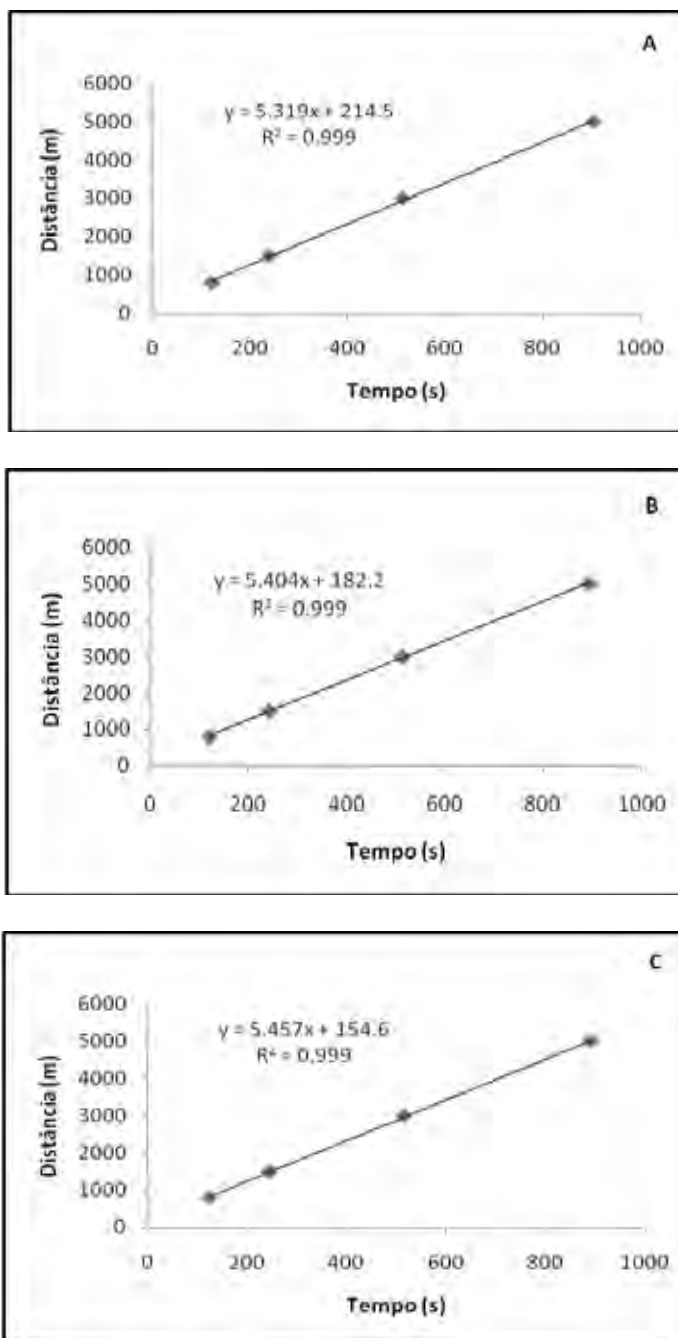


Figura 1. Os gráficos A, B e C exemplificam as retas de regressão obtidas a partir do teste de Vcrit (modelo distância *versus* tempo) para três diferentes atletas participantes. Na equação da reta, o coeficiente angular (valor de “a”) representa a Vcrit estimada, indicada em carga de trabalho (velocidade)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

Máxima Fase Estável de Lactato

Uma vez determinadas as Vcrit individuais, foi possível estabelecer as intensidades de corrida para o teste de MFELmc. Os resultados do teste com carga na intensidade a 100% da Vcrit 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 Vcrit, apresentaram valores médios $\pm$ EPM nas concentrações de lactato sanguíneo no 10º e no 30º 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 10º e no 30º 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 Vcrit representou a intensidade máxima do teste em que não ocorreu variação superior a 1,0 mmol/L de lactato sanguíneo entre o 10º e o 30º minuto, caracterizando a estabilização. Para oito atletas a MFEL ocorreu na intensidade correspondente a 98% da Vcrit (Figura 2), ocorrendo a 90% da Vcrit 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.

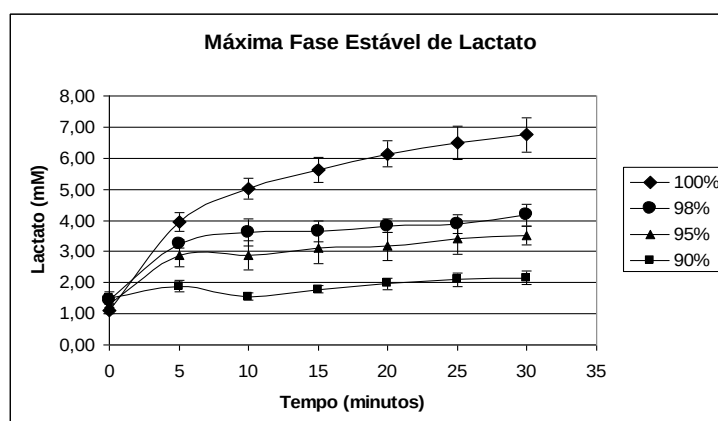


Figura 2. Valores médios $\pm$ erro padrão da média das concentrações de lactato encontradas no teste de MFEL, observadas em cargas correspondentes a 100, 98, 95 e 90% da Vcrit. Foi verificada estabilização máxima a 98% da Vcrit (10.º min, $3,62 \pm 0,44$ mmol/L; 30.º min, $4,18 \pm 0,35$ mmol/L).

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.

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

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 cargas de trabalho alcançados para cada atleta na Vcrit e MFELmc, resultando na equação de predição 1.

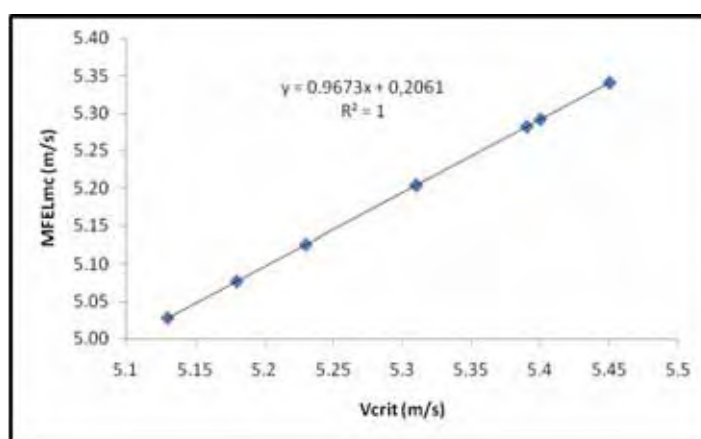


Figura 3. Reta de regressão obtida a partir dos resultados de Vcrit e MFELmc e equação de predição da MFEL.

DISCUSSÃO

A validação do teste de Vcrit para esse grupo de atletas 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 carga de trabalho (velocidade)

encontrada quando associada à MFELmc. A carga de trabalho 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 Vcrit. Isso nos indica que, para esse grupo de sujeitos, atletas fundistas de alto rendimento, a Vcrit superestimou em apenas 2% a MFELmc, teste considerado “padrão ouro” na determinação do LAn. Outra evidência quanto aos valores de carga de trabalho superestimados determinados pela Vcrit foi identificada na concentração de lactato sanguíneo resultante da aplicação da velocidade de 100% dessa Vcrit 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 Vcrit (tempo limite até a fadiga) foi utilizado o modelo linear de dois parâmetros: distância *versus* tempo. O teste de Vcrit 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 Vcrit, determinada a partir de um modelo não linear de potência crítica de três parâmetros, reflete melhor a capacidade para o exercício prolongado que a Vcrit 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 Vcrit (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 atletas 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 MFELmc (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 (atletas fundistas de alto rendimento) é altamente treinado e, portanto, adaptado fisiologicamente à metodologia de treinamento de cargas de trabalho 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 freqüentemente 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 10º e 30º min), principalmente para observações quanto aos resultados encontrados na concentração de lactato sanguíneo na intensidade de estabilização, carga de trabalho e tempo de exaustão.

Concluindo, houve ótima aplicação de distâncias para a determinação da Vcrit em atletas fundistas de alto rendimento, bem como a sensibilidade do parâmetro à intensidade “padrão ouro” obtido no teste de MFELmc. 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 performances 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-Rate1988; 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 constante-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.

4.2.2 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 CARGA EM MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO PREDITA A PARTIR DA VELOCIDADE CRÍTICA EM ATLETAS FUNDISTAS DE ALTO RENDIMENTO. Esse artigo será submetido a revista internacional New Studies in Athletics, IAAF.

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram verificar a influência do número de pausas no teste de máxima fase estável de lactato – modelo clássico (MFELmc) sobre a relação obtida no teste de velocidade crítica (Vcrit), verificar as intensidades de corrida em competições oficiais de 10 km e relacioná-las à Vcrit real e a MFEL predita (modelos clássico e simplificado) e determinar os Tempos Limites (Tlim) individuais dos participantes para a intensidade de MFEL – modelo simplificado (MFELms). Foram testados nove atletas masculinos (28 ± 2 anos) de elevado desempenho, com marcas pessoais correspondentes à média $\pm$ EPM de $91,54 \pm 0,93$ % da velocidade de corrida do recorde mundial de sua prova específica. 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. As intensidades prescritas para a determinação da MFEL foram: 97, 95 e 93% da Vcrit. Nesse teste, os atletas correram por 30 min, sendo coletadas amostras de sangue (25 μ L) 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 Vcrit, para um atleta a 97% e para outro a 93%. A Vcrit ($19,1 \pm 0,1$ km/h) superestimou os valores de MFELms ($18,0 \pm 0,10$ km/h). A equação obtida pela regressão foi $MFEL = 0,827 * Vcrit + 0,607$, com erro padrão da estimativa de 0,071. Para o Tlim individual foram aplicadas as intensidades correspondentes a MFELms, com resultados médios $\pm$ EPM de $47\text{min}29\text{s} \pm 3\text{m}35\text{s}$ e $14,42 \pm 1,12\text{km}$ 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 MFELmc e MFELms, foi observada influência do número de pausas no presente estudo quando aplicado o protocolo de MFELms, sobre a relação obtida no teste de Vcrit. Para esses atletas, tais diferenças podem ser ainda mais significativas quando

aplicado o coeficiente de variação para elevadas performances. 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 Limite

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 athletes 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 performances. 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 (Vcrit) é um conceito teórico que estima a máxima carga de trabalho 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 (MCLELLAN & CHEUNG, 1992). Para atletas de fundo de alto rendimento, a Vcrit (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 Vcrit 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 cargas de trabalho para treinamento e competições.

Definida como a mais alta concentração de lactato sanguíneo e carga de trabalho 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 predizer cargas de trabalho 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 atletas 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 Vcrit (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 atletas fundistas de alto rendimento, recente estudo de D'Angelo & Gobatto (2006) relatou um sensível e significativo percentual de 2% entre esses dois parâmetros (Vcrit *versus* MFELmc) para essa específica população. No entanto, atletas fundistas de alto rendimento são adaptados fisiologicamente à metodologia de treinamento de cargas de trabalho 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 10º e 30º min (MFELms), poderia alcançar elevados níveis de especificidade quando associado às cargas de trabalho encontradas no teste de Vcrit. Estudos revelam que a intensidade envolvendo a MFEL tem sido freqüentemente 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 performances 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 atletas fundistas de alto rendimento.

Quando considerada essa população específica e suas demandas metabólicas pode-se supor serem significativas às diferenças das concentrações de lactato sanguíneo e carga de trabalho 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). 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. Medidas antropométricas: dobras cutâneas de tríceps (TR), abdominal (AB), sub-escapular (SE), supra-iliaca (SI), peitoral (PT), coxa medial (CXm), coxa (CX), circunferências de punho (Pu) e braço (Br) e percentual 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 subseqüentes, 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 Vcrit 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 Vcrit 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 Vcrit, 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 Vcrit. Nesse período, os participantes retomaram suas rotinas de treinamento.

Determinação da equação de predição da MFEL

Após a determinação da Vcrit 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 Vcrit *versus* MFELms. Assim, a partir da determinação da intensidade da Vcrit, foi possível estabelecer as intensidades preditas em MFEL.

Determinação do Tempo Limite individual (Tlim)

A partir das intensidades encontradas no teste de Vcrit e da MFELms, foram determinados os Tlim para as respectivas cargas. Nesse teste, os atletas correram até a exaustão, na intensidade de carga 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 400m 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 últimos dois anos.

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 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 Vcrit: 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 a performance. 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 Vcrit 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 Vcrit.

Tabela 2. Performances 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

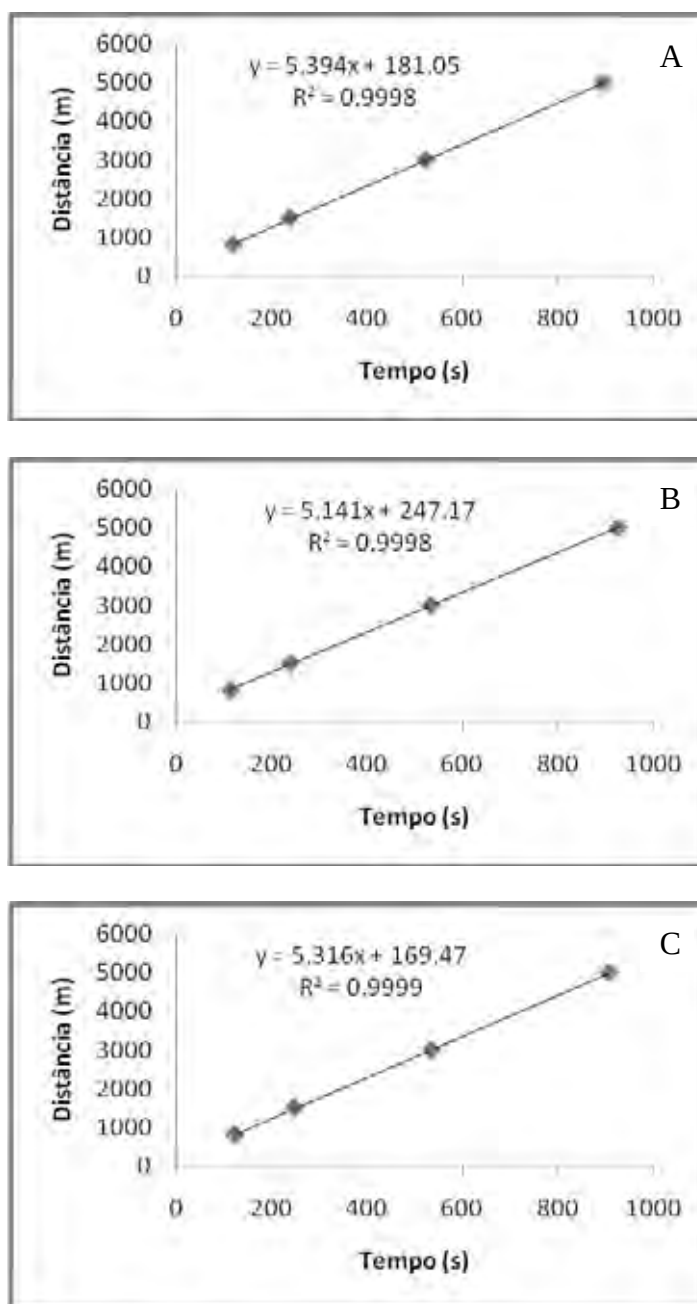


Figura 1. Os gráficos A, B e C exemplificam as retas de regressão obtidas a partir do teste de Vcrit (modelo distância versus tempo) para três diferentes atletas participantes. Na equação da reta, o coeficiente angular (valor de “a”) representa a Vcrit estimada, indicada em carga de trabalho (velocidade) 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 carga de trabalho, concentrações de lactato sanguíneo e percentual da Vcri real encontrados nos testes de MFEL modelos clássico e simplificado.

	MFEL (modelo clássico)	MFEL (modelo simplificado)
Carga de Trabalho	$18,7 \pm 0,06$ 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).

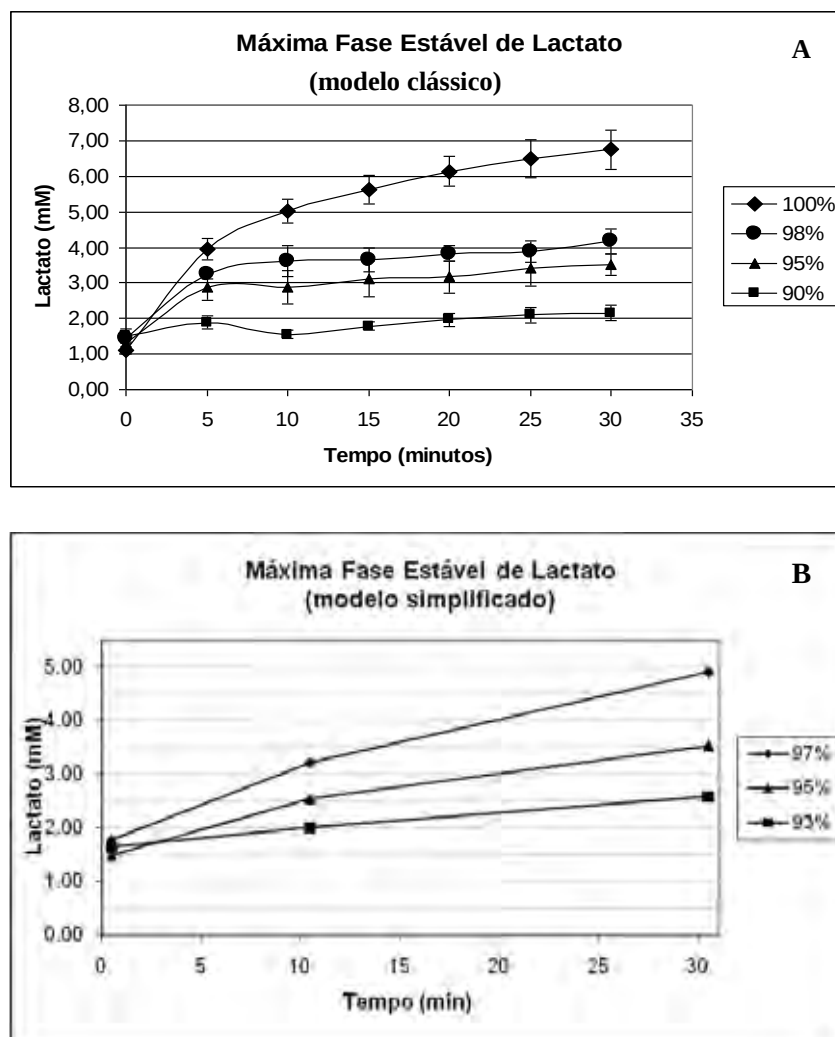


Figura 2. A figura A indica os valores médios $\pm$ erro padrão da média das concentrações de lactato encontradas no teste de MFELmc, observadas em cargas correspondentes a 100, 98, 95 e 90% da Vcrit. Foi verificada estabilização máxima a 98% da Vcrit (10.º min, $3,62 \pm 0,44$ mmol/L; 30.º min, $4,18 \pm 0,35$ 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. Percentuais referentes à carga de trabalho 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 .

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

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 cargas de trabalho alcançados para cada atleta na Vcrit e MFELms, resultando na equação de predição

1.

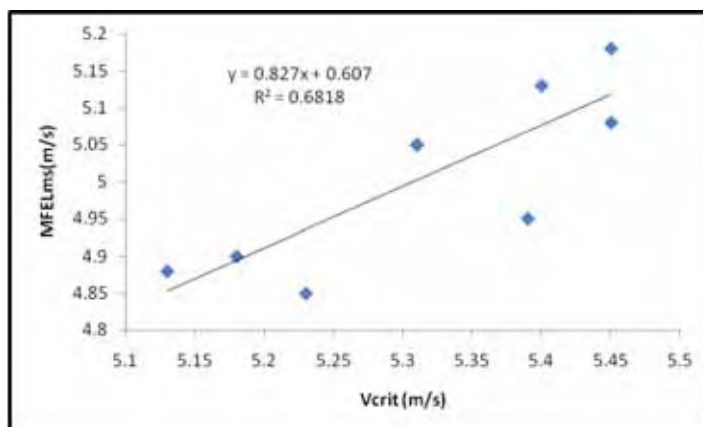


Figura 3. Reta de regressão obtida a partir dos resultados de Vcrit e MFELms e equação de predição da MFEL.

Tempo Limite individual (Tlim) e tempo de competição em 10 km.

Para o teste de Tlim de cada um dos atletas participantes, foi aplicada a carga de trabalho 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 Vcrit superestimada em 4,7% e estudo de Maclellan & Cheung (1992) com ciclistas regularmente ativos, que revela resultados superestimados quando associados à MFEL, a carga de trabalho 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 Vcrit, indicando uma vez mais a tendência do teste de Vcrit 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 Vcrit 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 (carga de trabalho) 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, atletas 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. Considerando os resultados encontrados para carga de trabalho e concentrações de lactato sanguíneo em ambos os testes de MFEL (modelos clássico e simplificado) no presente estudo, sugere-se que o número de pausas pode interferir no resultado encontrado para ambas variáveis.

Embora estatisticamente os valores para a carga de trabalho apresentem diferenças significativas para atletas 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 cargas de trabalho 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 preditas 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 atletas fundistas de alto rendimento.

Estudo de Mognoni et al. (1990) investigou respostas fisiológicas durante o exercício prolongado em carga de trabalho 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 sangüíneo 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 sangüíneo 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 m 35 s e concentrações de lactato sangüíneo 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 Tlim indicam que a MFELms predita a partir do teste de Vcrit pode ser um bom indicador de performance aeróbia, 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 Vcrit para todos os participantes do experimento. Indica também importante relação da Vcrit real com a velocidade de competição em 10 km. Dessa maneira, pode ser possível para o treinador de atletas fundistas de alto rendimento aplicar como instrumento o teste de Vcrit 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 Vcrit. Para atletas de fundo de alto rendimento, tais diferenças podem ser ainda mais significativas quando aplicado o CV para elevadas performances. As intensidades de corrida em competições oficiais de 10 km, a Vcrit 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 constante-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.

4.2.3 Estudo 3: D'ANGELO, R. A., GOMES DE ARAÚJO, G., GOBATTO, C. A.

EFEITOS DE SESSÕES DE TESTES DE VELOCIDADE CRÍTICA E MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SOBRE BIOMARCADORES DE *OVERTRAINING* EM ATLETAS FUNDISTAS DE ALTO RENDIMENTO. Esse artigo será submetido a uma revista internacional, com fator de impacto mínimo de 0,70.

RESUMO

Os marcadores bioquímicos, quando analisados em conjunto com o desempenho físico, podem indicar estado de *overtraining* no atleta, bem como monitorar as futuras cargas de trabalho propostas. O objetivo deste estudo foi verificar os efeitos dos marcadores bioquímicos testosterona (Tt), testosterona livre (Tv), cortisol (Cs_{8h}), razão testosterona/cortisol (T/C), creatina quinase (CK), uréia (Ur) e amônia (Am) sobre a determinação da Velocidade Crítica (Vcrit) e Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL) em atletas fundistas de alto rendimento. Foram testados nove atletas masculinos (28 ± 2 anos) de elevado desempenho, com marcas pessoais correspondentes à média $\pm$ EPM de $91,54 \pm 0,93$ % da velocidade de corrida do recorde mundial de sua prova específica. 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 primeira coleta de sangue ocorreu 15 horas após o término da última sessão do teste de Vcrit, para análise dos biomarcadores T, C, CK, Ur e Am. Foram prescritas intensidades para a determinação da MFEL de: 100, 98, 95 e 90% da Vcrit para aplicação na semana seguinte. Para verificação dos marcadores CK e Am, foi realizada uma segunda coleta de sangue 36 horas após aplicação da última carga no teste de MFEL. Os valores médios $\pm$ EPM dos biomarcadores Tt, Tv, Cs_{8h}, Ur e CK₃₆ analisados pós-testes (Vcrit e MFEL) no presente estudo, correspondem com os valores de referência para essas específicas variáveis em indivíduos saudáveis. Valores apresentados pela literatura específica para esses marcadores também se correspondem com aqueles encontrados nos atletas participantes. A CK₁₅ mostrou valores médios $\pm$ EPM elevados, indicando lesões das membranas das células musculares no grupo de participantes e resposta positiva do estresse causado pelo exercício prévio. De acordo com os valores dos biomarcadores apresentados pelos atletas e aqueles encontrados na literatura, possivelmente, tais atletas não apresentaram sintomas de *overtraining* na fase de treinamento avaliada. Foi possível caracterizar as

respostas dos biomarcadores após a aplicação de uma seqüência de testes para determinação de performance aeróbia.

Palavras Chave: Marcadores Bioquímicos, *Overtraining*, Corredores Fundistas

ABSTRACT

The biochemical markers could indicate overtraining in athletes when associated with performance, as well to manage the future workloads proposal. The purpose of this study was to verify the biochemical makers effects of testosterone (Tt), free testosterone (Tv), cortisol (C), testosterone/cortisol ratio (T/C), creatine kinase (CK), urea (Ur) and ammonia (Am) over the critical speed (CS) and maximum lactate steady state (MLSS) determination on high performance distance athletes. Nine male high performance athletes 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 first blood collect occurred 15 hours after the last CS test session for T, C, CK, Ur e Am markers analysis. The predicted workloads for the MLSS next week determination were: 100, 98, 95 and 90% of the CS. One second blood collect was done 36 hours after the last MLSS test workload to verify CK and Am markers. The average values $\pm$ ESE of Tt, Tv, Cs_{8h}, Ur e CK₃₆ biomarkers in the present study corresponding with references values for healthy individuals. Others levels for these markers in the specific literature also corresponding with those found in the athletes study participants. The CK₁₅ showed high average values $\pm$ ESE supposing altered permeability of tissue cell membranes in the athletes group and positive response caused by previous stress exercise. According to biomarkers levels presented by the athletes and those found at specific literature, possibly, such athletes have no presenting overtraining symptoms at the training assess phase. It was possible feature the biomarkers responses after a test sequence for aerobic performance determination.

Key Words: Biochemical Markers, Overtraining, Distance Runners

INTRODUÇÃO

O fenômeno biológico definido como supercompensação caracteriza-se por uma fase anabólica, na recuperação pós-exercício, de alta capacidade adaptativa e aumento de reservas energéticas (BAPTISTA; GHORAYEB; DIOGUARDI, 1999). Tal fenômeno, considerado ao longo de toda a estrutura do treinamento de atletas fundistas de alto rendimento, é responsável pela sensível elevação do estado da forma física, obviamente quando aplicado de maneira correta.

O princípio da sobrecarga (BOMPA, 2002), uma das leis que rege os mecanismos da supercompensação, compreende três importantes variáveis: volume, intensidade e densidade. A densidade, definida por Garcia-Verdugo & Leibar (1997) como a relação temporal ótima entre o esforço do exercício e sua recuperação, por sua vez, determina a velocidade de elevação da forma física acima dos níveis anteriores à intervenção do exercício.

Durante e logo após uma sessão de treinamento ocorre uma fase catabólica com diminuição da tolerância ao esforço, caracterizada por mudanças reversíveis de parâmetros bioquímicos, hematológicos e hormonais. Para ser eficaz ao atleta, um programa de treinamento deve equilibrar cargas ótimas de trabalho com períodos adequados de recuperação (SILVA; SANTHIAGO, GOBATTO, 2006). Caso esse equilíbrio não ocorra, o atleta pode desenvolver o *overreaching* e posteriormente o *overtraining*.

Os parâmetros laboratoriais testosterona, cortisol, creatina quinase, uréia, amônia e razão testosterona/cortisol, quando analisados em conjunto com o desempenho físico, podem indicar estado de *overtraining* no atleta. As análises bioquímicas são frequentemente utilizadas para indicar os efeitos do estresse do treinamento acumulado sobre esses parâmetros. São também marcadores importantes no controle e avaliação do tamanho da

carga de trabalho proposta ao atleta, bem como ferramenta na detecção e prevenção de possíveis lesões (HALSON et al., 2002; LEHMANN et al., 1991; LEHMANN et al., 1997).

Os níveis plasmáticos de testosterona e cortisol podem representar as atividades teciduais de anabolismo e catabolismo, respectivamente (MUJIKÁ et al., 2004). A razão testosterona-cortisol no plasma é utilizada para avaliar respostas ao treinamento e para prever capacidade de performance (UUSITALO, 2001). A creatina quinase é encontrada no interior da célula muscular e quando estão presentes em grandes quantidades no sangue apontam lesão das membranas das células musculares (WILMORE; COSTILL, 1994). A amônia, produto final do catabolismo protéico junto ao dióxido de carbono, sintetiza a uréia no fígado. Segundo estudo de Lehmann et al. (1993), a concentração de uréia em atletas em *overtraining* pode ser elevada, no entanto são necessárias análises de outros parâmetros para o diagnóstico final.

Através do conhecimento dos valores desses marcadores ao longo da periodização e os efeitos do treinamento sobre eles, é possível para o treinador ou preparador físico gerenciar ajustes (elevações ou reduções) no volume, intensidade ou densidade das cargas prescritas no programa de treinamento do atleta. Neste estudo, o objetivo foi verificar os efeitos desses específicos marcadores bioquímicos sobre a determinação da Velocidade Crítica (V_{crit}) e Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL) em atletas fundistas de alto rendimento.

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). 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. Medidas antropométricas: dobras cutâneas de tríceps (TR), abdominal (AB), sub-escapular (SE), supra-ilíaca (SI), peitoral (PT), coxa medial (CXm), coxa (CX), circunferências de punho (Pu) e braço (Br) e percentual 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 no laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte (LAFAE) 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. 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.

Desenho Experimental

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 subseqüentes, em horário de rotina dos treinamentos dos atletas. A partir do resultado da Vcrit, no espaço de uma semana, foram determinadas as intensidades de 100, 98, 95 e 90% da Vcrit, para aplicação do teste clássico de MFEL. Essas intensidades foram aplicadas aleatoriamente e de forma contínua, em dias subseqüentes. Nesse teste, os atletas correram por 30 min, sendo coletadas amostras de sangue (25µL) a cada 5 min, para a determinação das concentrações de lactato (YSI 1500 Sport).

Para coleta de sangue os participantes se apresentaram em jejum de no mínimo oito horas. Foram coletadas amostras, com auxílio de um enfermeiro, de 5 ml de sangue da veia antecubital direita, 15 horas após o término da última sessão do teste de Vcrit (Tabela 2), para análise dos biomarcadores testosterona, cortisol, creatina quinase, uréia e amônia. Para verificação dos marcadores creatina quinase e amônia, foi realizada uma segunda coleta de sangue 36 horas após aplicação da última carga no teste de MFEL (Tabela 2). A primeira coleta, realizada 15 horas após o último esforço do teste de Vcrit, representa o tempo padrão de recuperação na sistemática de trabalho desses atletas, considerando um microciclo de cargas variáveis. A segunda, realizada 36 horas após o último esforço do teste de MFEL, inclui uma única sessão de treinamento puramente aeróbio até a coleta de sangue.

O sangue coletado foi imediatamente centrifugado, sendo o soro separado em tubos heparinizados, que foram congelados em freezer a -10°C , para análise dos seguintes marcadores: Uréia: Método de Crocker Modificado; Creatina Quinase e Amônia: Método Colorimétrico; Cortisol: Método Quimiluminescência, utilizando-se kits de fase sólida com anticorpo marcado específico para cortisol; Testosterona: Método Radiomunoensaio de fase sólida, baseado em anticorpo específico de testosterona fixado na parede do tubo de polipropileno (NOGUEIRA et al., 1990).

Tabela 2. Coleta de sangue durante os testes de Vcrit e MFEL. Na tabela, Coleta 1 indica o momento de coleta para análise de todos os biomarcadores e Coleta 2 indica a coleta de sangue para análise apenas de Creatina Quinase e Amônia.

Teste de Vcrit							Teste de MFEL								
Semana 1							Semana 2								
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2
800m	5.000m		3.000m		1.500m	•Coleta 1		Carga 1		Carga 2	Carga 3		Carga 4		•Coleta 2

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 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 velocidades 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 a performance. 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 Vcrit 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 Vcrit.

Tabela 3. Performances 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

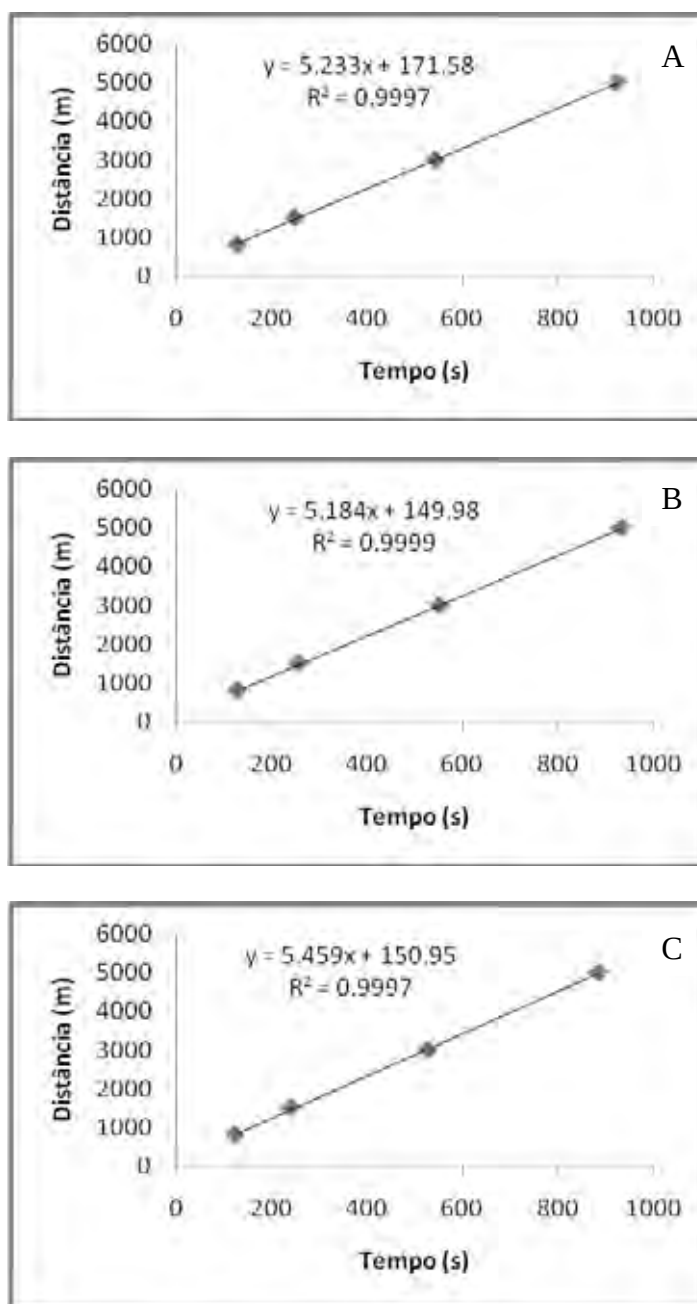


Figura 1. Os gráficos A, B e C exemplificam as retas de regressão obtidas a partir do teste de Vcrit (modelo distância versus tempo) para três diferentes atletas participantes. Na equação da reta, o coeficiente angular (valor de “a”) representa a Vcrit estimada, indicada em carga de trabalho (velocidade)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

Máxima Fase Estável de Lactato

Uma vez determinadas as Vcrit individuais, foi possível estabelecer as intensidades de corrida para o teste de MFEL. Na intensidade de 98% os valores médios $\pm$ EPM encontrados nas concentrações de lactato sanguíneo no 10º e no 30º 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 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. Para oito atletas a MFEL ocorreu na intensidade correspondente a 98% da Vcrit (Figura 2), ocorrendo a 90% da Vcrit 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.

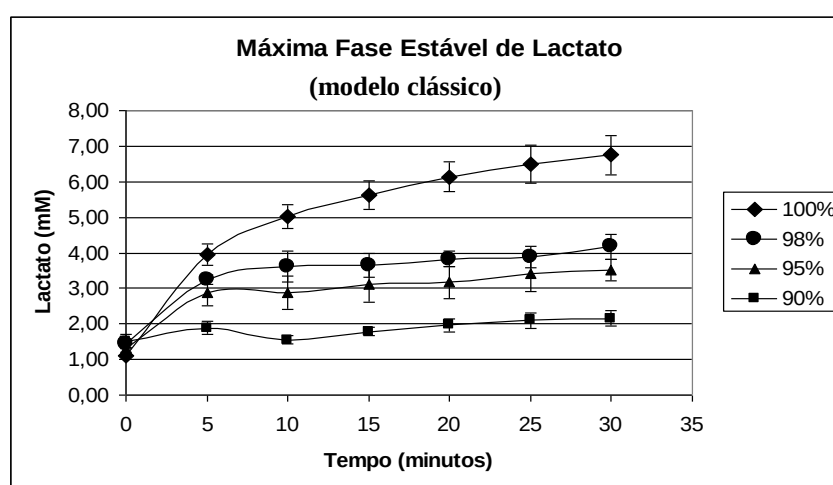


Figura 2. Valores médios $\pm$ erro padrão da média das concentrações de lactato encontradas no teste de MFEL, observadas em cargas correspondentes a 100, 98, 95 e 90% da Vcrit. Foi verificada estabilização máxima a 98% da Vcrit (10.º min, $3,62 \pm 0,44$ mmol/L; 30.º min, $4,18 \pm 0,35$ mmol/L).

Concentrações Séricas dos Biomarcadores

Os valores dos seguintes biomarcadores: testosterona total (Tt), testosterona livre (Tv), cortisol (Cs_{8h}) (coleta realizada às 8h00 da manhã), creatina quinase (CK₁₅, CK₃₆) (15 horas após última carga do teste de Vcrit e 36 horas após última carga do teste de MFEL), uréia (Ur), amônia (Am₁₅, Am₃₆) (15 horas após última carga do teste de Vcrit e 36 horas após última carga do teste de MFEL) e razão testosterona/cortisol (T/C) estão representados na Tabela 4, bem como os valores de referência dessas variáveis para indivíduos saudáveis segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS).

Tabela 4. Valores médios $\pm$ EPM e valores individuais de testosterona total (Tt), testosterona livre (Tv), cortisol (Cs8h), uréia (Ur), creatina quinase (CK₁₅ e CK₃₆), amônia (Am₁₅ e Am₃₆) e razão testosterona/cortisol (T/C) encontrados pós-testes (Vcrit e MFEL) para atletas fundistas de alto rendimento.

Atletas	Tt	Tv	Cs8h	Ur	CK ₁₅	CK ₃₆	Am ₁₅	Am ₃₆	T/C
	ng/dl	pg/ml	ug/dl	mg/dl	U/L	U/L	μ mol/l	μ mol/l	
Valores de Referência	280 a 880	5,1 a 54,7	6,2 a 19,4	10 a 45	até 165	até 165	10 a 47	10 a 47	
1	429,0	16,50	18,4	36,4	187,0	82,0	53	46	0,89
2	753,0	39,10	18,5	21,4	284,0	203,0	37	80	2,11
3	448,0	22,40	15,0	38,5	273,0	192,0	45	36	1,49
4	607,0	20,70	17,0	30,0	282,0	168,0	59	42	1,21
5	969,0	29,20	21,9	36,4	357,0	204,0	44	39	1,33
6	563,0	14,20	5,1	36,4	459,0	120,0	49	37	2,78
7	579,0	20,70	20,1	25,7	432,0	68,0	46	55	1,02
8	765,0	21,80	12,0	25,7	853,0	127,0	45	41	1,81
9	396,0	13,80	20,7	36,4	493,0	290,0	45	41	0,66
Média(s)	612,1	22,04	16,52	31,87	402,22	161,55	47	46,33	1,48
EPM	62,5	2,65	1,74	2,09	65,51	23,27	2,06	4,61	0,22
CV (%)	30,63	36,07	31,71	19,67	48,86	43,21	13,10	29,85	44,59

DISCUSSÃO

Os valores médios $\pm$ EPM dos biomarcadores Tt, Tv, Cs8h, Ur e CK₃₆ analisados pós-testes (Vcrit e MFEL) no presente estudo correspondem aos valores de referência para essas específicas variáveis em indivíduos saudáveis. Para as variáveis CK₁₅, Am₁₅ e Am₃₆, os valores médios $\pm$ EPM encontrados não correspondem com os recomendados para esse tipo de população.

A CK₁₅ mostrou valores médios $\pm$ EPM elevados, indicando lesões das membranas das células musculares no grupo de participantes (WILMORE; COSTILL, 1994). A realização de um esforço combinado por vias metabólicas aeróbia-anaeróbia (1.500m) no teste de Vcrit 15

horas antes da coleta de sangue sugere uma das prováveis causas para essa elevação. Os níveis de CK aumentados no sangue têm sido usados como índice de estresse fisiológico induzido pelo treinamento (MUJIKÁ et al., 2004). Fatores que influenciam o fluxo de CK no sangue incluem a duração e a intensidade do exercício, bem como o nível da forma física do indivíduo (MILARD et al., 1985). Para a CK₃₆, os valores médios $\pm$ EPM apresentados nos resultados foram sensivelmente menores, mostrando resposta positiva da variável CK para o tempo de recuperação aumentado. A sessão de treinamento aeróbia incluída nesse intervalo entre o esforço e a coleta do sangue não foi suficiente para contribuir para a elevação desses níveis de CK. Estudo de Yamamoto et al. (1988) com nadadores revela que os valores absolutos de CK são reduzidos a níveis mais baixos da temporada durante a realização do *taper* (período de redução de carga pré-competição). Esses resultados sugerem que os níveis de CK parecem refletir o volume do treinamento e não sua intensidade. Alguns estudos sobre o *taper* (FLYNN et al. 1994; MUJIKÁ et al. 1996; HOUMARD et al. 1990) indicam redução dos níveis de CK entre 38 e 43% nesse período. Nos atletas participantes desse estudo os valores de CK foram reduzidos em 59% no período de uma semana, porém todos esses valores permaneceram dentro dos padrões normais.

Embora os valores encontrados de Am₁₅ e Am₃₆ tenham sido elevados para padrões normais, estudo de Mujika et al. (1996) indica variação entre 32,8 $\mu\text{mol/L}$ até 65,6 $\mu\text{mol/L}$ para atletas de natação após 12 semanas de treinamento intensivo. Os valores médios $\pm$ EPM de Am₁₅ e Am₃₆, $47,0 \pm 2,06$ e $46,33 \pm 4,61$ $\mu\text{mol/L}$, respectivamente, quando associados aos demais parâmetros avaliados, não pareceram sugerir estado de *overtraining* nos participantes. Estudo de Leitzmann et al. (1991) verificaram uma diminuição na concentração de amônia nos atletas em *overtraining*, enquanto que Halson et al. (2003) verificaram uma tendência da concentração de amônia aumentar após 2 semanas em que o volume de treinamento normal

em ciclistas foi dobrado. Diante de informações opostas, são necessários outros estudos sobre o tema.

Os atletas de *endurance* do sexo masculino em geral mantêm seus níveis de repouso de Tt entre 60 a 85% dos valores para homens sedentários (DE SOUSA et al., 1989; WHEELER, 1984). Os níveis médios $\pm$ EPM de Tt encontrados no presente estudo foram $612,10 \pm 62,50$ ng/dl, portanto, dentro da faixa sugerida como padrão normal (280 a 880 ng/dl) e acompanhando a tendência percentual indicada pelos estudos acima. Em estudo com corredores de 800m, os valores Tt, Tv, C e a razão T/C permaneceram estáveis com a redução da carga de trabalho em um primeiro período de *taper* de 6 dias e apresentaram aumento nos valores de Tt após um segundo período (MUJIKÁ et al., 1995). Tal elevação pode ser atribuída à eliminação do treinamento contínuo de baixa intensidade no período do *taper* (MUJIKÁ et al., 2002). Considerando a característica do microciclo que precedeu a primeira coleta no experimento (15h), de intensidade média de treinamento contínuo e volume médio de treinamento fracionado, os valores aqui encontrados para essas variáveis nos atletas fundistas de alto rendimento não confirmam a sugestão do estudo acima indicado. Para o cortisol, muitos autores não verificaram nenhuma alteração na concentração plasmática basal em atletas em *overtraining* (HOOGEVEEN & ZONDERLAND, 1996; URHAUSEN et al., 1998; UUSITALO, AL. et al., 1998) porém, outros observaram aumento (BARRON et al., 1985; ADLERCREUTZ et al., 1986), diminuição (HEDELIN et al., 2000) ou respostas variáveis (LEHMANN et al., 1992). Os valores médios $\pm$ EPM para o Cs8h equivalem-se com aqueles encontrados nos estudos citados.

Autores sugerem que uma diminuição superior a 30% na razão T/C indicaria estado de *overtraining* (ADLERCREUTZ et al., 1986). Embora alguns estudos constatarem alterações na razão T/C durante períodos de treinamento intenso (KIRWAN et al., 1988; VERVOON et al., 1991), a maioria dos pesquisadores não verificou tais alterações em uma série de atletas

incluindo corredores (FRY et al., 1991; VERDE et al., 1992; FLYNN et al., 1994) e nadadores (KIRWAN et al., 1988; FRY et al., 1991; FLYNN et al., 1994). Os estudos disponíveis na literatura sobre a razão T/C apresentam diferenças percentuais calculadas a partir de duas coletas para análise dos hormônios. São raros os trabalhos na literatura que apresentam os valores da razão T/C. De acordo com problemas causados pelo calendário de competições da temporada dos atletas participantes do presente estudo não foi possível analisar todos os parâmetros na segunda coleta de sangue (36h), impossibilitando o cálculo da diferença percentual da razão T/C. Com a falta desses dados, sugere-se uma limitação no estudo, embora a proposta em verificar os efeitos desses biomarcadores sobre os testes de Vcrit e MFEL nos atletas em questão tenha sido contemplada.

De acordo com os valores dos biomarcadores apresentados pelos atletas e aqueles encontrados na literatura, possivelmente, tais atletas não apresentaram sintomas de *overtraining* na fase de treinamento avaliada. Além disso, foi possível caracterizar as respostas dos biomarcadores após a aplicação de uma seqüência de testes para determinação de performance aeróbia. O comportamento da variável CK para esse grupo de atletas pode ser considerado um indicador de lesão do tecido muscular envolvido no estresse do exercício, mas não suficiente para um diagnóstico de *overtraining*, se analisado em conjunto com outros parâmetros. Essas respostas parecem ser características de um organismo adaptado ao exercício crônico, obviamente preocupante se períodos de recuperação adequados não forem respeitados. Estudos futuros são necessários para sustentação dessa hipótese.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLERCREUTZ H, HARKONEN M, KUOPASSALMI K, KARVONEN J. **Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their responses during physical exercise.** 1986, Int J Sports Med 7:27-28.

- BAPTISTA, C. A. S.; GHORAYEB, N.; DIOGUARDI, G. S. **Sobretreinamento**. In: GHORAYEB, N.; BARROS, T. (ed). **O Exercício**. São Paulo: Atheneu, p.313-320, 1999.
- BARRON GL, NOAKES TD, LEVY W, SMITH C, MILLAR RP. **Hypothalamic dysfunction in overtrained athletes**. 1985, J Clin Endocrinal Metab 60: 803-806.
- BENEKE R, HÜTLER M, LEITHÄUSER R. **Maximal lactate steady-state independent of performance**. Med. Sci. Sports Exerc 2000; 32:1135-9.
- 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. **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.
- BOMPA, T. O.; **Princípios do Treinamento**. Periodização: Teoria e Metodologia do Treinamento, 2º cap. 29-56, 2002.
- 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.
- DE SOUSA MJ, et al. **Gonadal hormones and semen quality in male runners**. Int J Sports Med 1994, 15: 383.
- FARREL PA et al. **Plasma lactate accumulation and distance running performance**. Med Sci Sports Exerc 1979; 11:338-44.
- FLYNN MG, PIZZA FX, BOONE Jr JB, et al. **Indices of training stress during competitive running and swimming seasons**. Int J Sports Med 1994, 15: 21-6.
- FRY RW, MORTON AR, KEAST D. **Overtraining in athletes, an update**. Sports Med 1991, 12: 32-65.

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.

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.

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

HALSON LS, LANCASTER GI, JEUKENDRUP AE, GLEESON M. **Immunological responses to overreaching in cyclists.** Med Sci Sports Exerc 2003, 35:854 – 86.

HALSON, S. L. et al. **Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists.** Journal of Applied Physiology, v.93, p.947-956, 2002.

HEDELIN R, KENTTÄ G, WIKLUND U, BIERLE P, HENRISSON-LARSEN K. **Short-term overtraining: effects on performance, circulatory responses, and heart rate variability.** 2000, Med Sci Sports Exerc 32: 1480-1484.

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

HOOGEVEEN AR & ZONDERLAND ML. **Relationships between testosterone, cortisol and performance in professional cyclists.** 1996, Int J Sports Med 17: 423-428.

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

HOOPER SL, MACKINNON LT, GORDON RD, BACHMANN AW. **Hormonal responses of elite swimmers to overtraining.** Med Sci Sports Exerc 1993, 25: 741 – 747.

HOUMARD JA, COSTILL DL, MITCHELL JB, et al. **Testosterone, cortisol and creatine kinase levels in male distance runners during reduced training.** Int J Sports Med 1990, 11:41-5.

KIRWAN JP, COSTILL DL, FYNN MG, MITCHELL JB, FINK WJ, NEUFER PD, HOUMARD JA. **Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers.** Med Sci Sports Exerc 1988, 20:167-175.

LEHMANN M, GASTMANN U, PETERSEN KG, BACHL N, SEIDEL A, KHALAF AN, FISCHER S, KEUL J. **Training-overtraining: performance and hormonal levels after a defined increase in training volume vs. intensity in experienced middle and long-distance runners.** 1992, Br J Sports Med 26:233-242.

LEHMANN, M. et al. **Overtraining in endurance athletes: a brief review.** Medicine and Science in Sports and Exercise, v.25, p.854-862, 1993.

LEHMANN, M. et al. **Training-overtraining: a prospective, experimental study with experienced middle and long distance runners.** International Journal of Sports Medicine, v.12, p.444-452, 1991.

LEHMANN, M.; WIELAND, H.; GASTMANN, U. **Influence of an unaccustomed increase in training volume vs intensity on performance, hematological and blood-chemical parameters in distance runners.** Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, v.37, p.110-116, 1997.

LEITZMANN L, JUNG K, SEILER D. **Effect of an extreme physical endurance performance on selected plasma proteins.** Int J Sports Med 1991, 12:100.

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.

MILLARD M, ZAUNER C, CADE R, et al. **Serum CPK levels in male and female world class swimmers during a season of training.** J Swimming Res 1985, 1: 12-6.

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.

MUJICA I, CHATARD J-C, PADILLA S, et al. **Hormonal responses to training and its tapering off in competitive swimmers: relationships with performance.** Eur J Appl Physiol 1996; 74: 361-6.

MUJICA I, GOYA A, PADILLA S, et al. **Physiological responses to a 6-day taper in middle distance runners: influence of training intensity and volume.** Med Sci Sports Exerc 2000; 32: 511-7.

MUJICA I, GOYA A, RUIZ E, et al. **Physiological and performance responses to a 6-day taper in middle-distance runners: influence of training frequency.** Int J Sports Med 2002; 23: 367-73.

MUJICA I, PADILLA S, PYNE D, BUSSO T. **Physiological changes associated with the pre-event taper in athletes.** Sports Med 2004, 34 (13): 891-927.

SILVA, A. S. R. et al. **Comportamento das concentrações séricas e urinárias de creatinina e uréia ao longo de uma periodização desenvolvida em futebolistas profissionais: Relações com a taxa de filtração glomerular.** Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v.12, p.1-6, 2006.

SILVA, A. S. R.; SANTHIAGO, V.; GOBATTO, C. A. **Compreendendo o *overtraining*: da definição ao tratamento.** Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, v.6, p.229-238, 2006.

URHAUSEN A, GABRIEL H, KINDERMANN W. **Impaired pituitary hormonal response to exhaustive exercise in overtrained endurance athletes.** 1998, Med Sci Sports Exerc 30: 407-414.

UUSITALO AL, UUSITALO AJ, RUSKO HK. **Endurance training, overtraining and baroreflex sensitivity in female athletes.** 1998, Clin Physiol 18: 510-20.

UUSITALO, ALT. **Overtraining: making a difficult diagnostic and implementing targeted treatment.** The Physician and Sports Medicine, v.29, p.178-186, 2001.

VERDE T, THOMAS SC, SHEPARD RJ. **Potential markers of heavy training in highly trained distance runners.** Br J Sports Med 1992, 26: 167-175.

VERVOON C, QUIST AM, VERMULST JM, ERICH WBM, DE VRIES WR, THUSSEN HH. **The behavior of the plasma free testosterone/cortisol ratio during a season of elite rowing training.** Int J Sports Med 1991, 12:257-263.

WHEELER GD. **Endurance training decreases serum testosterone levels in men without change in luteinizing hormone pulsatile release.** J Clin Endocrinol Metb 1991; 72:422.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Physiology of Sport and Exercise.** Champaign, IL: Human Kinetics. 1994.

YAMAMOTO Y, MUTOH Y, MIYASHITA M. **Hematological and biochemical indices during the tapering period of competitive swimmers.** In: UNGERECHTS BE, REISCHLE K, WILKE K, editors. Swimming science V. Champaign (IL): Human Kinetics, 1988:269-75.

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

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema central do presente estudo contemplou validações de instrumentos confiáveis e de fácil aplicabilidade para prescrição de cargas adequadas de treinamento, predição de velocidades de competição e monitoramento de intensidades para treinamento e competição para atletas de fundo de alto rendimento. Através desses mecanismos, foi possível estabelecer patamares confiáveis de carga, e predizer velocidades de corrida para zonas metabólicas aeróbia e anaeróbia, no treinamento e na competição.

No estudo 1, a partir de uma relação matemática entre dois testes de aptidão aeróbia, V_{crit} e MFEL, foi possível estabelecer e validar um instrumento de avaliação, predição e controle do desempenho aeróbio, de fácil aplicação e baixo custo. Os resultados encontrados para as cargas de trabalho nos dois testes mostraram correlação significativa entre elas, estabelecendo assim uma equação de predição com baixo erro de estimativa, sugerindo segurança em sua aplicação. Os valores de intensidade de carga e concentração de lactato sanguíneo encontrados para os atletas participantes nas avaliações foram equivalentes a outros estudos da literatura.

O protocolo do teste de MFEL foi realizado no modelo clássico, com 6 coletas de sangue ao longo dos 30 min de sua duração, e sugeriu certa limitação na aplicação a atletas de fundo de elevado rendimento. Tais atletas cumprem em suas rotinas sessões de treinamento intervaladas e estão fisiologicamente adaptados a essa sistemática. No estudo 2, foi possível estabelecer uma segunda equação de predição, entre a V_{crit} e MFEL - modelo simplificado

(coleta de sangue apenas no 10.º e 30º min), e conhecer a influência dessas pausas a partir da correlação entre o teste de MFELmc e MFELm. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cargas de trabalho encontradas nos dois testes. Dessa maneira, sugere-se que a equação obtida a partir da regressão linear entre os testes de Vcrit e MFELms apresenta maior especificidade quando aplicada a essa determinada população. O estudo 2 também contemplou a relação entre a Vcrit real e a velocidade de competição na distância de 10 km. Os resultados fornecem, de maneira simples e prática, a possibilidade de predição de intensidades de competição apenas a partir da realização do teste de Vcrit. Outro importante parâmetro pesquisado no estudo 2 foram os Tlim individuais dos participantes. Os tempos e distâncias encontrados para a carga de trabalho da MFELms no grupo de atletas possibilitará estudos futuros para predição de competições na distância de 15 km e meia maratona (21,097m), bem como apresentaram valores médios semelhantes aos relatados por outros autores.

A preocupação com o estado da forma física do participante do presente experimento foi importante para garantir a consistência da amostra. No estudo 3, coleta de sangue para análise de biomarcadores foi realizada na tentativa de identificar se os participantes apresentavam estado de *overtraining*, bem como para verificar os efeitos dos testes de Vcrit e MFEL nos valores de testosterona, cortisol, razão testosterona/cortisol, uréia, amônia e creatina quinase. Os valores de CK apresentaram índices elevados quando coletados 15 horas após uma sessão de treinamento, porém, sensivelmente reduzidos para padrões normais quando analisados 36 horas após uma sessão de treinamento. Todos os demais valores apresentaram-se dentro de padrões normais.

Atualmente, equipes multidisciplinares interagem para auxílio e apoio no treinamento do atleta de alto rendimento. Áreas do conhecimento como fisiologia, bioquímica, biomecânica e nutrição ocupam destaque nas estruturas desses atletas e

contribuem para a busca da melhora da performance. Porém, no Brasil, são poucos os atletas e treinadores que contam com estruturas como essa, buscando sempre alternativas para suprir necessidades de recursos tecnológicos e pecuniários. A utilização de novas metodologias implica em investimentos de recursos consideráveis, indisponíveis no momento para a maioria dos treinadores da modalidade no país.

Os programas de treinamento bem elaborados, sempre a partir de parâmetros confiáveis, maximizam as capacidades biomotoras que intervêm no processo do treinamento, evitam desgastes excessivos e possíveis lesões aos atletas e controlam as cargas de trabalho ao longo de toda a periodização, possibilitando ao atleta maior ganho de performance na competição alvo. Os instrumentos desenvolvidos no presente estudo, para uso fácil em qualquer parte do Brasil, com recursos mínimos, deverá representar grande fator de positivo impacto na sociedade atlética brasileira atual.

6. 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.

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.

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.
- 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.
- 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.; HOOGSTEEN, 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.
- 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 Lég  r-Boucher's test.** Art Int Physiology Biochim Biophys, 97:355-60. 1989.
- MADER, A.; LIESEN, H.; HECK, H.; PHILIPPI, H.; ROST, R.; SCH  RCH, P.P. & HOLLMANN, W. Zur **Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsf  higkeit 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. **Latic 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.

7. ANEXO

7.1 Anexo I - Termo de Consentimento para participação no estudo

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 subseqüentes, 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 subseqüentes. 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 25µL (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 subseqüentes. Nesse teste, os atletas correrão por 30 min, sendo coletadas amostras de sangue (25µL) 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 Limite individual (invasivo)**

A partir das intensidades encontradas no teste de Vcrit (Vcrit real) e da MFEL predita por equação matemática, serão determinados os Tlim 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 de carga (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 percentual 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

Prof. Dr. Cláudio Alexandre Gobatto

Data de nascimento:

Endereço:

Telefone para contato:

Pesquisador Responsável

Ricardo Antonio D'Angelo

Rua João Simões da Fonseca, 42

Campinas, SP – 13085-050

19-92992049