

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**VINÍCIUS DE CARVALHO ANDRADE**

**MÉTODOS DE VELOCIDADE CRÍTICA, LACTATO MÍNIMO E RAST  
NA DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS AERÓBIOS E  
ANAERÓBIOS EM CORREDORES: ANÁLISES TRANSVERSAIS E  
LONGITUDINAIS**

**PIRACICABA – SP**

**2011**

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**VINÍCIUS DE CARVALHO ANDRADE**

**Orientadora: Profa. Dra. Fúlvia de Barros Manchado Gobatto**

**MÉTODOS DE VELOCIDADE CRÍTICA, LACTATO MÍNIMO E RAST  
NA DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS AERÓBIOS E  
ANAERÓBIOS EM CORREDORES: ANÁLISES TRANSVERSAIS E  
LONGITUDINAIS**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Educação Física da Faculdade de Ciências da Saúde, da Universidade Metodista de Piracicaba, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Física na Linha de Pesquisa Movimento Humano e Esporte,

**PIRACICABA – SP**

**2011**

**VINÍCIUS DE CARVALHO ANDRADE**

**MÉTODOS DE VELOCIDADE CRÍTICA, LACTATO MÍNIMO E RAST  
NA DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS AERÓBIOS E  
ANAERÓBIOS EM CORREDORES: ANÁLISES TRANSVERSAIS E  
LONGITUDINAIS**

**Aprovado pela banca examinadora em 29 de julho de 2011**

**Banca Examinadora:**

---

**Profª Drª Fúlvia de Barros Machado Gobatto**

Faculdade de Ciências da Saúde – FACIS  
Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP

---

**Prof Dr Marcelo Papoti**

Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT  
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP  
Campus de Presidente Prudente

---

**Profª Drª Rozangela Verlengia**

Faculdade de Ciências da Saúde – FACIS  
Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Ana e Messias

Que sempre me apoiaram, sem restrições, e me ensinaram a ser a pessoa que sou hoje. Que me incentivaram durante toda a minha vida e não mediram esforços para que fosse possível alcançar mais esse objetivo. Muito Obrigado.

Amo vocês

Aos meus irmãos, Janaína e Jonas, e respectivos cônjuges, Sérgio e Fernanda

Sem vocês, nada disso seria possível. Muito obrigado por tudo.

Amo vocês

À minha amada Renata

Que é minha fonte de energia, minha inspiração. Seu apoio e companheirismo foram essenciais. Muito obrigado “Linda”.

Amo você

À minha querida avó Isa

Meu exemplo de vida. Apesar de ter nos deixado há tão pouco tempo, sei que estará ao meu lado, agora e sempre, assim como fez em vida.

Amo você

A todos os amigos e familiares que me deram apoio

Muito Obrigado

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de aproveitar esse momento para agradecer todas as pessoas que tiveram participação direta ou indireta na minha vida ao longo desses dois últimos anos. Vocês certamente contribuíram para esse momento:

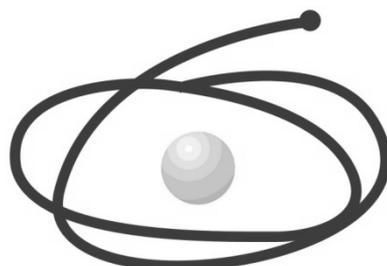
Aos professores do curso de Educação Física, em especial à Professora Fúlvia Gobatto, uma profissional extremamente competente e uma pessoa excepcional, pela dedicação, paciência e amizade.

Aos colegas de Mestrado, que compartilharam comigo todas as alegrias e dificuldades.

A todos que auxiliaram e participaram das avaliações de campo e no desenvolvimento de todo meu estudo, pela ajuda e disponibilidade.

A todos que participaram ativamente da minha vida durante esse período de decisão, ingresso, dedicação e conclusão do curso de Mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior” – CAPES – Brasil.



**C A P E S**

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS .....	i
LISTA DE FIGURAS .....	ii
LISTA DE TABELA .....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	5
3. REVISÃO DA LITERATURA .....	6
3.1. ATLETISMO (CORRIDA) .....	6
3.2. LACTATO SANGUÍNEO .....	7
3.3. EQUILÍBRIO AERÓBIO-ANAERÓBIO .....	9
3.4. LACTATO MÍNIMO .....	10
3.5. VELOCIDADE CRÍTICA .....	12
3.6. <i>RUNNING ANAEROBIC SPRINT TEST</i> .....	14
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	16
4.1. PARTICIPANTES .....	16
4.2. DESENHO EXPERIMENTAL .....	17
4.3. MODELO DE VELOCIDADE CRÍTICA .....	19
4.4. <i>RUNNING ANAEROBIC SPRINT TEST</i> .....	20
4.5. TESTE INCREMENTAL .....	22
4.6. DETERMINAÇÃO DO LACTATO MÍNIMO .....	22
4.7. ANÁLISE BIOQUÍMICA .....	24
4.8. DETERMINAÇÃO DO SUCESSO PARA O LACTATO MÍNIMO .....	25
4.9. CÁLCULO DAS ÁREAS SOB A CURVA .....	25
4.10. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	26
5. RESULTADOS .....	28

<b>6. DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>54</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

**[Lac]:** Concentração de lactato

**ASC:** Área sob a curva

**ATP:** Adenosina trifosfato

**CCA:** Capacidade de corrida anaeróbia

**CTA:** Capacidade de trabalho anaeróbio

**IF:** Índice de fadiga

**Lac:** Lactato

**Lacmin:** Lactato mínimo

**Lacpic:** Lactato pico

**Lacrep:** Lactato de repouso

**Lan:** Limiar anaeróbio

**MFEL:** Máxima fase estável de lactato

**OBLA:** *Onset blood lactate* (concentração fixa de lactato)

**Pcrit:** Potência crítica

**Pmáx:** Potência máxima

**Pmed:** Potência média

**Pmin:** Potência mínima

**RAST:** *Running anaerobic sprint test* (teste anaeróbico de corrida máxima)

**TI:** Teste Incremental

**Tlim:** Tempo limite ou tempo de exaustão

**Vcrit:** Velocidade crítica

**Vlacmin:** Velocidade referente ao lactato mínimo

**VO<sub>2máx</sub>:** Consumo máximo de oxigênio

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Períodos de realização das avaliações, no primeiro semestre de 2010.  
..... p. 18
- Figura 2.** Desenho experimental do estudo ..... p. 19
- Figura 3.** – Exemplo do modelo matemático utilizado no presente estudo para obtenção dos valores de  $V_{crit}$  e CCA. Dados obtidos a partir de um dos participantes  
..... p. 20
- Figura 4.** Esquema ilustrativo da pista de atletismo, com indicação do ponto do local de realização do *RAST* ..... p. 21
- Figura 5.** Exemplo do modelo matemático utilizado no presente estudo para obtenção dos valores de  $Lacmin$  e  $Vlacmin$ . Os dados acima expostos foram obtidos por um dos participantes ..... p. 23
- Figura 6.** Esquema gráfico ilustrando como foram obtidos as áreas sob as curvas de progressão percentual (x, y e z), coordenada vertical, para cada variável identificada no estudo nos três momentos de avaliação (A, B e C), coordenada horizontal, podendo-se identificar as áreas parciais (1 e 2), delimitadas por linhas tracejadas, e área total de progressão (3)  
..... p. 26

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Características biométricas ao início do protocolo experimental, gênero, tempo de treinamento e prova realizada para cada atleta ..... p. 16
- Tabela 2.** Médias dos resultados encontrados para Vcrit, Vlacmin, Lacmin, Lacpic, Lacmin, Lacrep e  $R^2$  para curva de regressão do Lacmin ..... p. 28
- Tabela 3.** Média dos resultados encontrados para as variáveis anaeróbias Pmax, Pmin, Pmed, IF e CCA ..... p. 29
- Tabela 4.** Apresentação dos resultados separados em agrupamento de sucesso e insucesso do método de Lacmin para valor de n, participantes e percentual,  $R^2$ , Lacrep, Lacpic e Lacmin ....  
..... p. 29
- Tabela 5.** Resultados dos testes de Lacmin de insucesso para o cumprimento dos requisitos exigidos:  $R^2$ , U+, C4 e L4 ..... p. 29
- Tabela 6.** Correlação entre as variáveis Lacrep, Lacpic, Lacmin,  $R^2$ , Vlacmin e Vcrit ..... p. 30
- Tabela 7.** Comparações entre os resultados das áreas sob a curva entre fundistas e velocistas e entre os gêneros masculino e feminino, para as áreas 1, 2 e 3 ..... p. 31
- Tabela 8.** Comparações entre os resultados das áreas sob a curva para fundistas, velocistas e para ambos os gêneros ..... p. 31
- Tabela 9.** Médias dos resultados para as áreas sob a curva de progressão das variáveis IF, Pmax, Pmed, Pmin, CCA, Lacrep, Vlacmin, Lacmin e Lacpic, separadas para velocistas e fundistas ..... p. 32
- Tabela 10.** Médias dos resultados para as áreas sob a curva de progressão das variáveis IF, Pmax, Pmed, Pmin, CCA, Lacrep, Vlacmin, Lacmin e Lacpic, separadas para os gêneros feminino e masculino ..... p. 33

## RESUMO

A verificação da intensidade de transição aeróbia/anaeróbia pode ser realizada por meio de procedimentos invasivos, como o Lactato Mínimo (Lacmin) e por métodos não invasivos, como a Velocidade Crítica (Vcrit). Para obtenção de parâmetros anaeróbios é possível citar o *Running Anaerobic Sprint Test (RAST)* e a Capacidade de Corrida Anaeróbia (CCA). Não há na literatura informações sobre a taxa de sucesso do Lacmin, bem como o uso do *RAST* na primeira fase do método, em corredores, ou a utilização da Vcrit na identificação das intensidades do Teste Incremental (TI). Além disso, estudos que se propõem analisar longitudinalmente os resultados desses testes também são escassos. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar as capacidades aeróbia e anaeróbia em corredores, identificando a existência de sensibilidade das variáveis ao treinamento, as distinções desses parâmetros para atletas de diferentes especialidades e gêneros, além de analisar a taxa de sucesso do protocolo de Lacmin. Foram avaliados 10 atletas corredores, obtendo 27 resultados para as avaliações do Lacmin, velocidade equivalente ao Lacmin (Vlacmin), Vcrit, CCA e para cada parâmetro indicado pelo *RAST*. Foram analisadas as variáveis Lacmin, Lactato pico (Lacpic), Vlacmin, Vcrit, CCA e Lactato de repouso, além da área sob a curva de cada uma das variáveis para os três momentos de avaliação realizados. Foi encontrada taxa de sucesso de 85,20% para o protocolo de Lacmin proposto e alta correlação entre a Vcrit e a Vlacmin. A utilização do *RAST* foi eficaz para gerar parâmetros necessários à identificação do Lacmin e o uso do modelo de Vcrit possibilitou adequada escolha das intensidades do TI. Foi identificada sensibilidade ao treinamento para as variáveis Lacpic e Lacmin para fundistas e velocistas, Potência mínima, para velocistas, Vcrit, para ambos os gêneros, Lacmin e Vlacmin, para o gênero masculino. Não houve diferenças na evolução das variáveis entre as especialidades estudadas. Entre os gêneros, somente Lacpic mostrou ser diferente. A partir dos dados obtidos, conclui-se que protocolo de Lacmin aplicado à corrida, com o *RAST* na fase de indução e TI em pista, com velocidades baseadas na Vcrit, pode ser utilizado em corredores, apresentando elevado percentual de sucesso. Já o teste de Vcrit não se mostrou capaz de identificar a Vlacmin, mas parece ser uma interessante ferramenta para acompanhamento das evoluções da Vlacmin ao longo do treinamento. O método de análise longitudinal proposto foi capaz de identificar variáveis que sofreram influência do treinamento, mas não detectou quais seriam mais ou menos sensíveis para as especialidades estudadas.

**Palavras-chave:** Ácido Lático; Limiar Anaeróbio; Corrida; Desempenho Atlético.

## ABSTRACT

The verification of the aerobic/anaerobic intensity transition can be performed using invasive procedures, such as the lactate minimum (Lacmin) and non-invasive methods, such as the critical velocity (Vcrit). To obtain anaerobic parameters, the Running Anaerobic Sprint Test (RAST) and the Anaerobic Running Capacity (CCA) can be highlighted. No information is identified at the literature about the success rate of Lacmin as well as the use of RAST in the first phase of the method, in runners, or about use of the Vcrit to identifying the velocities of the incremental test (TI). In addition, studies designed to analyze long term results generated by these tests are also scarce. The objective of this study was to evaluate the aerobic and anaerobic capacities on runners, identifying sensitivity variables to the training, the distinctions between these parameters for athletes of different specialties and genres, and analyze the success rate of the protocol Lacmin. We evaluated 10 runners, getting 27 results for assessments Lacmin, velocity equivalent to Lacmin (Vlacmin) Vcrit, CCA and for each parameter indicated by RAST. The variables analyzed were Lacmin, peak of lactate (Lacpic) Vlacmin, Vcrit, CCA, Lactate of rest, and the area under the curve of each of the variables for the three stages of evaluation was performed. Was Found 85.20% to the success rate for the proposed Lacmin protocol and high correlation between Vcrit and Vlacmin. The RAST was effective to generate needed parameters to identify the Lacmin and the use of the Vcrit allowed appropriate choice of the intensities of TI. Sensitivity to the training has been identified for the variables Lacpic and Lacmin for sprinters and distance runners, Minimum power for sprinters, Vcrit, for both genders, and Lacmin and Vlacmin for males. There were no differences in the evolution of the variables studied between the specialties. Among genders, only Lacpic showed difference. We conclude that Lacmin protocol applied to runners with the induction phase by RAST and TI on running track with speeds based on Vcrit can be used featuring a high percentage of success. On the other hand Vcrit was not able to identify the Vlacmin, but appears to be an interesting tool for monitoring the developments of Vlacmin during the training. The proposed method of longitudinal analysis was able to identify variables that were influenced by the training, but could not detect which ones are more or less sensitive to the specialties studied.

**Keywords:** *Lactic Acid; Anaerobic Threshold; Running; Athletic Performance.*

## 1. INTRODUÇÃO

O atletismo é uma modalidade de acentuada evolução nos últimos anos. Pode-se atribuir esses avanços, em parte, aos aspectos diferenciados e significantes das metodologias de treinamentos adotadas, além de desenvolvimentos técnicos e táticos embasados nas respostas adaptativas dos atletas, proporcionando uma grande modificação no desempenho atlético.

As provas de corrida de velocidade são classificadas como as distâncias compreendidas entre 100 e 400 metros. O meio-fundo é interpretado como provas que variam de 800 a 1500 metros e as provas de fundo, compreendem as distâncias entre 3000 metros à maratona (Vieira e Freitas, 2007).

Nesse sentido, identificando características específicas aos atletas velocistas, meio-fundistas ou fundistas, é possível efetuar prognósticos, programação, elaboração e implementação de programas de treinamento mais adequados. Para identificação dessas características é necessária uma análise detalhada e cautelosa dos parâmetros fisiológicos que possam informar sobre as capacidades físicas desses atletas. Esses parâmetros por sua vez, podem apresentar importância ou sensibilidade diferente ao se avaliar corredores de diferentes provas.

Assim, avaliar as capacidades físicas torna-se fundamental para a efetiva prescrição e acompanhamento das respostas físicas, fisiológicas e motoras frente ao treinamento imposto. Desse modo, o adequado emprego de protocolos de avaliação se faz necessário para a conquista de melhores resultados.

Além da adequada escolha dos métodos de avaliação a serem usados, é importante que esses testes apresentem tarefas motoras similares às que são desenvolvidas na modalidade

e/ou tenham sensibilidade às pequenas modificações promovidas pelo treinamento, além de apresentarem aplicabilidade durante a periodização realizada.

A transição de predominância entre o metabolismo aeróbio e anaeróbio, determinada pela resposta lactacidêmica durante o exercício, é aceito como um dos métodos de avaliação mais precisos para mensuração da capacidade aeróbia (Santhiago et al., 2008). Além disso, parece ser sensível ao treinamento e um bom preditor de desempenho aeróbio (Silva et al., 2005).

Dentre os métodos existentes, o teste de Lactato Mínimo (Lacmin) parece promissor, já que busca identificar a intensidade referente à transição aeróbio-anaeróbia em uma única sessão de teste com reduzidas coletas sanguíneas (Sotero et al., 2007), podendo identificar também parâmetros anaeróbios (Tegtbur, 1993).

Já em relação aos métodos não invasivos, o modelo de potência crítica (Pcrit), o qual foi adaptado à avaliação da velocidade crítica (Vcrit), tem se apresentado como um método capaz de inferir sobre a capacidade aeróbia (Hill, 1993), predizer o rendimento aeróbio (McLellan e Cheung, 1992), apresentando também sensibilidade ao treinamento (Jenkins e Quigley, 1992; Jenkins e Quigley, 1993). Ainda em estudo, e com o significado fisiológico questionável, outro parâmetro obtido pela Vcrit é a capacidade de trabalho anaeróbia (CTA), denominada de capacidade de corrida anaeróbia (CCA), quando se avalia o exercício de corrida, que aparentemente representa um estoque energético anaeróbio, utilizado após o exercício ter alcançado a transição aeróbia-anaeróbia (Monod e Scherrer, 1965).

Dentre os métodos de avaliação que determinam parâmetros anaeróbios, pode-se destacar como testes específicos à corrida, o teste de corrida atada (Zemkova e Hamar, 2004) e o *Running Anaerobic Sprint Test (RAST)* (Zacharogiannis et al., 2004; Zagatto et al., 2009). O *RAST* é caracterizado por simples execução e apresenta baixos custos operacionais, o que favorece sua utilização para avaliar as capacidades anaeróbias de atletas (Zagatto et al., 2009).

Vários são os estudos utilizando o Lacmin em corredores (Tegtbur et al., 1993; Carter et al., 1999a e 1999b; Santhiago et al., 2008; Ribeiro et al., 2008), mas as diferenças metodológicas dificultam a comparação entre seus achados, sendo necessários ainda mais estudos para que se possa esclarecer as divergências existentes na literatura. As diferenças aparecem tanto nos procedimentos utilizados na fase de indução à hiperlactacidemia, quanto no tipo de atividade realizada durante o teste incremental (TI), ambos necessários ao método.

Santhiago et al. (2008) identificaram que os resultados obtidos pela realização da fase de indução na esteira foram diferentes do limiar anaeróbio (Lan) obtido por concentração fixa (OBLA). Essa diferença não existiu no protocolo realizado em pista, o que possivelmente corrobora com a importância da utilização do método de maneira mais específica à modalidade. De acordo com a especificidade da corrida, a utilização do *RAST* e do teste incremental em pista de atletismo parece se aproximar bastante das atividades desempenhadas por esses atletas.

Por ser um método relativamente recente, não foram encontrados na literatura estudos que abordem o potencial de sucesso ou a eficácia na determinação do Lacmin em corredores, tampouco trabalhos envolvendo esse tipo de exercício utilizando o *RAST* como indutor à hiperlactacidemia de corredores avaliados por Lacmin.

Avaliações que objetivem também a identificação da intensidade de exercício durante a transição metabólica, talvez possam ser usadas para padronizar seletivamente as intensidades utilizadas no TI, uma vez que, pode-se encontrar na literatura a influência das cargas impostas no TI sobre determinação do Lacmin (Carter, 1999a).

O modelo de  $V_{crit}$  se destaca para esse fim, já que é um método não invasivo, de simples aplicação, que busca justamente a identificação desse momento de transição energética (Monod e Scherrer, 1965) e para somar, de acordo com a revisão literária realizada, parece ainda não ter sido comparado ao Lacmin em corredores. Além disso, o modelo de

Verit ainda gera resultado sobre parâmetros anaeróbios por meio da CCA, podendo esses serem comparados aos parâmetros anaeróbios sugeridos pelo *RAST*.

Para todas as variáveis encontradas pelos métodos de avaliação supracitados, os resultados consistem, em quase sua totalidade, de análises transversais. Isto ocorre por que estudos longitudinais que utilizam métodos de avaliação mais específicos para identificação das capacidades aeróbia e anaeróbia de atletas apresentam várias dificuldades ou impossibilidades em sua execução, o que favorece a maior produção de conhecimentos baseados em estudos transversais.

Desse modo, análises longitudinais dos parâmetros aeróbios e anaeróbios citados anteriormente são reduzidas, o que dificulta a identificação da existência de variáveis mais ou menos sensíveis ao treinamento quando comparadas entre si ou entre atletas corredores com diferentes exigências físicas.

Sabe-se que estudos epidemiológicos comumente utilizam recursos baseados em análise de área sob a curva (ASC), para determinar alterações de uma determinada variável ao longo do tempo, bem como criar índices críticos dessas alterações.

Em estudos relacionados ao esporte, praticamente não há a utilização desses recursos. Dessa forma, talvez a utilização desses métodos de análises longitudinais de resultados, que abordem tanto testes de desempenho quanto de respostas fisiológicas, possam fornecer informações que possam elucidar alguns questionamentos não respondidos por análises transversais.

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo Geral:

- ✓ Avaliar capacidades aeróbia e anaeróbia em corredores, identificando as distinções significantes desses parâmetros para atletas de diferentes especialidades na modalidade e analisar a efetividade dos métodos de avaliação fisiológica invasiva e não invasiva utilizados.

### Objetivos Específicos:

- ✓ Investigar o protocolo de Lactato Mínimo como método de avaliação no atletismo, utilizando o *RAST* como indutor à hiperlactacidemia e teste incremental em pista, analisando sua taxa de sucesso.
- ✓ Averiguar a utilização do modelo velocidade crítica na determinação das intensidades utilizadas no teste incremental do método de lactato mínimo;
- ✓ Comparar os achados obtidos sobre a intensidade de exercício referente à transição aeróbia-anaeróbia pelos métodos de velocidade crítica e lactato mínimo;
- ✓ Propor método de análise longitudinal de variáveis aeróbias e anaeróbias obtidas ao longo do treinamento;

### **3. REVISÃO DA LITERATURA**

#### **3.1. Atletismo (corrida)**

O atletismo é uma modalidade esportiva que está em permanente ascensão e por isso, modificações decorrentes de sua evolução podem ser evidenciadas a partir de marcas de desempenho expressivas, como a redução abrupta de tempos de prova nas corridas de velocidade e fundo. Essas modificações podem ser decorrentes de diversos fatores, dentre elas a inserção de melhores métodos de treinamento, específicos para serem atingidas as marcas necessárias e utilização de estratégias técnicas e táticas pelo atleta (Billat, 2005). Essas mudanças, tanto no atletismo, quanto em outras modalidades, são decorrentes de um processo de desenvolvimento de conhecimento e aplicações nas várias áreas envolvidas com o esporte, como a fisiologia do exercício, biomecânica, psicologia do esporte, entre outras.

Enfatizando especialmente as provas de corrida inerentes ao atletismo, é possível classificarmos os atletas em três tipos: velocistas, meio-fundistas e fundistas. São classificados como velocistas, atletas que realizam provas com distâncias compreendidas entre 100 e 400 m. O meio fundista é o atleta que executa provas que variam de 800 à 1500 m ou 3000 m. Provas caracteristicamente aeróbias, ou também denominadas de fundo, compreendem as distâncias entre 3000 m ou 5000 m, à maratona, realizadas pelos chamados fundistas (Vieira e Freitas, 2007).

Para atletas envolvidos com provas de velocidade, a predominância energética responsável pela ressíntese de adenosina trifosfato (ATP) é anaeróbia (Westerbland et al., 2002; Fitts et al., 1991). Em consonância com o verificado em atletas velocistas, os fundistas também são suscetíveis a grandes modificações promovidas pelo treinamento físico, porém, outros aspectos parecem determinar o sucesso para esse tipo de corredores. A via energética predominante no fornecimento de energia para corridas com elevado volume é a aeróbia.

Desse modo, a elevação no consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) e no limiar anaeróbio (Lan) são fundamentais para o sucesso nesse tipo de provas.

Sendo assim, métodos de avaliação que informem de maneira efetiva sobre as capacidades aeróbia e anaeróbia dos atletas são fundamentais para o aprimoramento do treinamento e conseqüentemente elevação do rendimento do atleta. Quanto mais direcionados à especificidade da modalidade esportiva e sensíveis às alterações ao longo do treinamento, mais eficazes serão os métodos de avaliação.

### **3.2. Lactato sanguíneo**

O lactato é um metabólito produzido, entre outros tecidos, nos músculos esqueléticos, podendo ser consumido, liberado na corrente sanguínea ou acumulado nas fibras musculares. Sua produção ocorre pela aceleração da glicólise para produção de ATP, na atividade muscular, ou pela maior capacidade glicolítica em relação à capacidade oxidativa na busca do fornecimento dessa energia (Juel, 2001).

Quando a via anaeróbia é ativada em exercícios de alta intensidade e curta duração, diminuindo a eficiência do uso de oxigênio e proporcionando utilização da glicose por via glicolítica anaeróbia, o lactato é liberado na corrente sanguínea por meio de proteínas monocarboxilatos denominadas de MCTs (Aguiar, 2009).

Essas proteínas carreadoras de lactato possuem papel central no metabolismo da glicose e na comunicação entre células e tecidos, promovendo transporte do lactato e possibilitando sua integração com metabolismo energético glicolítico e oxidativo, promovendo também o substrato para gliconeogênese e lipogênese (PHILP et al., 2005; BROOKS, 2007).

Por meio dos MCTs é possível o transporte de lactato entre citoplasma e mitocôndria, músculo e sangue, sangue e músculos (Brooks, 2000). Sua remoção no sangue é

também realizada por vários tecidos tais como fígado, rins, coração (Roth, 1991), pulmões, cérebro, testículos e ovários (Aguiar, 2009), podendo ser removido por tecidos mais ou menos ativos (Gladden, 2000; Brooks 2000).

Durante o exercício físico foi observado que o lactato intramuscular e sua liberação na corrente sanguínea aumentam. Apesar disso, a relação entre a produção e remoção é variável de acordo com o tipo de intensidade do esforço. Na atividade física intensa foi observada uma transferência constante da concentração do metabolito do músculo para o sangue, diferentemente da atividade física leve e prolongada, na qual identificou-se um aumento da concentração sanguínea de lactato no início seguido de redução desses valores, até a aproximação das concentrações de repouso, se houver continuidade do exercício por uma a duas horas (Roth, 1991).

Além disso, foi identificado que durante o exercício progressivo, em atletas treinados ou indivíduos bem condicionados, o Lan identificado por concentração fixa de lactato foi associado a uma maior capacidade de remoção do músculo durante o exercício e na recuperação (Oyono-Enguelle et al., 1990). Somando-se a esses achados, Coggan et al. (1993) encontraram redução do lactato sanguíneo, para mesma carga, após programa de 12 semanas de exercício prolongado com intensidade de 60% do  $VO_{2máx}$ , sugerindo uma adaptação oxidativa ao exercício.

Já segundo Powers e Howley (2000), o equilíbrio entre produção e remoção de lactato (Lan) em indivíduos sedentários corresponde à intensidade de 50% à 60% do  $VO_{2máx}$ , diferentemente do limiar na faixa de 65% à 85% do  $VO_{2máx}$ , apresentado por indivíduos altamente treinados. Em intensidades superiores a esses percentuais, há grande propensão da produção lactacidêmica ser maior que a sua remoção (Mader e Heck, 1986).

Desse modo, é possível identificar o lactato sanguíneo como metabólito indicador da intensidade de exercício e que sua redução em mesma intensidade de trabalho, após um

período de treinamento, indica uma adaptação crônica positivo da atividade física, especialmente sobre o metabolismo oxidativo (Harnish et al., 2001).

Devido às suas concentrações sanguíneas estarem elevadas em exercícios com intensidades superiores ao Lan e reduzidas em intensidades moderadas, é sugerida utilização do lactato como parâmetro preditivo para o rendimento esportivo, bem como para indicação das intensidades ideais de exercício e acompanhamento do treinamento. Além disso, esse metabólito apresenta elevada sensibilidade frente aos programas crônicos de exercício físico.

A partir de todas as observações a respeito das concentrações de lactato sanguíneo durante o exercício foi possível o desenvolvimento de vários protocolos de avaliação (Kinderman et al., 1979; Wasserman e McIlroy, 1964; Sjödín e Jacobs, 1981; Tegtbur, 1993) que objetivam a determinação do momento de inversão da predominância metabólica aeróbio-anaeróbia.

### **3.3. Equilíbrio aeróbio-anaeróbio**

Em 1964, Wasserman e McIlroy (1964) sugeriram o termo limiar anaeróbio para definir o momento de “transição” energética aeróbio-anaeróbia. Posteriormente, Kinderman et al. (1979), estudando essa transição, observaram a mudança da predominância entre os metabolismos quando a concentração sanguínea de lactato encontra-se entre 2,0 e 4,0 mM, relatando ainda a existência de um limiar aeróbio em concentração próxima a 2,0 mM e limiar anaeróbio próxima ao valor 4,0 mM de lactato.

Em 1981, Sjödín e Jacobs encontraram o valor 4,0mM como concentração de lactato para o exercício aeróbio, denominando a respectiva intensidade de “*onset of blood lactate accumulation*” (OBLA), ou simplesmente, Lan por concentração fixa de lactato. Posteriormente, Heck et al. (1985), observando o comportamento do lactato em cargas constantes também verificaram que a máxima fase estável de lactato sanguíneo em humanos

ocorreu em concentração 4,0 mM, com um desvio de  $\pm 1,5$  mM, confirmando a hipótese de Kinderman et al. (1979) e Sjödin e Jacobs (1981). Diversos estudos com humanos reportam a possibilidade de utilização da intensidade de exercício referente ao  $\dot{V}_{O_2}$  determinado por concentração fixa como período de transição entre os metabolismos aeróbio e anaeróbio, indicando alta correlação desse valor identificado por lactacidemia aos limiares obtidos por ergoespirometria (Jones e Doust, 1998, Gaskill et al., 2001).

Por outro lado, sabe-se que a concentração de lactato sanguíneo durante a transição aeróbia/anaeróbia pode apresentar grande variabilidade inter-indivíduos (1,4 a 7,5 mM) (Stegmann et al., 1981). Assim, destaca-se a importância de métodos que identifiquem individualmente tanto a concentração de lactato sanguíneo quanto a intensidade do exercício durante essa zona de transição.

Atualmente, o método considerado padrão-ouro para identificar esses parâmetros é a máxima fase estável de lactato (MFEL), definida como a mais alta intensidade na qual o metabolismo aeróbio ainda se encontra em equilíbrio com o anaeróbio, durante exercícios de carga constante (Beneke, 1995; Beneke, 2003; Bilatt et al., 2003). Apesar de ser considerado como padrão-ouro, esse é um método de alto custo operacional e demorado, podendo interferir na rotina do treinamento (Beneke et al., 2003; Bilatt et al., 2003).

### **3.4. Lactato Mínimo**

O teste do lacmin é considerado por alguns autores como um método válido, reprodutível e confiável (Tegtbur et al., 1993; Ribeiro et al., 2003), além de versátil, haja vista os estudos que recentemente vem adaptando-o às diversas modalidades esportivas (MacIntosh et al., 2002; Ribeiro et al., 2003; Zagatto et al., 2004; Araújo et al., 2006; Roseguini et al., 2008). Uma de suas vantagens em relação a outros testes é a fácil aplicação do método e possibilidade de maior especificidade, já que é realizado no próprio ambiente de

treinamento/competição, em uma única sessão de teste e com reduzido número de coletas sanguíneas (Sotero et al., 2007). Somando-se a essas informações, vários estudos têm mostrado a validade do método de Lacmin na identificação da intensidade correspondente à MFEL e ao Lan (Bacon & Kern, 1999; Campbell, 1998; Simões et al., 1998; Macintosh et al., 2002; Simões et al., 2005; Sotero et al., 2007; Johnson, et al., 2009).

Apesar disso, pode-se encontrar na literatura informações contraditórias com relação à sensibilidade do teste ao treinamento, como mostram os resultados de Carter et al. (1999b), no qual não foi observado, em corredores, melhora na intensidade de Lacmin após um período de treinamento, mesmo havendo modificações positivas do limiar ventilatório. Outro levantamento efetuado pelos mesmos autores foi que o protocolo do Lacmin é dependente das cargas iniciais durante a aplicação do teste incremental (Carter et al., 1999a) e que isso invalidaria sua utilização.

O teste foi apresentado no meio esportivo originalmente por Tegtbur et al. (1993), que preconizam a realização de esforços máximos por breve período de tempo, capazes de elevar demasiadamente a lactacidemia, resultando em um estado hiperlactacidêmico do organismo. Foram realizadas para isso, duas corridas exaustivas consecutivas. Posteriormente, após 8 minutos de recuperação, o avaliado é submetido a um teste progressivo executado em esteira rolante, com coletas de sangue sendo obtidas para posterior análise da curva lactacidêmica. No teste do Lacmin, a curva de lactato sanguíneo pode ser expressa pelo formato de “U”. O valor mínimo de lactato verificado no teste, bem como a intensidade de exercício equivalente a esse ponto, supostamente indica a intensidade de transição metabólica aeróbia-anaeróbia, uma vez que ele, teoricamente representa a máxima intensidade de exercício na qual a produção de lactado é igual a sua remoção (Tegtbur et al., 1993, Jones e Doust, 1998, Ribeiro et al., 2003, Ribeiro et al., 2008).

Mais recentemente, estudos vêm sendo realizados utilizando modelos matemáticos (ex.: função polinomial) ao invés de inspeções visuais, para ajuste da curva de lactato sanguíneo durante o teste incremental, gerando mais fidedignidade na identificação da intensidade correspondente ao Lacmin (Macintosh et al., 2002; Voltarelli et al., 2002; Ribeiro et al., 2004). Adaptações metodológicas também têm sido realizadas para avaliação específica de modalidades esportivas como o protocolo adaptado à avaliação do basquetebol (Araújo et al., 2006), tênis de mesa (Zagatto et al., 2004), natação (Ribeiro et al., 2003) e handebol (Roseguini et al., 2008) entre outros.

Simões et al. (2005) relataram que o protocolo de Lacmin é válido para avaliações em corredores e para predição de desempenho em corridas de distância. O mesmo parece ser apresentado pelos estudos mais recentes que concluem positivamente para a validade do método (Sotero et al., 2007; Johnson et al., 2009), além da não dependência em relação ao protocolo de indução à acidose metabólica (Smith et al., 2002). Em contrapartida, ainda são necessárias mais investigações nas diversas modalidades esportivas, visto que alguns autores, como citado anteriormente, ainda apontam o método como incapaz de estimar a intensidade correspondente ao Lan e MFEL (Carter et al., 1999a), além de apresentar baixa sensibilidade às alterações induzidas pelo treinamento (Carter et al., 1999b).

Levando em consideração as características relatadas sobre o método de Lacmin e a existência de único estudo (Araújo et al., 2007), abordando taxas de sucesso desse teste, em ratos. É de suma importância a definição da taxa de sucesso para humanos, bem como a identificação de variáveis que se relacionem ao sucesso ou ao insucesso do teste, sejam elas relacionadas à primeira fase do teste ou ao TI.

### 3.5. Velocidade Crítica

Procedimentos invasivos para a análise das variáveis fisiológicas permitem a obtenção de resultados precisos que fornecem subsídios para identificação do metabolismo predominante durante o esforço. Por outro lado, há evidências de que é possível determinar a transição de utilização do metabolismo aeróbio para anaeróbio simplesmente através da relação entre intensidade de esforço e sua duração até a exaustão, que se manifesta através de uma função hiperbólica (Monod e Scherrer, 1965). O ajuste da função para dados experimentais revelou a existência de uma assíntota, denominada  $P_{crit}$ , que corresponde, teoricamente, a mais alta intensidade em que o exercício pode ser realizado sem exaustão, portanto representando uma capacidade aeróbia. Acima dessa potência, há a utilização de um estoque limitado de energia anaeróbia para atender as necessidades adicionais do esforço. Segundo o modelo, esgotamento desse estoque, denominado CTA, conduz o executante à exaustão (Bishop et al., 1998). Dessa forma, o modelo de  $P_{crit}$  apresenta a vantagem de determinar, por método matemático, tanto a capacidade aeróbia ( $P_{crit}$ ), quanto o estoque de energia anaeróbia (CTA) do avaliado. Segundo Hill et al. (2002) e Gaesser e Poole (1996), a  $P_{crit}$  também caracteriza a intensidade de transição entre os metabolismos.

A metodologia empregada na determinação da  $P_{crit}$  e CTA é simples e não invasiva, sendo necessários apenas um cronômetro e um ergômetro. O protocolo consiste na realização de esforços máximos executados em um ergômetro, no qual é verificado o tempo de exercício limite em cada intensidade. Controvérsias quanto ao número de esforços ideal são encontradas na literatura. Segundo Hill (1993) e Bishop et al. (1998) três cargas exaustivas distintas são suficientes para tal determinação, desde que o tempo limite de exercício encontre-se entre um e 10 minutos.

Em humanos, o parâmetro aeróbio do modelo de  $P_{crit}$  parece ser válido devido às altas correlações observadas entre seus resultados e intensidades determinadas por

procedimentos invasivos, tais como o OBLA (Kokubun et al., 1996) e limiar anaeróbio individual (McLellan e Cheung, 1992; Wakayoshi et al., 1992). Porém, a Pcrit parece superestimar a máxima fase estável do lactato sanguíneo (Pringle e Jones, 2002).

Diferente da Pcrit, que já é bem consolidada como parâmetro aeróbio, o significado fisiológico da CTA ainda está sendo alvo de inúmeras pesquisas. Isso devido a dificuldade em estimar o acúmulo total ou degradação dos metabólitos associados com a ressíntese de ATP para a musculatura ativa em humanos. Mesmo com essa dificuldade, a CTA parece ser moderadamente correlacionada com indicadores anaeróbios tais como o déficit de oxigênio (Hill e Smith, 1994).

Os conceitos do modelo de Pcrit podem ser também utilizados para corrida, com o emprego do modelo matemático distância *versus* tempo (Wakayoshi et al., 1992), determinando assim a Vcrit e CCA. Esse foi o modelo utilizado por Dangelo (2008), na avaliação de corredores fundistas. Método também usado por Simões et al. (2005), que identificaram a Vcrit como válida para avaliações em corredores e para predição de desempenho em provas de distância.

Com essas informações, pode-se constatar que apesar da Vcrit ser um parâmetro de aptidão aeróbia que se tem mostrado sensível ao treinamento (Jenkins, 1992), apresentando alta correlação com o Lan (Wakayoshi et al., 1992a; Wakayoshi et al., 1992b), mais estudos são necessários para se assumir tal afirmação. Além disso, o parâmetro anaeróbio apontado pelo mesmo método (CCA) ainda carece de evidências sobre seu significado, mostrando a necessidade em ainda se estudar o método.

### **3.6. *Running Anaerobic Test – RAST***

O protocolo denominado *RAST* é um método de avaliação anaeróbia que foi desenvolvido na Universidade de Wolverhampton, no Reino Unido (Zacharogiannis et al.,

2004), para avaliação específica do gesto motor de corrida. Muitos outros protocolos são empregados para determinar parâmetros anaeróbios, porém, a grande maioria utiliza movimentos de salto e ciclismo.

Além de fornecer importantes informações acerca da potência anaeróbia e variáveis relacionadas, como o índice de fadiga, o *RAST* é simples, não invasivo, de fácil aplicação e não necessita de equipamentos caros, o que aumenta sua aplicabilidade (Zagatto et al., 2009). Ele é composto por seis tiros máximos de 35 metros, separados por uma reduzida recuperação passiva de 10 segundos. Os valores de tempo obtidos em cada tiro são registrados com significância centesimal e posteriormente utilizados para efetuar os cálculos na predição dos parâmetros anaeróbios.

Recentemente, Zagatto et al. (2009) realizaram uma validação constructa do método, demonstrando alto coeficiente de correlação intraclasse ( $r = 0,88$ ) e resultados com correlações significativas com o teste de Wingate e significativa correlação com performances para 35, 50, 100, 200 e 400 metros.

Araújo et al. (2007) e Araújo et al. (2008) associaram o *RAST* ao protocolo de Lacmin, utilizando-o na primeira fase do teste, permitindo a indução lactacidêmica de jogadores de basquete. Com essa manipulação, foi possível, em uma única sessão de treinamento, efetuar importantes avaliações aeróbia e anaeróbia, e ainda com gestos motores específicos da modalidade em questão. Procedimento similar de associação entre *RAST* e Lacmin foi executado com jogadores de handebol, apresentando resultados interessantes (Roseguini et al., 2008).

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Participantes**

Todos os participantes concordaram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba (protocolo 65/09).

Todas as avaliações foram realizadas pelos pesquisadores responsáveis e colaboradores, na cidade de Piracicaba – SP, em pista sintética oficial de atletismo. As avaliações, em sua totalidade, foram efetuadas em mesmo local e horário no qual os atletas realizam seus treinamentos.

Foram inicialmente selecionados para o estudo 12 atletas corredores de uma mesma equipe, com pelo menos dois anos de treinamento regular e periodizado. Todos os avaliados apresentam desempenho próximo aos índices necessários aos eventos regionais e nacionais.

Como critérios de inclusão foram considerados a inserção como atleta da equipe de corredores selecionada, a participação ativa executando os treinamentos de acordo com a periodização proposta pelos responsáveis pela equipe e a participação nas competições compreendidas no calendário competitivo. Como critérios de exclusão foram considerados o tempo de treinamento com período inferior a dois anos, a ausência em aproximadamente 10% das sessões de treinamento inseridas no período preparatório geral da periodização e o desligamento da equipe.

Dos 12 atletas inicialmente avaliados, dois abandonaram a equipe por motivações pessoais e profissionais. Desse modo, participaram do projeto de pesquisa 10 corredores, sendo eles seis velocistas, dois fundistas e dois velocistas e meio-fundistas, sendo quatro do gênero feminino e seis do gênero masculino, com média de idade igual a  $21 \pm 1$  ano (Tabela 1).

Anteriormente ao início do projeto, os participantes foram orientados e informados acerca de todos os procedimentos experimentais que seriam adotados durante o estudo. As características biométricas e especialidade dos atletas estão descritas na tabela 1.

**Tabela 1.** Características biométricas ao início do protocolo experimental, gênero, tempo de treinamento e prova realizada para cada atleta.

<b>Atleta</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Peso (Kg*)</b>	<b>Estatura (m*)</b>	<b>Treinamento (anos)</b>	<b>Gênero (M*/F*)</b>	<b>Prova</b>
<b>1</b>	21	59,0	1,74	2	M	5000/10000 m
<b>2</b>	25	74,0	1,78	2	M	5000/10000 m
<b>3</b>	24	67,5	1,71	8	M	800 m
<b>4</b>	19	66,0	1,77	2	M	400/200 m
<b>5</b>	18	69,0	1,77	2	M	400sb/400 m
<b>6</b>	17	58,5	1,76	2	M	1500/800 m
<b>7</b>	20	49,5	1,59	6	F	200/400 m
<b>8</b>	22	51,0	1,62	6	F	200/100 m
<b>9</b>	24	59,0	1,68	6	F	400sb/400 m
<b>10</b>	21	62,0	1,73	4	F	400sb/400 m
<b>Média</b>	21	61,6	1,72	4		
<b>EPM</b>	1	2,5	0,02	1		

\* Kg = Kilogramas; m = Metros; M = Masculino; F = Feminino; EPM = Erro padrão da média.

#### **4.2. Desenho Experimental**

As avaliações foram realizadas em três momentos distintos durante o treinamento periodizado da equipe (periodização tradicional com dois picos de *performance* anual), especificamente no período preparatório específico, de março a junho de 2010 (Figura 1). Todos os testes ocorreram em mesmo horário (inciando as 14:00 hs  $\pm$ 1 hora), em mesma pista

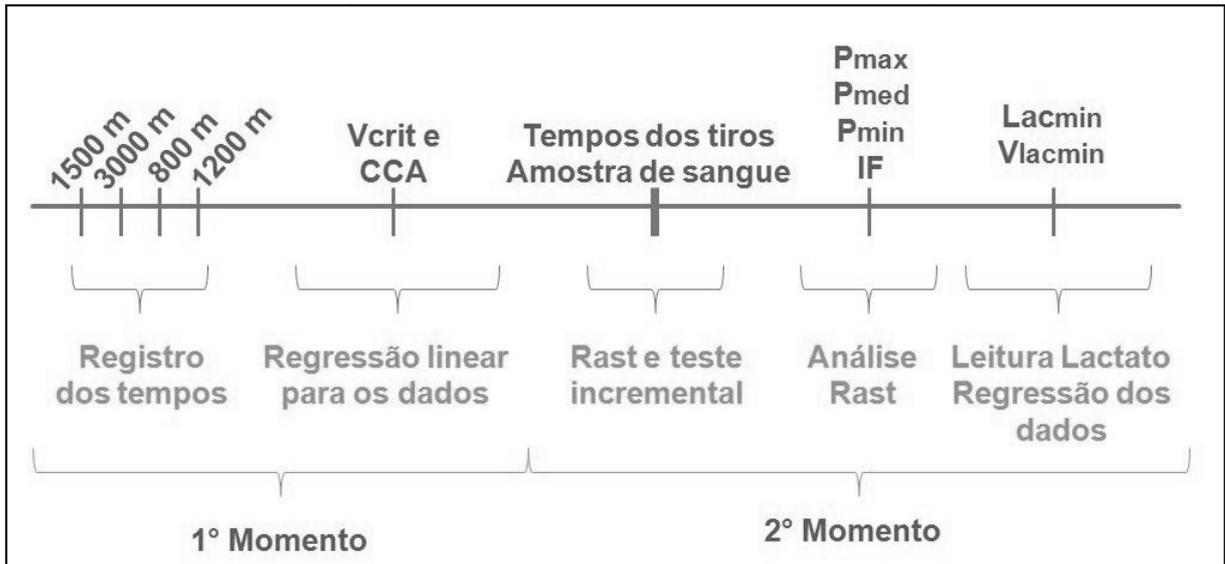
oficial e com condições climáticas similares, se aproximando às condições de treinamento da equipe.



**Figura 1.** Períodos de realização das avaliações, no primeiro semestre de 2010.

O protocolo de Lacmin (Tegtbur et al., 1993) foi associado ao *RAST* (Zacharogiannis et al., 2004) para promover a elevação lactacidemia dos atletas e obter resultados sobre potência e índice de fadiga. Para os ajustes das intensidades realizadas no TI, necessário ao Lacmin, utilizou-se o modelo de  $V_{crit}$  (Wakayoshi et al., 1992) que, além de auxiliar na determinação das velocidades utilizadas, gerou os resultados  $V_{crit}$  e CCA, foram comparados e/ou correlacionados aos resultados finais do teste de Lacmin ( $V_{lacmin}$ ) e *RAST*.

Em cada bateria de avaliações foi realizado, durante quatro dias, o registro dos tempos de distâncias pré-determinadas para obtenção dos dados necessários para o cálculo da  $V_{crit}$  e CCA. Posteriormente, em outro dia, próximo à primeira avaliação, foi aplicado o *RAST*, obtendo-se  $P_{max}$ ,  $P_{med}$ ,  $P_{min}$  e IF, seguido do TI para obtenção dos dados necessários à identificação do Lacmin e  $V_{lacmin}$  (Figura 2).



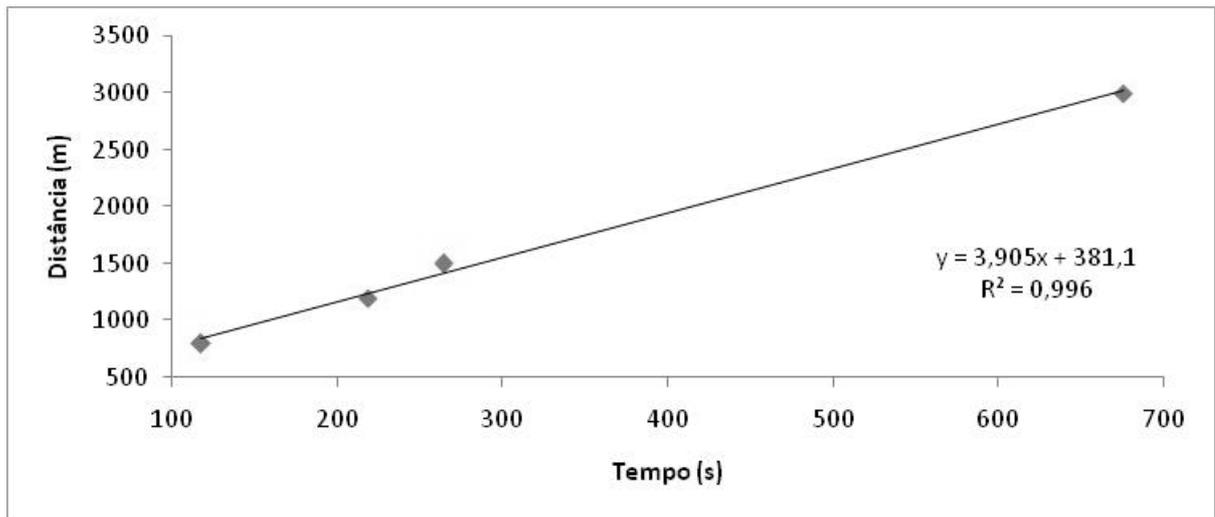
**Figura 2.** Desenho experimental do estudo.

Dessa maneira, foi possível obter durante os três momentos de avaliação, 27 resultados para as avaliações do Lacmin e velocidade equivalente ao Lacmin (Vlacmin). Ao longo das avaliações dois atletas abandonaram a equipe, além de não ter sido possível obter um dos resultados, reduzindo o total de 30 avaliações possíveis. Foram obtidos também 27 resultados Vcrit e CCA, além de 27 resultados para cada parâmetro indicado pelo RAST (Pmax, Pmed, Pmin e IF).

### 4.3. Modelo de Velocidade Crítica

Para determinação da Vcrit e CCA, foi utilizado o modelo matemático distância *versus* tempo (Wakayoshi et al., 1992). Desse modo, os avaliados foram submetidos às corridas em intensidade máxima nas distâncias equivalentes à 800 m, 1200 m, 1500 m e 3000 m, realizadas aleatoriamente, em dias subsequentes, sempre no mesmo período do dia e respeitando o horário de treinamento de rotina dos atletas. Os participantes foram estimulados a percorrer as distâncias estipuladas em um menor tempo possível. Os tempos de corrida foram registrados por um cronômetro.

A partir dos valores de tempo de corrida para cada distância, foi plotado um gráfico relacionando-se a distância percorrida e tempo realizado (Figura 2), a partir do qual a  $V_{crit}$  foi determinada pelo coeficiente angular da reta de regressão obtida e a CCA, pelo coeficiente linear proveniente da mesma equação. Os resultados de  $R^2$  das regressões lineares foram analisados para observar a efetividade matemática do modelo utilizado.

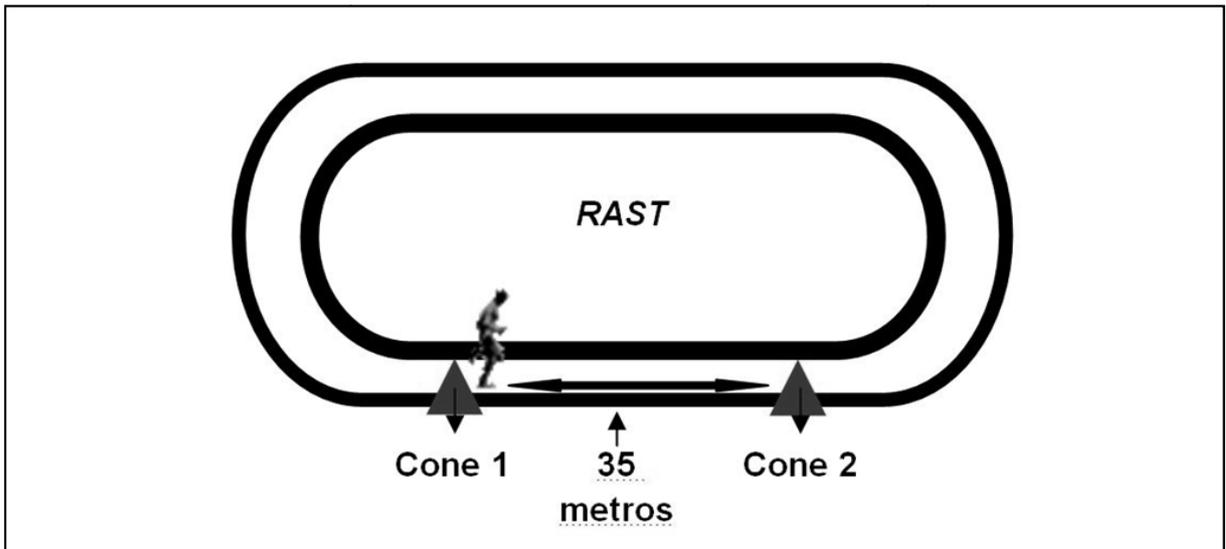


**Figura 3.** Exemplo do modelo matemático utilizado no presente estudo para obtenção dos valores de  $V_{crit}$  e capacidade de CCA. Os dados acima expostos foram obtidos por um dos participantes.

#### 4.4. *Running Anaerobic Sprint Test*

Os procedimentos iniciais do *RAST* que envolvem pesagem dos participantes foram obtidos anteriormente à aplicação desse teste. Aquecimento leve de aproximadamente 10 minutos com recuperação passiva de 5 minutos foram realizados previamente à realização do protocolo. Houve incentivo sonoro e visual durante o teste visando o empenho máximo por parte dos atletas e não foi vetada a realização de pequenos deslocamentos não contínuos na pista durante os primeiros três minutos da fase de recuperação.

O *RAST* (Zacharogiannis et al., 2004) consiste na execução de seis corridas máximas de 35 metros, com intervalo de 10 s entre os tiros, tendo os tempos registrados precisamente a nível centesimal (Figura 3).



**Figura 4.** Esquema ilustrativo da pista de atletismo, com indicação do ponto do local de realização do *RAST*.

Com a aplicação do teste foi possível, além da elevação do lactato sanguíneo dos atletas, a determinação das potências máxima ( $P_{max}$ = maior valor dos seis tiros), média ( $P_{med}$ = valor médio dos seis tiros) e mínima ( $P_{min}$ = menor valor dos seis tiros) além do índice de fadiga ( $IF$ =  $\frac{\text{potência máxima} - \text{potência mínima}}{\text{potência máxima}} \times 100\%$ ), a partir das informações ( $\text{tempo/distância} = \text{velocidade}$ ;  $\text{velocidade/tempo} = \text{aceleração}$ ;  $\text{aceleração} \times \text{peso} = \text{força}$ ;  $\text{força} \times \text{velocidade} = \text{potência}$ ) geradas pelo registro dos tempos realizados durante os tiros máximos. Os registros temporais de execução das corridas ao longo desse protocolo foram obtidos com utilização de cronômetros.

#### 4.5. Teste Incremental

O teste de intensidade progressiva para realização do método de Lacmin (Tegtbur et al., 1993) foi executado em pista de atletismo oficial, utilizando raia central (400 m). Para cada indivíduo realizou-se quatro estágios de 800 m, com aumento da intensidade a cada estágio realizado. Para que fosse possível a coleta sanguínea entre cada mudança de intensidade, houve um pequeno intervalo ( $\leq 40$  segundos) entre cada estágio do teste.

Para determinação das quatro velocidades do TI, foi adotado para cada atleta, o uso de duas intensidades acima (115 e 130%  $V_{crit}$ ) e duas abaixo (70 e 85 %  $V_{crit}$ ) de sua respectiva  $V_{crit}$ . O controle da intensidade efetuado utilizando-se demarcações visuais a cada 100 metros na pista por meio da utilização de cones, além de avisos sonoros realizados manualmente utilizando apito e tabela de referência (criada a partir da relação tempo e distância para cada 100 metros).

#### 4.6. Determinação do Lactato Mínimo

Durante estudo piloto, pôde-se observar uma grande dificuldade em determinar as melhores intensidades para realização do teste incremental para cada atleta, utilizando parâmetros como resultados de provas realizadas por eles. Assim, foi proposta a utilização da  $V_{crit}$  para esse fim.

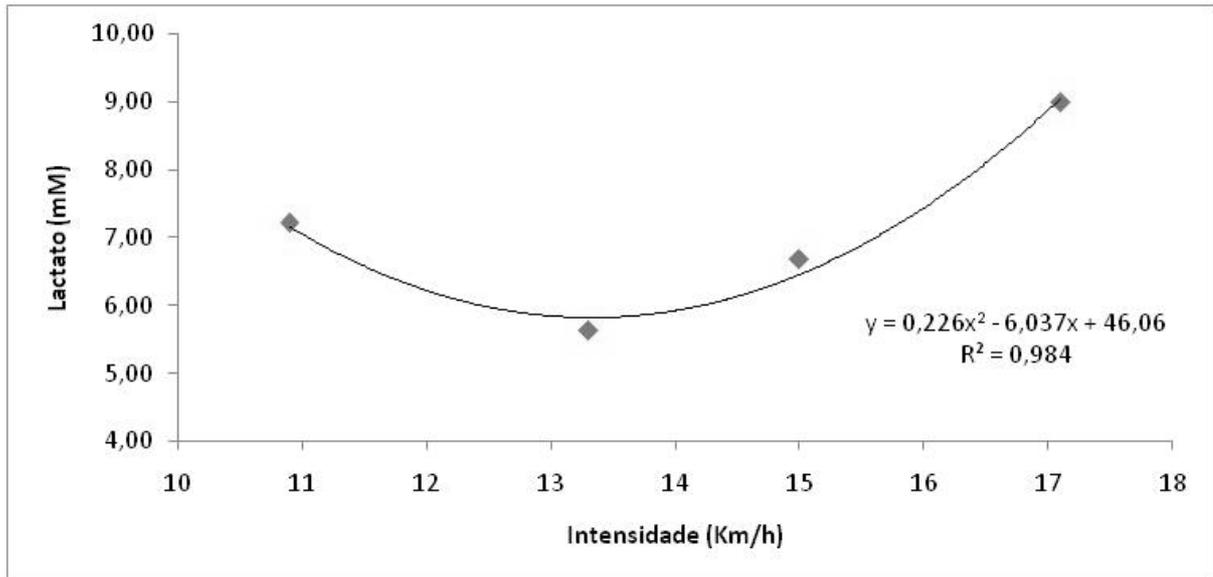
Inicialmente, durante quatro dias consecutivos, foram realizadas as distâncias de 800, 1200, 1500 e 3000 metros de maneira aleatória para determinação da  $V_{crit}$ . Posteriormente, em outra ocasião, foram feitas coletas sanguíneas com os atletas em repouso seguido do *RAST*.

Após o término do método *RAST* os participantes, na própria pista de atletismo, foram orientados a recuperar passivamente durante oito minutos, para determinação da concentração pico de lactato sanguíneo.

Nesse intervalo de recuperação foram realizadas coletas de sangue do lóbulo da orelha ao 3°, 5° e 7° minuto após os esforços máximos realizados no RAST. Após o oitavo minuto, os atletas foram submetidos ao protocolo progressivo composto por quatro tiros de 800 m, em quatro intensidades selecionadas a partir do cálculo da  $V_{crit}$  de cada atleta. Como intensidades do teste progressivo (segunda etapa do teste do Lacmin), foram selecionadas individualmente, velocidades de 70%, 85%, 115% e 130% da  $V_{crit}$ , determinada anteriormente a aplicação do Lacmin.

A seleção da intensidade do teste progressivo foi realizada na tentativa da aquisição de melhores ajustes dessas intensidades para o método. As velocidades do teste incremental variaram de 6 a 17 km/h e foram controladas por sinais sonoros disparados pelo avaliador e demarcações realizadas por cones dispostos a cada 100 m na pista de atletismo.

Após o término de cada tiro de 800 m, foram novamente coletadas amostras sanguíneas para determinação do Lacmin, conforme descrito posteriormente, detectando o ponto de equilíbrio entre remoção e produção do lactato. A relação obtida entre a concentração de lactato e a intensidade de exercício foi ajustada utilizando função polinomial de grau dois (Sotero et al., 2006) (Figura 5), sendo o Lacmin foi considerado a derivada zero desse ajuste e a  $V_{lacmin}$  a intensidade correspondente a esse ponto.



**Figura 5.** Exemplo do modelo matemático utilizado no presente estudo, para obtenção dos valores de Lacmin e Vlacmin. Os dados acima expostos foram obtidos por um dos participantes.

#### 4.7. Análise Bioquímica

As coletas de sangue do lóbulo da orelha (25  $\mu$ L) foram realizadas com capilares calibrados e heparinizados, sendo transferidos para microtubos para centrífuga, com capacidade de 1,5 mL, contendo 400  $\mu$ L de ácido tricloroacético (TCA) concentrado à 4%. Em seguida, a mistura foi agitada e centrifugada para posterior retirada de 100  $\mu$ L do sobrenadante, sendo transferido para tubos de ensaio, no qual se adicionou 500  $\mu$ L de reativo preparado a base de estoque glicina/EDTA 50 ml e Hidrazina Hidrato 1,2 mL, 100mgd de NAD (Beta-nicotinamide Dinucleotide SIGMA) e 150 $\mu$ L de LDH (L-Lactic Dehydrogenase bovine heart – 1000units/mL SIGMA) a pH 8,85. As amostras foram agitadas e incubadas durante 20 minutos em Banho-Maria mantido a 37°C para depois serem analisadas em Espectrofotômetro (Marca Micronal, Modelo B382 UV/Vis). A concentração de lactato foi mensurada a 3,40nm contra a curva de calibração (Engel e Jones, 1978).

#### 4.8. Determinação do sucesso para o Lactato Mínimo

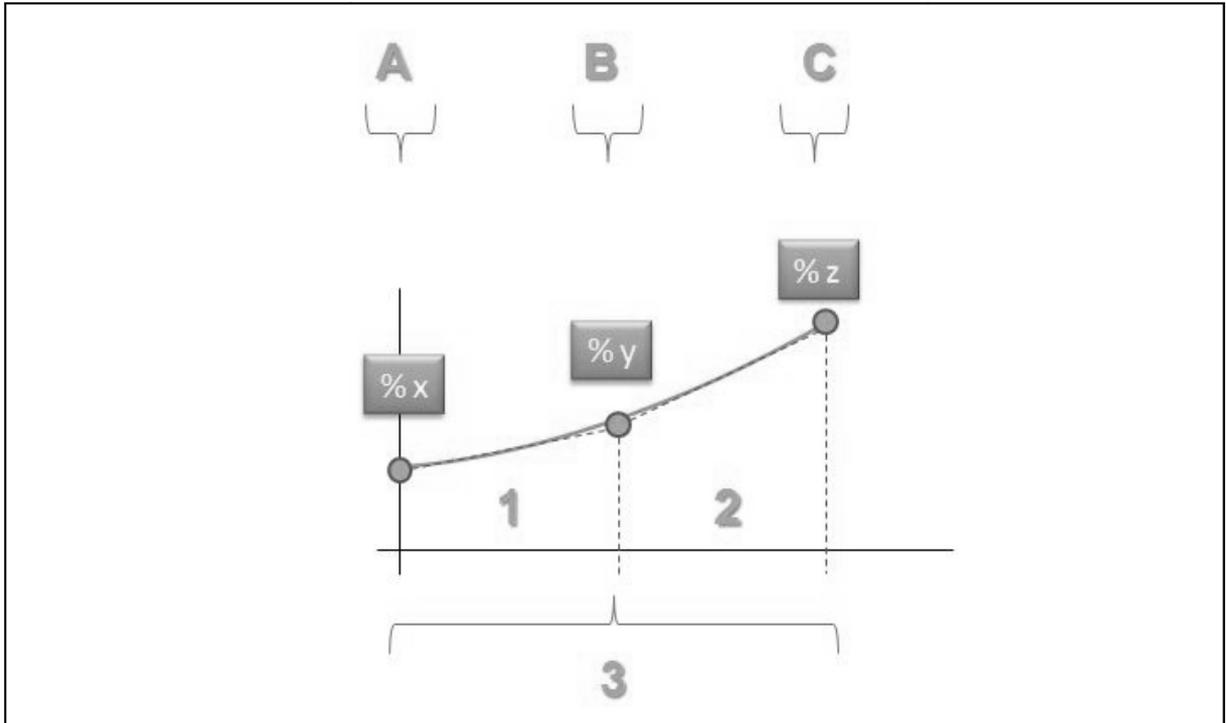
Foi considerado como resultados de sucesso para o teste de Lacmin avaliado, os resultados que apresentaram curva de regressão com valor de  $R^2 \geq 0,80$ , com perfil do ajuste em formato de “U positivo” da curva de regressão (U+) e TI concluído para os quatro estágios (TI4), coletas sanguíneas (C4) e leitura de lactato (L4) realizadas em sua totalidade.

#### 4.9. Cálculo das áreas sob as curvas

Com o objetivo de identificar o efeito do treinamento sobre as variáveis aeróbia e anaeróbia dos participantes identificadas nesse estudo, foram plotados em um gráfico percentual de evolução *versus* tempo (Figura 6) os seguintes resultados: Pmax, Pmed e Pmin; IF; CCA; Verit; Lacpic; Lacmin; Vlacmin.

Para cada momento dos três momentos de avaliação foi identificado um valor percentual a partir do primeiro resultado, considerado como 100 %. Assim, para os dois resultados seguintes, os valores podem ter tido valores maiores, iguais ou menores em relação ao primeiro, variando assim o seu valor percentual.

Dessa forma, por meio da identificação do percentual de elevação ou redução para cada variável foi possível calcular a área sob a curva (ASC) para cada par de avaliações, pelo cálculo da área dos polígonos graficamente delineados logo abaixo da curva, gerando resultados, em unidade de medida arbitrária, que expressam teoricamente, a evolução dessas variáveis ao longo de todo período avaliado.



**Figura 6.** Esquema gráfico ilustrando como foram obtidos os as áreas sob as curvas de progressão percentual (x, y e z), coordenada vertical, para cada variável identificada no estudo nos três momentos de avaliação (A, B e C), coordenada horizontal, podendo-se identificar as áreas parciais (1 e 2), delimitadas por linhas tracejadas, e área total de progressão (3).

Para ser possível a comparação entre as áreas 1 e 2 sem a influência do fator tempo, foi realizado ajuste da coordenada horizontal a fim de torna-los idênticos entre as duas áreas. Esse ajuste foi realizado por meio da realização de regressão linear para cada par de pontos no gráfico percentual de evolução *versus* tempo. A partir da obtenção da equação de regressão foi realizada a substituição da coordenada horizontal, resultando em duas áreas com mesmo valor na coordenada horizontal.

#### 4.10. Análise Estatística

Foi utilizado o pacote estatístico Biostat, com os testes de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos resultados, Teste T-Student para comparar os valores encontrados entre as áreas sob a curva de progressão dos resultados, bem como entre o método de Lacmin

e  $V_{crit}$  e Coeficiente de Correlação de Pearson entre essas variáveis. Foi utilizada também análise descritiva dos dados. Para todas as análises, foi adotado o nível de significância 5%.

## 5. RESULTADOS

Os resultados foram organizados, separando-se pelos métodos de análise dos dados, sendo eles transversal e longitudinal. Os dados estão apresentados em média e erro padrão da média (EPM).

Para os resultados transversais, a tabela 2 apresenta os resultados obtidos pelo protocolo de Lacmin e Vcrit utilizados. Além dos resultados de Lacpic fornecidos após a realização do *RAST*, foi possível identificar com os seis tiros máximos de 35 metros, os valores relativizados para potência, potência média, potência mínima e índice de fadiga dos atletas, indicados na tabela 3.

**Tabela 2.** Médias dos resultados encontrados para Vcrit, Vlacmin, Lacmin, Lacpic, Lacmin, Lacrep e  $R^2$  para curva de regressão do Lacmin.

	<b>Vcrit*</b> <b>(km/h)</b>	<b>Vlacmin<sup>¥</sup></b> <b>(km/h)</b>	<b>R<sup>2</sup><sup>£</sup></b>	<b>Lacpic<sup>µ</sup></b> <b>(mM)</b>	<b>Lacmin<sup>α</sup></b> <b>(mM)</b>	<b>Lacrep*</b> <b>(mM)</b>
<b>Média</b>	12,88	11,61	0,91	8,42	3,41	1,32
<b>EPM</b>	(±0,54)	(±0,39)	(±0,03)	(±0,36)	(±0,33)	(±0,07)

Legenda: \* Velocidade Crítica; <sup>¥</sup> Velocidade equivalente ao Lacmin; <sup>£</sup> coeficiente de determinação para regressão polinomial de segundo grau utilizado na análise de Lacmin; <sup>µ</sup> Lactato pico; <sup>α</sup> Lactato mínimo.

Ao levar em consideração a amostra total, separa por gêneros ou por especialidades, não foi possível identificar correlações significativas entre os resultados para CCA dos atletas (tabela 3) e suas respectivas potências e índices de fadiga.

**Tabela 3.** Média dos resultados encontrados para as variáveis anaeróbias Pmax, Pmin, Pmed, IF e CCA.

	<b>Pmax<sup>*</sup>(W/Kg)</b>	<b>Pmin<sup>¥</sup>(W/Kg)</b>	<b>Pmed<sup>‡</sup>(W/Kg)</b>	<b>IF<sup>µ</sup> (W/Kg/s)</b>	<b>CCA<sup>α</sup> (m)</b>
<b>Média</b>	11.95	6.20	8.26	0.72	318.85
<b>EPM</b>	±0.72	±0.31	±0.31	±0.06	±16.18

Legenda: \* Potência máxima; ¥ Potência mínima; ‡ Potência média; µ Índice de fadiga; α Capacidade de corrida anaeróbia.

O resultado para sucesso e insucesso do método está descrito na tabela 4, juntamente com os dados relativos às suas avaliações. O cumprimento dos critérios adotados apresentados pelas avaliações de insucesso pode ser visualizado da tabela 5.

**Tabela 4.** Apresentação dos resultados separados em agrupamento de sucesso e insucesso do método de Lacmin para valor de n, participantes e percentual, R<sup>2</sup>, Lacrep, Lacpic e Lacmin.

	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>R<sup>2‡</sup></b>	<b>Lacrep<sup>*</sup>(mM)</b>	<b>Lacpic<sup>¥</sup>(mM)</b>	<b>Lacmin<sup>α</sup>(mM)</b>
<b>Sucesso</b>	23	85,20	0,97 ±0,01	1,32 ±0,08	8,41 ±0,39	3,27 ±0,34
<b>Insucesso</b>	4	14,80	0,58 ±0,15	1,46 ±0,13	8,50 ±1,11	4,49 ±1,00

Legenda: ‡ coeficiente de determinação para regressão polinomial de segundo grau utilizado na análise de Lacmin; \* Lactato de repouso; ¥ Lactato pico; α Lactato mínimo.

**Tabela 5.** Resultados dos testes de Lacmin de insucesso para o cumprimento dos requisitos exigidos: R<sup>2</sup>, U+, C4 e L4.

<b>INSUCESSO</b>	<b>R<sup>2‡</sup>(valor)</b>	<b>U+*</b>	<b>TI4<sup>¥</sup></b>	<b>C4<sup>α</sup></b>	<b>L4<sup>‡</sup></b>
1	NÃO (0,13)	SIM	SIM	SIM	SIM
2	NÃO (0,73)	SIM	SIM	SIM	SIM
3	NÃO (0,75)	SIM	SIM	SIM	SIM
4	NÃO (0,70)	SIM	SIM	NÃO	NÃO

Legenda: ‡ coeficiente de determinação para regressão polinomial de segundo grau utilizado na análise de Lacmin; \* perfil em formato de “U” positivo para a regressão; ¥ quatro estágios do TI concluídos; α coletas das amostras sanguíneas realizadas adequadamente; ‡ leituras adequadas de lactato para os quatro estágios do TI.

Foi verificada diferença significativa entre as velocidades encontradas pelo método invasivo e não invasivo, com Vcrit de 12,88 ( $\pm 0,54$ ) Km/h e Vlacmin igual a 11,61 ( $\pm 0,39$ ) Km/h. Apesar da Vcrit superestimar o Lacmin em 9,8%, houve elevada e significativa correlação entre esses parâmetros ( $r = 0,85$ ;  $p = 0,00001$ ). Houve também correlação significativa (Tabela 6) para Lacrep e Lacpic ( $r = 0,47$ ), Lacrep e Lacmin ( $r = 0,68$ ) e para Lacpic e Lacmin ( $r = 0,61$ ). Não foram verificadas diferenças dos achados ao se analisar os gêneros separadamente.

**Tabela 6.** Correlação entre as variáveis Lacrep, Lacpic, Lacmin,  $R^2$ , Vlacmin e Vcrit.

	Lacrep <sup>¥</sup>	Lacpic <sup>£</sup>	Lacmin <sup>µ</sup>	$R^{2\alpha}$	Vlacmin <sup>¥¥</sup>	Vcrit <sup>££</sup>
<b>Lacrep</b>	-	0.4751*	0.6885*	- 0.1711	0.3847	0.2220
<b>Lacpic</b>	0.4751*	-	0.6151*	- 0.1921	0.0882	-0.0600
<b>Lacmin</b>	0.6885*	0.6151*	-	-0.3604	0.3708	0.0863
<b><math>R^2</math></b>	- 0.1711	- 0.1921	-0.3604	-	0.0893	0.2729
<b>Vlacmin</b>	0.3847	0.0882	0.3708	0.0893	-	0.8505*
<b>Vcrit</b>	0.2220	-0.0600	0.0863	0.2729	0.8505*	-

Legenda: \* valores indicando  $p \leq 0,05$ ; <sup>¥</sup> Lactato de repouso; <sup>£</sup> Lactato pico; <sup>µ</sup> Lactato mínimo; <sup>α</sup> coeficiente de determinação para regressão polinomial de segundo grau utilizado na análise de Lacmin; <sup>¥¥</sup> Velocidade equivalente ao Lacmin; <sup>££</sup> Velocidade crítica.

Ao realizar o método de análise proposto para identificação de sensibilidade das variáveis ao longo do período analisado, puderam-se observar algumas diferenças significativas, assim, os próximos resultados descritos se referem às análises longitudinais.

As tabelas 7 e 8 mostram os resultados obtidos para as áreas sob a curva de progressão das variáveis para cada especialidade e gênero.

**Tabela 7.** Médias dos resultados para as áreas sob a curva de progressão das variáveis IF, Pmax, Pmed, Pmin, CCA, Lacrep, Vlacmin, Lacmin e Lacpic, separadas para velocistas e fundistas.

		Fundistas		Velocistas	
		A 1 <sup>α</sup>	A 2 <sup>μ</sup>	A 1 <sup>α</sup>	A 2 <sup>μ</sup>
<b>IF<sup>¥</sup></b>	<b>Média</b>	636.17	1416.11	498.70	495.25
	<b>EPM</b>	±49.76	±488.85	±12.33	±59.52
<b>Pmax<sup>¥</sup></b>	<b>Média</b>	546.05	763.52	500.75	531.19
	<b>EPM</b>	±35.54	±144.03	±12.66	±54.69
<b>Pmed<sup>¥</sup></b>	<b>Média</b>	509.03	572.34	500.04	522.66
	<b>EPM</b>	±9.74	±49.43	±3.62	±16.93
<b>Pmin<sup>¥</sup></b>	<b>Média</b>	496.25	480.89	496.65 <sup>£</sup>	507.60 <sup>£</sup>
	<b>EPM</b>	±4.12	±36.27	±5.33	±33.72
<b>CTA</b>	<b>Média</b>	480.92	392.50	488.37	438.96
	<b>EPM</b>	±5.82	±26.80	±6.97	±35.28
<b>Vcrit</b>	<b>Média</b>	512.13	568.27	506.67	541.92
	<b>EPM</b>	±3.40	±16.82	±2.13	±11.29
<b>Lacrep</b>	<b>Média</b>	489.22	465.07	505.81	587.01
	<b>EPM</b>	±9.09	±45.39	±18.84	±105.65
<b>Vlacmin</b>	<b>Média</b>	504.06	536.61	503.02	521.22
	<b>EPM</b>	±0.54	±12.76	±2.21	±8.93
<b>Lacmin</b>	<b>Média</b>	506.30 <sup>£</sup>	576.58 <sup>£</sup>	498.94 <sup>£</sup>	573.00 <sup>£</sup>
	<b>EPM</b>	±18.67	±61.12	±9.27	±64.65
<b>Lacpic</b>	<b>Média</b>	520.34 <sup>£</sup>	596.14 <sup>£</sup>	498.15 <sup>£</sup>	502.74 <sup>£</sup>
	<b>EPM</b>	±14.22	±63.43	±11.84	±59.37

Legenda: <sup>¥</sup> Variáveis relativizadas para massa corporal; <sup>α</sup> área sob a curva de progressão entre o primeiro e segundo período de avaliação; <sup>μ</sup> área sob a curva de progressão entre o segundo e terceiro período de avaliação; <sup>£</sup> Diferença significativa entre os valores das A1 e A2.

**Tabela 8.** Médias dos resultados para as áreas sob a curva de progressão das variáveis IF, Pmax, Pmed, Pmin, CCA, Lacrep, Vlacmin, Lacmin e Lacpic, separadas para os gêneros feminino e masculino.

		Masculino		Feminino	
		A 1 <sup>α</sup>	A 2 <sup>μ</sup>	A 1 <sup>α</sup>	A 2 <sup>μ</sup>
<b>IF<sup>¥</sup></b>	<b>Média</b>	558.45	921.64	510.67	540.64
	<b>EPM</b>	±49.26	±349.36	±18.06	±88.28
<b>Pmax<sup>¥</sup></b>	<b>Média</b>	513.64	601.95	513.77	591.74
	<b>EPM</b>	±24.04	±115.78	±16.96	±53.82
<b>Pmed<sup>¥</sup></b>	<b>Média</b>	501.44	532.33	504.16	542.88
	<b>EPM</b>	±6.25	±32.37	±3.80	±15.14
<b>Pmin<sup>¥</sup></b>	<b>Média</b>	495.36	486.99	498.11	517.27
	<b>EPM</b>	±3.12	±17.21	±8.88	±59.53
<b>CTA</b>	<b>Média</b>	488.81	435.10	480.20	398.94
	<b>EPM</b>	±6.06	±31.94	±8.21	±41.63
<b>Vcrit</b>	<b>Média</b>	508.15 <sup>‡</sup>	549.02 <sup>‡</sup>	509.65 <sup>‡</sup>	556.44 <sup>‡</sup>
	<b>EPM</b>	±3.21	±15.56	±0.90	±10.01
<b>Lacrep</b>	<b>Média</b>	503.88	557.16	492.45	514.82
	<b>EPM</b>	±18.31	±103.15	±13.93	±88.82
<b>Vlacmin</b>	<b>Média</b>	504.35 <sup>‡</sup>	534.59 <sup>‡</sup>	501.26	510.87
	<b>EPM</b>	±1.30	±7.74	±2.69	±13.00
<b>Lacmin</b>	<b>Média</b>	507.26 <sup>‡</sup>	616.76 <sup>‡</sup>	489.16	468.98
	<b>EPM</b>	±11.31	±42.31	±9.71	±52.90
<b>Lacpic</b>	<b>Média</b>	516.75*	582.72	489.34*	462.84
	<b>EPM</b>	±12.84	±63.15	±6.19	±26.79

Legenda: <sup>¥</sup> Variáveis relativizadas para massa corporal; <sup>α</sup> área sob a curva de progressão entre o primeiro e segundo período de avaliação; <sup>μ</sup> área sob a curva de progressão entre o segundo e terceiro período de avaliação; \* Diferença significativa entre os valores da A1 entre os gêneros masculino e feminino; <sup>‡</sup> Diferença significativa entre os valores das A1 e A2.

Os valores de p para as comparações das áreas 1, 2 e 3 entre fundistas e velocistas e entre os gêneros masculino e feminino estão expressas na tabela 9.

**Tabela 9.** Valores de p para comparações dos resultados das áreas sob a curva entre fundistas e velocistas e entre os gêneros masculino e feminino, para as áreas 1, 2 e 3.

MEDIDA	ESPECIALIDADES			GÊNEROS		
	A 1 <sup>α</sup>	A 2 <sup>μ</sup>	A 3 <sup>£</sup>	A 1	A 2	A 3
<b>IF</b> <sup>¥</sup>	0.3240	0.3151	0.2973	0.5915	0.3565	0.3646
<b>Pmax</b> <sup>¥</sup>	0.6444	0.7997	0.7709	0.6851	0.6447	0.6566
<b>Pmed</b> <sup>¥</sup>	0.5282	0.4862	0.4935	0.5679	0.7916	0.7719
<b>Pmin</b> <sup>¥</sup>	0.5022	0.6198	0.6725	0.7805	0.6424	0.6626
<b>CCA</b>	0.9583	0.3238	0.3479	0.2831	0.5387	0.5127
<b>Vcrit</b>	0.6109	0.2693	0.2631	0.3904	0.7114	0.6931
<b>Lac repouso</b>	0.4701	0.3234	0.3492	0.6545	0.7810	0.7504
<b>Vlacmin</b>	0.2844	0.2106	0.2060	0.1464	0.2431	0.2205
<b>Lacmin</b>	0.4017	0.9946	0.9307	0.1351	0.1293	0.1480
<b>Lacpic</b>	0.1398	0.3381	0.3232	0.0446*	0.1435	0.1330

Legenda: ¥ Variáveis relativizadas para massa corporal; \* Resultados indicando valores de  $p \leq 0,05$ ;  $\alpha$  área sob a curva de progressão entre o primeiro e segundo período de avaliação;  $\mu$  área sob a curva de progressão entre o segundo e terceiro período de avaliação;  $\£$  área sob a curva de progressão entre o primeiro terceiro período de avaliação (área total).

Para realizar as comparações entre as áreas 1 e 2, para cada especialidade e gênero, foi necessário o ajuste da coordenada horizontal para todas as áreas. Após o ajuste, foi possível identificar os valores de p indicados na tabela 10.

**Tabela 10.** Valores de p para comparações entre os resultados das áreas sob a curva para fundistas, velocistas e para ambos os gêneros.

<b>Medida</b>	<b>Fundistas</b>	<b>Velocistas</b>	<b>Masculino</b>	<b>Feminino</b>
<b>IF<sup>¥</sup></b>	0.3565	0.1769	0.3143	0.7156
<b>Pmax<sup>¥</sup></b>	0.7162	0.7210	0.4086	0.1790
<b>Pmed<sup>¥</sup></b>	0.0526	0.1578	0.3223	0.0984
<b>Pmin<sup>¥</sup></b>	0.0527	0.0207*	0.6108	0.7421
<b>CCA</b>	0.5770	0.4028	0.1072	0.1385
<b>Vcrit</b>	0.1240	0.0783	0.0297*	0.0419*
<b>Lacrep</b>	0.2421	0.2871	0.5644	0.7934
<b>Vlacmin</b>	0.2654	0.9278	0.0144*	0.5225
<b>Lacmin</b>	0.0119*	0.0217*	0.0314*	0.7216
<b>Lacpic</b>	0.0220*	0.0013*	0.2611	0.3293

Legenda: <sup>¥</sup> Variáveis relativizadas para massa corporal; \* Resultados indicando  $p \leq 0,05$ .

## 6. DISCUSSÃO

O protocolo de Lacmin proposto no presente estudo utilizou o teste denominado *RAST* (Zacharogiannis et al., 2004) para gerar o estado hiperlactacidêmico necessário ao método. Esse teste foi recentemente validado, de forma constructa (Zagatto et al., 2009), e vem sendo utilizado na primeira fase do método de Lacmin em esportes que utilizam a corrida como gesto motor principal (Araújo et al., 2007; Araújo et al., 2008; Roseguini et al., 2008). Ele é também capaz de inferir sobre o desempenho em corridas de 35, 50, 100, 200 e 400 metros (Zagatto et al., 2009), o que demonstra sua especificidade principalmente para atletas velocistas, o maior número dos atletas aqui estudados.

Ao analisarmos os resultados obtidos por esse teste, foi possível identifica-lo como uma ferramenta útil ao protocolo de Lacmin em corredores, já que com sua utilização, foram encontrados valores de Lacpic adequados para realização do teste e posterior determinação do Lacmin. Esse achado se torna mais significativo ao não identificamos na literatura, segundo nosso conhecimento, a existência da realização do protocolo de Lacmin em pista, utilizando o *RAST* como indutor à hiperlactacidemia em corredores. Paralelamente obtiveram-se os parâmetros anaeróbios  $P_{max}$ ,  $P_{med}$ ,  $P_{min}$  e IF.

Apesar de adequado, o uso do *RAST* no presente estudo apresentou valores médios de Lacpic (8,42 mM) menores que outros estudos, como os de Zagatto et al. (2009), que encontraram valor médio de 15,70 mM para Lacpic após o *RAST* e Santhiago et al. (2008), que também apresentaram valores mais elevados para de Lacpic (11,27 mM) após dois tiros de 233 metros em pista para induzir à hiperlactacidemia no teste do Lacmin.

Por outro lado, os valores de Lacpic encontrados corroboram com os achados de Ribeiro et al. (2008), que mostraram Lacpic médio de 7,60 mM para o grupo que realizou recuperação passiva pós-indução através de dois tiros, de 300 e 200 metros, à intensidade

relativa ao  $VO_{2m\acute{a}x}$ , e com resultados de Souza et al. (2003), que identificaram valores de Lacpic acima de 8,00 mM como satisfatórios para se determinar o Lacmin.

Além disso, ainda não se sabe ao certo se os valores de Lacpic podem interferir nos resultados de Lacmin ou se, alterações do Lacmin induzidas pelo método utilizado alterariam também a Vlacmin, resultado-alvo desse teste. Padorno et al. (2005), Santhiago et al. (2008) e Johnson et al., (2009) apresentaram situações onde protocolos diferentes geraram concentrações distintas de Lacpic e/ou Lacmin, mas não diferiram em relação à Vlacmin. Já Carter et al. (1999a) e Ribeiro et al. (2008) apontam essa possibilidade como controversa, uma vez que seus estudos mostraram haver diferença não só da [Lac], mas também da Vlacmin para protocolos diversificados.

Para o TI, nosso estudo utilizou um protocolo progressivo em pista oficial de atletismo visando obter resultados mais específicos à modalidade proposta, ou seja, valores de Lacmin e Vlacmin mais reais às condições apresentadas pelos atletas durante os treinos e na realização das provas.

Com esse objetivo, o TI proposto possibilitou a obtenção de [Lac] próximas às encontradas por Sjödin et al. (1981) (OBLA à 4 mM) e também variabilidade desses resultados (1,11 – 8,12 mM) próximos aos achados de Stegmann et al. (1981), que identificaram variação de 1,40 a 7,50 mM para o Lan. Isso possibilita a afirmação de que o TI realizado em pista, com estágios de 800 metros, como sugerido por Tegtbur et al. (1993), é adequado para determinação do Lacmin em atletas corredores. Esse também foi o protocolo de TI utilizado por Simões et al. (2005) em 20 fundistas, diferindo apenas no número de estágios, quatro para o presente estudo e seis para o estudo de Simões et al. (2005).

Embora esses autores também tenham obtido resultados satisfatórios com o uso do protocolo de TI citado, os autores identificaram Lacmin médio de 5,00 mM para os atletas avaliados, enquanto nossos achados mostraram valor de 3,41 mM. Essa diferença entre nossos

achados e o de Simões et al. (2005) pode ser explicada em parte, pela variabilidade inter-indivíduo e pelo período de treinamento estudado, que não foi detalhado no estudo desses autores.

Durante estudo-piloto, foi possível identificar que a utilização do modelo de Vcrit reduziu consideravelmente os erros em determinar as intensidades ideais para o teste. Assim, a utilização do modelo se tornou útil tanto para identifica-las quanto para gerar resultados indiretos sobre a transição aeróbia-anaeróbia, passíveis de comparação ao Lacmin.

A partir dessa identificação e por entendermos que a Vcrit é válida para inferir sobre capacidade aeróbia (Kokubun et al., 1996; McLellan e Cheung, 1992; Wakayoshi et al., 1992; Jenkins e Quigley, 1998), as velocidades aplicadas durante os quatro estágios do TI foram identificadas a partir dos valores percentuais de 70%, 85%, 115% e 130% da Vcrit para cada participante. Vários outros métodos para auxiliar a seleção das cargas do TI no protocolo de Lacmin podem ser encontradas na literatura (Jones e Doust, 1998; Simões et al., 2005; Padorno et al., 2005; Ribeiro et al., 2008; Johnson et al., 2009), porém nenhum deles utiliza o modelo de Vcrit.

Com base em revisão realizada, somente o estudo de Simões et al. (2005) relacionou Vcrit com os achados do Lacmin, em corredores fundistas. Porém, eles não usaram esses resultados para determinar as intensidades do TI. Para esse fim, foi realizada uma corrida máxima de 3000 metros, tendo a velocidade média apresentada nessa distância como base dos cálculos.

Ao relacionar os valores de Vcrit e Lacmin, esses autores identificaram alta correlação e diferença significativa entre eles, com Vcrit de 17,52 Km/h e Vlacmin 16,86 Km/h. Resultado semelhante foi demonstrado por nossos achados, que também identificaram valores superiores de Vcrit (12,88 Km/h) em relação à Vlacmin (11,61 Km/h) em atletas velocistas, meio-fundistas e fundistas. Os dois estudos mostram que a Vcrit parece

superestimar não só o Lan (McLellan e Cheung, 1992) e a MFEL (Jenkins & Quigley, 1990), mas também a Vlacmin.

Apesar dessa semelhança entre os resultados, os achados de Simões et al. (2005) identificaram superestimação de 3,8% da Vcrit sobre a Vlacmin, enquanto nosso estudo encontrou 9,8%. Essa diferença talvez seja explicada, além das possibilidades descritas sobre os resultados de Lacmin para as amostras dos dois estudos, por uma possível em relação ao nível de treinamento dos atletas, uma vez que indivíduos mais treinados parecem apresentar resultados entre Vcrit e Vlacmin mais próximos (D`angelo, 2008).

Diferente da Vcrit, bem consolidada como parâmetro aeróbio, o significado fisiológico da capacidade de corrida anaeróbia ainda é alvo de inúmeros estudos, devido à dificuldade em estimar o acúmulo total ou degradação dos metabólitos associados com a ressíntese de ATP para a musculatura ativa. Mesmo com essa dificuldade, a capacidade de trabalho anaeróbia parece ser moderadamente correlacionada com indicadores anaeróbios como o deficit de oxigênio (Hill e Smith, 1994).

Apesar disso, ao correlacionar a CCA com as demais variáveis do presente estudo, não encontramos correlação entre o resultado para CCA dos atletas e demais parâmetros anaeróbios indicados pelo *RAST* ( $P_{max}$ ,  $P_{med}$ ,  $P_{min}$  e  $IF$ ), tanto para toda a amostra quanto para amostras separadas por gêneros e por especialidades. Esse fato contradiz os achados do estudo de Hill & Smith (1994), onde concluem que há uma moderada correlação entre CTA e indicadores anaeróbios. Apesar disso, nossos achados corroboram com as informações apontadas por Marangon et al. (2002) e Gobatto et al. (2005) ao concluírem que ainda não se sabe quais seriam as reservas anaeróbias relacionadas à CTA e que mais estudos acerca dessa variável deveriam ser realizados para seu melhor entendimento.

Ao contrário do que foi observado nos resultados sobre os parâmetros anaeróbios descritos anteriormente, foi possível identificar valores significativos para a correlação entre

Lacrep e Lacpic, Lacpic e Lacmin e Lacrep e Lacmin. Esses resultados indicam uma interdependência entre essas três variáveis e levanta a hipótese de que possa existir, principalmente, uma possível dependência dos resultados de Lacmin em relação à situação fisiológica apresentada em repouso e após a fase de indução.

Por outro lado, o estudo não objetivou a comparação de diferentes situações para [Lac] em uma mesma amostra e por isso não pode apresentar resultados sobre a existência ou inexistência de diferenças entre Lacmin obtidos por métodos diferentes.

Com esse objetivo, Carter et al. (1999a) identificaram em seu estudo que, para variadas intensidades realizadas durante o TI, diferenças significativas foram encontradas nos valores de Lacmin e Vlacmin. Alterações dos valores de Lacmin também foram encontradas por Santhiago et al. (2008) ao analisarem diferentes métodos de indução à hiperlactacidemia e por Ribeiro et al. (2008), ao avaliarem os diferentes métodos de recuperação.

Em contrapartida, estudos têm sugerido que o Lacmin é um protocolo válido (Simões et al., 2005) para se estimar a transição aeróbio-anaeróbia e que não é protocolo dependente (Simões et al., 2003; Smith et al., 2002). Tem sido demonstrado também que o Lacmin não é influenciado pelos diversos métodos de hiperlactacidemia (Smith et al., 2002).

Como citado ao longo dessa discussão, diversos são estudos que analisam o método de Lacmin, mas ainda não existem, ao nosso conhecimento, estudos em humanos que avaliem a taxa de sucesso e insucesso desse protocolo e relacionem esses achados às variáveis metodológicas e fisiológicas apresentadas no teste.

Araújo et al. (2007) , ao avaliarem o Lacmin por diferentes protocolos de indução à hiperlactacidemia em ratos nadadores, não identificaram diferença significativa nos valores de Lacmin para os quatro modelos utilizados. Porém, para todos eles as taxas de sucesso na determinação do valor de Lacmin foram diferentes (50, 55, 80 e 91%). Isso destaca a importância em se avaliar o sucesso na determinação de Lacmin em diferentes protocolos.

Como critérios para identificação do sucesso do teste, esse estudo utilizou o valor de  $R^2$  e o perfil de U positivo da curva de regressão para os valores de Lac, ambos utilizados também em nosso estudo.

Assim, ao avaliarmos a taxa de sucesso com o protocolo em questão, foi possível encontrar valores significativos para Lacmin e Vlacmin em 85,20% das avaliações realizadas. Além disso, foram encontrados altos valores para  $R^2$ . O conjunto desses fatores demonstra que o protocolo de Lacmin apresenta considerável exequibilidade na sua realização e fidedignidade em seus resultados.

Nenhuma variável analisada mostrou correlação significativa com seus respectivos coeficientes de determinação ou demais critérios de sucesso adotados. Isso demonstra que o sucesso do método não depende diretamente dessas variáveis e/ou que os critérios de sucesso foram insuficientes para chegar a uma conclusão.

Apesar de ter analisado os principais pontos que poderiam gerar o insucesso do método, o presente estudo deixou de analisar os erros metodológicos intrínsecos aos avaliadores como a extração, transporte, armazenamento e leitura das amostras. Talvez, pela inclusão dessas variáveis na análise, fosse possível a identificação dos fatores mais influentes no sucesso/insucesso do protocolo.

Dentre as avaliações de insucesso, todas apresentaram o valor de  $R^2$  inferior a 0,80. Uma delas não alcançou as quatro coletas necessárias, não obtendo também as quatro leituras das amostras e conseqüente análise do Lacmin por quatro pontos. Para as outras três avaliações os demais critérios foram cumpridos, o que reforça a ideia de que fatores externos aos analisados no estudo parecem ser mais decisivos para o insucesso do método.

Estudos epidemiológicos comumente utilizam recursos baseados em análise de área sob a curva (ASC), gerada por um gráfico de dispersão de seus dados, para determinar alterações de uma determinada variável ao longo do tempo, bem como criar índices críticos

dessas alterações. Na literatura, vários são os métodos de cálculo para a ASC (Brand-Miler et al, 2001), como o delineamento e cálculo da área por polígonos, bem como o cálculo da área abaixo da curva de regressão para os dados apresentados.

Segundo Bamber (1975), é possível estimar o valor da área sob a curva pela soma das áreas dos trapézios que dividem a curva, em sua totalidade. Esse foi o método adotado no presente estudo, para tentar identificar a presença de efeito do treinamento e a existência de variáveis mais ou menos sensíveis entre os gêneros e/ou entre os atletas fundistas e velocistas.

Desse modo, para todos os demais dados discutidos, foi utilizado o cálculo de ASC para analisar as variáveis estudadas, por meio da projeção longitudinal efetuada a partir das avaliações transversais. Os dados foram desenvolvidos por meio da relação entre a evolução percentual dos resultados obtidos, tendo como base de cálculo o primeiro resultado, e o tempo decorrido para os três períodos de avaliação.

A partir dos resultados das ASC, foram então realizadas comparações tanto entre as áreas (A1 e A2) da mesma variável, para as especialidades e gêneros, quanto entre as especialidades e gêneros, para cada área. A comparação efetuada entre as áreas 1 e 2 teve como objetivo a identificação de uma evolução mais ou menos pronunciada, de cada variável analisada, na primeira ou segunda metade do período avaliado, para o mesmo grupo. Já a comparação realizada entre as mesmas áreas, para grupos diferentes, teve objetivo em elucidar a expressividade da evolução de uma mesma variável, para dois grupos diferentes (especialidade: velocistas/fundistas e gênero: feminino/masculino).

Para as comparações entre grupos, pôde-se observar apenas diferença significativa na área 1, para Lacpic, entre gêneros, com área do grupo masculino ( $678,47 \pm 15,4$ ) maior que o feminino ( $635,35 \pm 8,51$ ). Esse dado nos aponta a maior expressividade na evolução dessa variável no grupo masculino ao relacionarmos ao feminino, na primeira metade do período avaliado.

Para todas as demais comparações entre fundistas e velocistas e entre os gêneros não foram observadas distinções significantes, mostrando que realmente não houve diferenças ou que não existiu sensibilidade da análise para identificação de modificações entre as especialidades e entre os gêneros para a amostra utilizada e para o período avaliado.

Como o período entre as avaliações não foi o mesmo, com o intervalo entre a primeira e segunda avaliação de 11 semanas e entre a segunda e terceira avaliação igual a cinco semanas, existe a influência do tempo sobre o valor da ASC, o que poderia gerar erro ao se comparar as áreas 1, 2 e 3 para mesma variável. Para que essa comparação fosse possível, foi realizado um ajuste (descrito na análise da ASC, inserido nos métodos do presente estudo) da coordenada horizontal para cada área, gerando duas áreas com períodos iguais a oito semanas cada uma.

A partir do ajuste, nas comparações entre as áreas, para todas as diferenças existentes, a área 2 foi maior que a área 1. Assim, a Pmin foi maior na segunda metade do período avaliado, somente no grupo de velocistas. É sabido que na literatura não existe consenso sobre a variável anaeróbia mais expressiva para indicar a evolução de atletas velocistas. Assim, além de indicar uma pronunciada evolução dessa variável na segunda metade do período avaliado, ao não existir tal diferença em relação às Pmax e Pmed, podemos encontrar maior expressividade da Pmin em relação aos demais parâmetros do RAST.

Existiram também, maiores evoluções na segunda metade do período de treinamento estudado para Lacmin e Lacpic para fundistas e velocistas, além de Lacmin e Vlacmin para o gênero masculino e Vcrit para ambos os gêneros.

Os resultados supradescritos mostram a sensibilidade do método de análise proposto em detectar as alterações dessas variáveis ao longo do treinamento e indicam possibilidade de serem mais sensíveis que as demais variáveis, levando em consideração a amostra utilizada, o período avaliado e as distinções entre os grupos analisados.

Essas diferenças podem ou não ter correlação significativa com variáveis como volume e intensidade de treinamento durante o período avaliado, mas esse não foi o objetivo primário do presente trabalho. Mais relevante do que essas possíveis justificativas, talvez elucidadas pela análise criteriosa de todo programa de treinamento, para os resultados apresentados o mais importante a se destacar é a sensibilidade do método de análise proposto. Com sua utilização foi possível identificar diferenças, mesmo dentro de um mesmo período (período preparatório específico) da periodização do treinamento desses atletas.

Talvez a realização de análises a partir de uma amostra mais numerosa ou de períodos e/ou número de avaliações maiores possibilite a identificação também das demais variáveis, cada uma com sua sensibilidade específica ou então, possibilite a confirmação da ausência sensibilidade ao treinamento e entre os grupos apresentados nesse estudo.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A utilização do RAST foi eficaz em gerar os parâmetros necessários à identificação do Lacmin;
- O uso do modelo de Vcrit possibilitou adequada escolha das intensidades do TI;
- A Vcrit não se mostrou um parâmetro capaz de identificar o real valor da Vlacmin. Porém, parece ser uma interessante ferramenta para acompanhamento das evoluções da Vlacmin ao longo do treinamento;
- O protocolo de Lacmin aplicado à corrida, com o *RAST* na fase de indução e TI em pista pode ser utilizado em corredores, apresentando elevado percentual de sucesso, com mínima influência das variáveis fisiológicas e metodológicas;
- O método de análise longitudinal proposto parece pertinente aos estudos que se propõem discutir a evolução de variáveis aeróbias ou anaeróbias frente ao treinamento, visto que alterações de algumas variáveis foram identificadas;
- Segundo a análise de ASC, a houve sensibilidade ao treinamento para as variáveis Lacpic e Lacmin frente ao treinamento para fundistas e velocistas; Pmin, para velocistas; Vcrit, para ambos os gêneros; Lacmin e Vlacmin, para o gênero masculino;

- Não foi possível identificar a existência de diferenças na evolução das variáveis entre as especialidades estudadas. Já entre os gêneros, somente a evolução do Lacpic mostrou ser diferente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR P. Lactato. **Suplementação mais Ação**, v.3, n. 7, p. 10-12, 2010

ARAÚJO, G.G., MANCHADO, F. B., CAMARGO, B. H., Papoti, M., GOBATTO, C.A. Rast test como indutor de hiperlactacidemia em protocolo de lactato mínimo específico para avaliação aeróbia e anaeróbia de atletas de alto rendimento do basquetebol. **Anais Eletrônico do II Congresso Paulista da Sociedade Brasileira de Fisiologia do Exercício**. São Carlos. v.2:, 2006.

ARAÚJO, G.G., Papoti, M., MANCHADO, F. B., MELLO, M. A. R., GOBATTO, C.A. Protocols for hyperlactatemia induction in the lactate minimum test adapted to swimming rats. *Comparative Biochemistry and Physiology. A. Molecular & Integrative Physiology.* , v.148, p.888 - 892, 2007.

ARAÚJO, G.G., Papoti, M., MANCHADO, F. B., SILVA, A.S.R., SANTHIAGO, V., GOBATTO, C.A. Running anaerobic sprint test as hyperlactatemia inductor in lactate minimum test: Comparison between basketball teams In: **ACSMs 55th Annual Meeting**, , Indianópolis. **Med Sci Sports Exerc**, v.40, p.S300, 2008

BAMBER, D. The área above the ordinal dominance graph and the área below the receiver operating characteristic graph. **Journal of Mathematical Psychology**, v.12, n.4, p.387-415, 1975.

BACON, L.; KERN, M. Evaluating A Test Protocol For Predicting Maximum Lactate Steady State. **J Sports Med Phys Fitness**, V.39, P.300-8, 1999.

BENEKE R, VON DUVILLARD SP. Determination Of Maximal Lactate Steady State Response In Selected Sports Events. **Med Sci Sports Exerc**, v.28 p.241–246, 1996.

BENEKE R. Anaerobic Threshold, Individual Anaerobic Threshold, And Maximal Lactate Steady State In Rowing. **Med Sci Sports Exerc**; v.27, p.863-7, 1995.

BENEKE R. Methodological Aspects Of Maximal Lactate Steady State Implications For Performance Testing. **Eur J Appl Physiol**; v,89, p.95-9, 2003.

BILLAT VL, SIRVENT P, PY G ET AL. The Concept Of Maximal Lactate Steady State: A Bridge Between Biochemistry, Physiology And Sport Science. **Sports Med**, v.33, p.407-26, 2003.

BILLAT, V.L., Current perspectives on performance improvement in the marathon: from universalisation to training optimisation. **News studies in Athletes- ISSF**, v.20, n.3, p.21-396, 2005.

BISHOP, D.; JENKINS, D.G.; HOWARD, A. The critical power function is dependent on the duration of predictive exercise tests chosen. **Int J Sports Med**, v.19, p.125-129, 1998.

BRAND-MILLER, J.; NATEL, G.; SLAMA, G.; Glycaemic index and Health: the quality of the evidence. **Nutrition and health collection**. France: Danone Vitapole,; p.47, 2001.

BROOKS, G.A. Intra- And Extra-Cellular Lactate Shuttles. **Med Sci Sports Exerc**. v.32, n.4, p.790-799, 2000.

BROOKS, G.A. Lactate: Link between glycolitic and oxidative metabolism. **Sports Med**. v. 37, n.4-5, p.341-343, 2007.

CAMPBELL, C.S.G.; SIMÕES, H.S.; DENADAI, B.S. Reprodutibilidade Do Limiar Anaeróbio Individual (Iat) E Lactato Mínimo (Lm) Determinados Em Testes De Pista. **Revista Brasileira De Atividade Física E Saúde**, Londrina, v.3, p.24-31, 1998

CARTER, H.; JONES, A.M.; DOUST, J.H. Changes In Blood Lactate And Pyruvate Concentrations And The Lactate-To-Pyruvate Ratio During The Lactate Minimum Speed Test. **Journal Of Sport And Science**, v.18, p.213-25, 2000.

CARTER, H.; JONES, A.M.; DOUST, J.H. Effect Of 6 Weeks Of Endurance Training On The Lactate Minimum Speed. **Journal Of Sport And Science**, v.17, p.957-67, 1999b.

CARTER, H.; JONES, A.M.; DOUST, J.H. Effect Of Incremental Test Protocol On The Lactate Minimum Speed. **Medicine Science In Sport And Exercise**, v.31, p.837-45, 1999a.

COGGAN, A. R., ABDULJALIL, A. M., SWANSON, S. C., EARLE, M. S., FARRIS, J. W., MENDENHALL, L. A. e ROBITAILLE, P. M.. Muscle metabolism during exercise in young and older untrained and endurance-trained men. **Journal of Appl Physiol** , 75, 2125–33, 1993

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

ENGEL PC AND JONES JB. Causes and elimination of erratic blanks in enzymatic metabolite assays involving the use of NAD<sup>+</sup> in alkaline hydrazine buffers: improved conditions for the assay of Lglutamate, L-lactate, and other metabolites. **Anal. Biochem.** 88: 475-484, 1978

FITTS, R. H., K.S. MCDONALD, E J.M. SCHLUTER. **The determinants of skeletal muscle and power: Their adaptability whith changes in activity pattern.** J. Biomech. 24: 111-122, 1991

GAESSER, G.A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exerc Sports Sci**, v.24, p.35-70, 1996.

GASKILL, S.E.; RUBY, B.C.; WALKER, A.J.; SANCHEZ, O.A.; SEREFASS, R.C.; LEON, A.S. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. **Med Sci Sports Exerc**, v.33, p.1841-1848, 2001.

GLADDEN, L.B. Muscle As A Consumer Of Lactate. **Med Sci Sports Exerc.** v. 32 (4), p. 764-771, 2000.

GOBATTO, C.A.; MANCHADO, F.B.; VOLTARELLI, F.A.; CONTARTEZE, R.V.L.; MELLO, M.A.R. Non-invasive critical load determination in swimming rats: effects of muscle glycogen depletion. **Med Sci Sports Exerc** (suppl), v.37, n.5, p.S331, 2005.

HARNISH, C.R.; SWENSEN T.C.; PATE, R.R. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33,n.6, p. 1052-1055, 2001.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MÜCKE, S.; MÜLLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4-mmol/L lactate threshold. **Int J Sports Med**, v.6, p.117-30, 1985.

HILL DW. The Critical Power Concept. A Review. **Sports Med**; v.16, p.2337-54, 1993

HILL, DW.; SMITH, JC. A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power concept. **J Sports Med Phys Fitness**, v.34, n.1, p.:23-37, 1994

HILL, D.; POOLE, D.; SMITH, J. The relationship between power and the time to achieve VO<sub>2</sub>máx. **Med Sci Sports Exerc**, v.34, n.4, p.709-714, 2002.

JENKINS DG, QUIGLEY BM. Endurance Training Enhances Critical Power. **Med Sci Sports Exerc**. 24:1283-9, 1992.

JENKINS DG, QUIGLEY BM. The Influence Of High-Intensity Exercise Training On The Wlim-Tlim Relationship. **Med Sci Sports Exerc**, v.25, p.275-82, 1993.

JENKINS, D.G.; KRETEK, K.; BISHOP, D. The duration of predicting trials influences time to fatigue at critical power. **J Sci Sports Med**, v.1, p.213-218, 1998.

JOHNSON MA, SHARPE GR, BROWN PI.. Investigations Of The Lactate Minimum Test. **Int J Sports Med**. v.30, n.6, p.448-54, 2009.

JONES, A. M.; DOUSTY, J. H. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state and physiological correlates to 8Km running performance. **Med Sci Sports Exerc**, v.30, p.1304-1313, 1998.

JUEL C. Current aspects of lactate exchange: lactate/H<sup>+</sup> transport in human skeletal muscle. **Eur J Appl Physiol**, v.86, n.1, p.12-6, 2001.

KINDERMANN, W; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **Eur J Appl Physiol**, v.42, p.25-34, 1979.

KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. **Rev bras Educ Fís Esp**, v.10, p.5-20, 1996.

MACINTOSH, B.R.; ESAU, S.; SVEDAHL, K. The Lactate Minimum Test For Cycling: Estimation Of The Maximal Lactate Steady State. **Can J Appl Physiol**, v.27, n.3, p.232-49, 2002.

MADER A & HECK H. A Theory Of Metabolic Origin Of The Anaerobic Threshold. **Int J Sports Med**, v.7, p.45-65, 1986.

MARANGON, L.; GOBATTO, C.A.; MELLO, M.A.R.; KOKUBUN, E. Utilization of an hyperbolic model for the determination of the critical load in swimming rats. **Med Sci Sports Exerc** (suppl), v.34, n.5, p.149, 2002.

MCLELLAN, T.M.; CHEUNG, K.S.Y. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and critical power. **Med Sci Sports Exerc**, v.24, p.543-550, 1992.

MONOD, H.; SCHERER J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics** v.8, p.329-38, 1965.

OYONO-ENGUELLE, S.; HEITZ, A.; MARBACH, J.; OTT, C.; GARTNER, M.; PAPE, A. VOLLMER, J.C.; FREUND, H. Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic thresholds. **Eur J Appl Physiol**, v.60, p.321-330, 1990.

PADORNO, E., SIMÕES, H.G. AND CAMPBELL, C.S.G. Effects of methodological variations on lactate minimum identification. **Rev bras Educ Fís Esp**, v.119, n.1, p.25-33, 2005.

PHILP, A.; MACDONALD, A.L.; WATT, P.W. Lactate – a signal coordinating cell and systemic function. **The journal of experimental biology**. V. 208, p. 4561-4575, 2005.

POWERS S.K., HOWLEY E.T. **Fisiologia do Exercício: Teoria e Aplicação ao condicionamento e desempenho**, ed. Manole, 2000.

PRINGLE JS, JONES AM. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. **Eur J Appl Physiol.**, v.88, n3, p.214-26, 2002.

RIBEIRO, L. F. P. ; BALIKIAN, P. ; BALDISSERA, V. ; MALACHIAS, P. C. . Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 43, , p. 312-318, 2003.

RIBEIRO, L.F.P. ; MALACHIAS P.C. ; JUNIOR, P.B. E BALDISSERA, V. Lactate and glucose minimum speeds and running performance, **J Sci Med Sport**, v.7, n.1, p.123-127, 2004.

RIBEIRO, L. F. P. ; GONÇALVES, C. G. S.; KATER, D.P.; LIMA, M.C.S. ; GOBATTO, C.A.. Influence of recovery manipulation after hyperlactemia induction on the lactate minimum intensity. **Eur J Appl Physiol**, v.105, n.2, p.159-65 2008.

ROBERTS, D.; SMITH, D.J. Biochemical Aspects of Peripheral Muscle Fatigue: a review. **Sports Med**, v.7, p.125-138, 1989.

ROSEGUINI, A.Z., SILVA, A.S.R., GOBATTO, C.A. Determinações e relações dos parâmetros anaeróbios do RAST, do limiar anaeróbio e da resposta lactacidêmica obtida no início, no intervalo e ao final de uma partida oficial de handebol. **Rev Bras Med Esporte**, v.14, p.46-50, 2008.

ROTH, D.A. The sarcolemmal lactate transporter: transmembrane determinants of lactate flux. **Med Sci Sports Exerc.** v.23, n.8, p. 925-934, 1991.

SANTHIAGO, V.; SILVA, A. S. R.; GUGLIELMO, L. A.; HIGINO, W. P. Influência Da Forma De Indução À Acidose Na Determinação Da Intensidade De Lactato Mínimo Em Corredores De Longa Distância. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v.14, n.4, p.393-398, 2008.

SILVA ASR, SANTOS FNC, SANTHIAGO V., GOBATTO CA. Comparacao Entre Metodos Invasivos E Nao Invasivo De Determinacao Da Capacidade Aerobia Em Futebolistas Profissionais. **Rev Bras Med Esporte**, v.11, p.233-7, 2005.

SIMÕES HS, CAMPBELL CSG, BALDISSERA V, DENADAI BS, KOKUBUN E. Determination Of The Anaerobic Threshold By Blood Lactate And Glucose Measurements In Track Tests For Runners. **Rev Bras Med Esporte**, v.12, n.1, p.17-30, 1998.

SIMÕES, H.G.; CAMPBELL, C.S.G.; KUSHNICK, M.R.; NAKAMURA, A.; KATSANOS, C.S.; BALDISSERA, V.; MOFFATT, R.J. Blood glucose threshold and the metabolic responses to incremental exercise tests with and without prior lactic acidosis induction. **Eur J Appl Physiol.**, v.89, n.6, p.603-11, 2003.

SIMÕES, H.G. ; DENADAI, B. S. ; BALDISSERA, V. ; HILL, D. W. ; CAMPBELL, C. S. G . Relationship and significance of lactate minimum, critical velocity, heart rate deflection and 3000m track-tests for running. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 45, p. 441-451, 2005.

SJÖDIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. **Int J Sports Med**, v.2, p.23-6, 1981.

SMITH, M.F.; BALMER, J.; COLEMAN, D.A.; BIRD, S.R.; DAVISON, R.C.R. Method Of Lactate Elevation Does Not Affect The Determination Of The Lactate Minimum. **Med Sci Sports Exerc**, v.34, n.11, p.1744-1749, 2002.

SOTERO RC, PARDONO E, ATHAYDE T, CAMPBELL CSG, SIMÕES HG. Polynomial Function Identifies The Lactate Minimum By A Variety Of Incremental Stages. **Med Sci Sports Exerc**, v.38, p.504, 2006.

SOTERO, R. C.; CAMPBELL, C. S. G.; PARDONO, E.; PUGA, G. M.; SIMÕES, H. G.. Ajuste Polinomial Como Nova Técnica Para Determinação Da Velocidade Do Lactato Mínimo Com Redução De Coletas Sanguíneas. **Rev Bras Cineantropom. Desempenho Hum**, v 9, n.4, p. 327 – 332, 2007.

SOUZA T N.T, YAMAGUTI SAL, CAMPBELL CSG, SIMÕES HG. Lactate Minimum And Glucose Minimum Identification In Physically Active Subjects. **Rev Bras Ci E Mov**, v.11, n.2, p.71-75, 2003.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate Kinetics And Individual Anaerobic Threshold. **Int. J. Sports Med.**, v. 2, n. 3, p. 160 5, 1981.

TEGTBUR, U.; BUSSE, M.W.; BRAUMANN, K. M.. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v.25, p.620-7, 1993.

VIEIRA, S. e FREITAS, A (1967). **O que é atletismo: História, regras e curiosidades**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra: COB, 2007. p.156.

VOLTARELLI, F. A.; GOBATTO, C. A.; MELLO, M. A. R. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. **Braz J Med Biol Res**, v.35, p.1-6, 2002.

WAKAYOSHI, K.; ILKUTA, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; HARADA, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y. et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **Eur J Appl Physiol**, v.64, p.153-157, 1992.

WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **Am J Cardiol**, v.14; p. 844-852, 1964.

WESTERBLAD, H., ALLESN, D.G., LANENERGREN, J. Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause? **New Physiol Sci**, v. 17, p. 17-21, 2002.

ZACHAROGIANNIS, E., PERADISIS G, Tziortzis S. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity. **Med Sci Sports Exerc** v.36: S116, 2004.

ZAGATTO AM, BECK WR, GOBATTO CA. Validity Of The Running Anaerobic Sprint Test For Assessing Anaerobic Power And Predicting Short-Distance Performances, v.23, n.6, p.1820-7, 2009.

ZAGATTO, A.M.; PAPOTI, M. ; CAPUTTO, F.; MENDES, O.C.; DENADAI, B.S.; BALDISSERA, V.; GOBATTO, C.A.. Comparação entre a utilização da saliva e sangue para determinação do lactato mínimo em cicloergômetro e ergômetro de braço em mesa-tenista. **Rev Bras de Med Esporte**, v. 10, p.481-486, 2004.

ZEMKOVA', E AND HAMAR, D. "All-Out" Tethered Running As Na Alternative To Wingate Anaerobic Test. **Kinesiology**, v.36, p.165–172, 2004.

# APÊNDICE A

**ESTUDO ELABORADO NO FORMATO DE ARTIGO CIENTÍFICO E SUBMETIDO  
À REVISTA BRASILEIRA DE CINEANTROPOMETRIA E DESEMPENHO**

**Autores:**

Vinícius de Carvalho Andrade<sup>1</sup>, Fúlvia de Barros Manchado-Gobatto<sup>1</sup>, Mário Luis de Almeida Leme<sup>1</sup>, Gustavo Gomes de Araujo<sup>2</sup>, Cláudio Luiz de Souza Meireles<sup>3</sup>, Ídico Luiz Pellegrinotti<sup>1</sup>

1 Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP; FACIS, São Paulo – Brasil.

2 Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Alagoas - Brasil.

3 Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, São Paulo - Brasil.

## **AVALIAÇÃO AERÓBIA PARA CORREDORES: ANÁLISE DE PROTOCOLOS INVASIVOS E NÃO INVASIVOS**

### ***AEROBIC ASSESSMENT FOR RUNNERS: ANALYSIS OF INVASIVE AND NON INVASIVE PROTOCOLS***

**Resumo** - O teste de Lactato Mínimo é considerado um importante indicador de capacidade aeróbia. Sabe-se que a superestimação da capacidade aeróbia pode gerar prejuízo ao atleta, elevando os riscos de lesões decorrentes do treinamento. Ainda não existem estudos que identifiquem a taxa de sucesso desse teste e que relacionem os resultados à prevenção desses tipos de lesões. Os objetivos do estudo foram: 1) Avaliar a taxa de sucesso do Lactato Mínimo adaptado em corredores treinados; 2) Identificar a relação entre Velocidade Crítica e intensidade de Lactato Mínimo; 3) Analisar criticamente os resultados do protocolo frente aos parâmetros preventivos relacionados ao treinamento. Os testes foram realizados em pista, com 10 atletas corredores. O *Running Anaerobic Sprint Test* foi utilizado para induzir a hiperlactacidemia e faixas percentuais da Velocidade Crítica foram usadas para selecionar as intensidades do Teste Incremental. Os resultados foram identificados através de ajuste polinomial de grau dois para os pontos plotados em um gráfico lactato *versus* velocidade. Foi encontrada uma taxa de sucesso de 85,20% e alta correlação entre a Velocidade Crítica e a intensidade na qual ocorreu o Lactato mínimo ( $r = 0,85$ ,  $p=0,00001$ ). Conclui-se que o protocolo sugerido apresenta alta taxa de sucesso, além de ser útil no monitoramento das evoluções ao longo do treinamento, podendo favorecer a redução dos riscos de lesão causados ele.

**Palavras-chave:** Ácido Lático; Limiar Anaeróbio; Corrida; Desempenho Atlético; Prevenção & Controle.

**Abstract** - *The Lactate Minimum Test is considered an important indicator of aerobic capacity. It is known that the overestimation of aerobic capacity can lead athlete's prejudice, increasing the risk of injury due to training. There are still no studies that identify the success rate of this test and the results that relate to prevention of these injuries. The objectives of this study were: 1) Evaluate the success rate of Lactate*

*Minimum adapted in trained runners, 2) Identify the relationship between critical velocity and intensity of lactate minimum, 3) Examine the results of the protocol in the following preventive parameters related to training. The tests were performed on a track, with 10 runners. The Anaerobic Running Sprint Test was used to induce hyperlactacidemia and percentage tracks of critical velocity were used to select the levels of Incremental Test. The results were identified by fitting second degree polynomial for the points plotted on a graph lactate versus velocity. We found a success rate of 85.20% and high correlation between Critical Velocity and intensity of Lactate Minimum ( $r = 0.85$ ,  $p = 0.00001$ ). In conclusion, the suggested protocol showed high success rate and is useful to monitor developments during the training, allowing the reduction of risk of injury created by training protocols.*

**Key words:** *Lactic Acid; Anaerobic Threshold; Running; Athletic Performance; Prevention & Control.*

## **INTRODUÇÃO**

É sabido que as lesões esportivas têm causalidade multifatorial<sup>1</sup>, com todos seus elementos interagindo de forma dinâmica<sup>2</sup>, com influência de fatores externos (eventos suscetíveis) e internos (características fisiológicas, biomecânicas, etc.) sobre os atletas<sup>2</sup>. Dentre essas diversas causas, podemos destacar a influência do treinamento que, ao buscar o máximo desempenho do atleta, pode exceder seus limites fisiológicos.

Em estudos sobre prevenção de lesões esportivas, a intensidade de treinamento exacerbada na maioria das vezes não é destacada como causa, pois não proporciona diretamente o evento de lesão. Porém, ao exceder esses limites individuais dos atletas, o treinamento pode gerar alterações fisiológicas que interagem com outros fatores de risco<sup>2</sup>, podendo potencializar a chance de lesão.

Dessa maneira, é imprescindível para o processo de prevenção de lesões no esporte, a utilização de métodos de avaliação exequíveis e com especificidade e/ou sensibilidade ao treinamento imposto, que possam identificar as intensidades e faixas de exercício individualizadas, potencializando resultados, sem gerar riscos excessivos e adicionais. Além disso, as avaliações fisiológicas ao longo da periodização podem sinalizar possíveis equívocos de prescrição do treinamento.

Para determinação das condições aeróbia e anaeróbia de atletas, é possível destacar o protocolo de Lactato Mínimo (Lacmin)<sup>3</sup>. Esse teste constituído pela realização de esforços máximos por breve período de tempo, capazes de elevar a lactacidemia, seguido de um prazo de recuperação, no qual ocorre o aumento da concentração sanguínea de lactato ([Lac]). Logo após, o avaliado é submetido a um teste incremental (TI) com coletas de sangue e posterior análise da curva lactacidêmica.

Dessa forma, nos estágios iniciais do TI, a remoção de lactato (Lac) é superior à sua produção e a [Lac] diminui até o momento onde novamente inicia-se sua elevação<sup>3</sup>. Essa característica fornece uma curva lactacidêmica em formato de “U”, onde o valor mínimo de Lac verificado no teste, bem como a intensidade de exercício equivalente a esse ponto, representam o momento de inversão metabólica ou a máxima intensidade de exercício com predominância aeróbia<sup>4,5</sup>.

A correta seleção de intensidades para o TI é de suma importância para o sucesso da metodologia<sup>6,7</sup>. Dessa forma, a aplicação de intensidades inadequadas pode levar a uma menor incidência de sucesso na determinação do Lacmin<sup>6,7</sup>. Assim, o modelo de Velocidade Crítica (Vcrit) talvez possa ser útil para auxiliar a seleção das intensidades do TI, por ser um método indireto e de simples aplicação, válido para inferir sobre capacidade aeróbia devido às altas correlações observadas entre a Vcrit e intensidades determinadas por procedimentos invasivos, tais como o limiar anaeróbio obtido por concentração fixa de lactato sanguíneo<sup>8</sup> e limiar anaeróbio individual<sup>9</sup>.

Já em relação à fase de indução à hiperlactacidemia, é possível apontar interferência do protocolo usado sobre a taxa de sucesso do método de Lacmin, sem que haja alterações significativas nos seus resultados<sup>6,7,10,11</sup>. Nesse contexto, a especificidade do teste é de suma importância e atividades com gestuais similares ao esporte avaliado devem ser priorizadas. Um bom exemplo é o *Running Anaerobic Sprint Test (RAST)*<sup>12,13</sup>, que estima potência e índice de fadiga de corredores e, recentemente vem sendo utilizado com objetivo de induzir a hiperlactacidemia nos testes de Lacmin em esportes com gestual de corrida<sup>7,14,15</sup>.

Dessa forma, a identificação de variáveis que se relacionem ao sucesso do teste de Lacmin é de fundamental importância, sejam elas relacionadas à primeira fase do teste ou ao TI. Apesar disso, não existem estudos que avaliem e discutam sobre as taxas de sucesso referente à determinação do Lacmin em humanos, além

de existir poucas informações sobre a relação entre a intensidade de exercício referente à transição aeróbia-anaeróbia pelos métodos de Lacmin e Vcrit em corredores.

Sendo assim, os objetivos do presente estudo foram: 1) Avaliar a taxa de sucesso do método de Lacmin adaptado, aplicado à corredores treinados; 2) Analisar da relação entre Vcrit e a intensidade de exercício referente ao Lacmin (Vlacmin) obtidos pelo método utilizado; 3) Analisar criticamente os resultados do protocolo frente aos parâmetros preventivos apontados.

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **Dados amostrais**

Após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba (protocolo 65/09) e assinatura do termo de consentimento de consentimento livre e esclarecido, foram avaliados atletas corredores de uma mesma equipe, com pelo menos dois anos de treinamento regular, controlado, sistematizado e periodizado.

Foram utilizados seis velocistas, dois fundistas e dois velocistas/meio-fundistas, sendo quatro do gênero feminino e seis do gênero masculino, com média etária de  $21 \pm 1$  anos. No total foram realizadas 27 avaliações, no período preparatório geral da periodização empregada para a equipe, para determinar o Lacmin e Vlacmin.

### **Procedimento experimental**

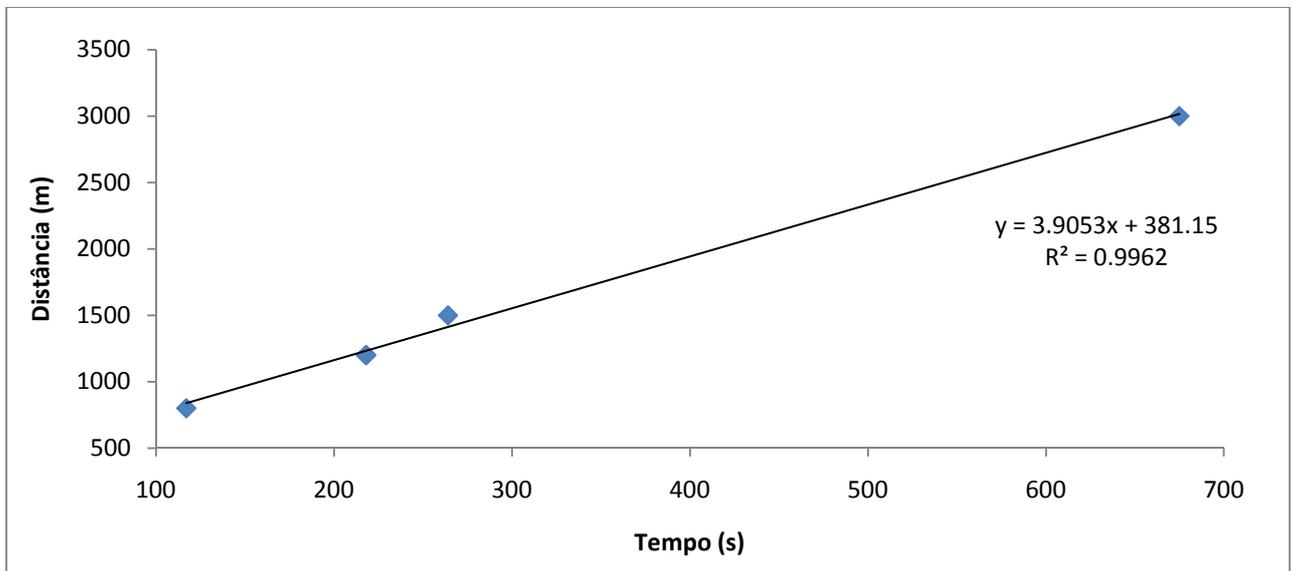
Foram realizados dois protocolos de avaliação aeróbia/anaeróbia: modelo de Vcrit e protocolo de Lacmin, além da utilização do *RAST* como implemento para a necessária indução hiperlactacidêmica do Lacmin.

Inicialmente, foram executadas corridas em quatro distâncias, efetuadas aleatoriamente, em quatro dias consecutivos, para a determinação de Vcrit, utilizada na seleção das intensidades do TI. Em um segundo momento o protocolo de Lacmin foi aplicado, com a realização do *RAST*, seguido do TI.

Todos os testes foram realizados em pista oficial de atletismo, no mesmo horário ( $\pm 1$  hora) e em condições climáticas similares à rotina de treinamento.

### Determinação da $V_{crit}$

Foram realizadas corridas máximas, nas distâncias 800, 1200, 1500 e 3000 metros, com registro do tempo despendido para execução de cada uma. O ajuste linear distância vs tempo foi utilizado, sendo o coeficiente angular da regressão equivalente à intensidade de  $V_{crit}$  (figura1).



**Figura 1.** Exemplo do modelo matemático utilizado no presente estudo, para obtenção dos valores de  $V_{crit}$ . Os dados acima expostos foram obtidos por um dos participantes.

### Protocolo do Lacmin

Para a fase de indução, necessária ao método de Lacmin, foi utilizado o *RAST*, constituído por seis tiros máximos de 35 metros e intervalos passivos de 10 segundos entre cada tiro.

Após oito minutos de recuperação ao final do *RAST*, utilizou-se raia central (400m) da pista para execução do teste. Cada atleta realizou quatro estágios de 800m, com aumento da intensidade a cada estágio.

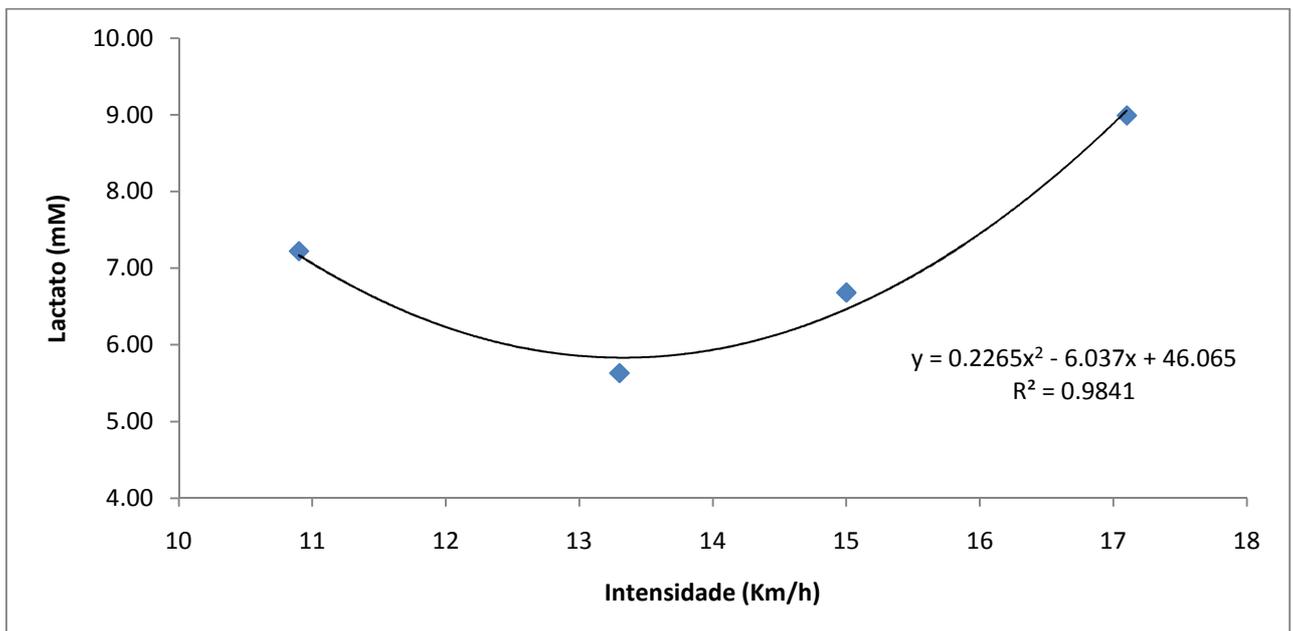
Foi adotado para cada atleta, o uso das intensidades de 70, 85, 115 e 130% da  $V_{crit}$ , com controle realizado por avisos sonoros e demarcações visuais a cada 100 metros na pista.

### Amostras de sangue

Foram coletadas do lóbulo da orelha (25 $\mu$ L) em oito momentos, utilizando capilares heparinizados e calibrados, e posteriormente depositados em tubos para centrífuga contendo 400 $\mu$ L de ácido tricloroacético (4%). Inicialmente a coleta realizou-se no pré-teste, para identificação da [Lac] de repouso (Lacrep). Após o término do *RAST*, foram realizadas coletas ao 3º, 5º e 7º minuto da fase de recuperação para identificação do pico lactacidêmico (Lacpic). As quatro demais coletas foram realizadas ao fim de cada fase do TI. O material coletado foi analisado por método enzimático<sup>16</sup>.

### Determinação do Lacmin

Foram utilizadas as quatro concentrações de lactato identificadas durante as fases do TI. Esses valores foram relacionados com as respectivas intensidades realizadas, plotando-se um gráfico [LAC] *versus* velocidade. A determinação do Lacmin e  $V_{lacmin}$  foi procedida por ajuste dos dados através de função polinomial de grau dois<sup>17</sup> (figura 2).



**Figura 2.** Exemplo do modelo matemático utilizado no presente estudo, para obtenção dos valores de Lacmin e Vlacmin. Os dados acima expostos foram obtidos por um dos participantes.

### **Determinação do sucesso/insucesso**

Foi considerado como resultado de sucesso, as avaliações que apresentaram valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ )  $\geq 0,80^7$  e perfil do ajuste em formato de U positivo para a curva de regressão<sup>7</sup>, bem como o TI concluído para os quatro estágios, as coletas sanguíneas e leitura de lactato realizadas em sua totalidade.

### **Análise estatística**

Confirmada a normalidade dos dados por teste Shapiro-Wilk, foi realizada correlação de Pearson para todas as variáveis analisadas, além de análise descritiva avaliando o percentual de sucesso. Para comparar as intensidades de exercício determinadas pela Vcrit e Lacmin, foi utilizado o Teste t-Student pareado. Para todas as análises efetuadas, foi utilizado o pacote Biostat 5.0, com nível de significância pré-fixado em 5%.

## **RESULTADOS**

Os dados estão apresentados em média e erro padrão da média. A Tabela 1 explicita os resultados para as [Lac] encontradas, bem como as intensidades de exercício identificadas pela Vcrit e Vlacmin. Já a Tabela 2, detalha as informações sobre as avaliações de sucesso e insucesso.

**Tabela 1.** Resultados obtidos para Vcrit, Vlacmin e [Lac].

	<b>Vcrit (km/h)</b>	<b>Vlacmin (km/h)</b>	<b>Lacrep (mM)</b>	<b>Lacpic (mM)</b>	<b>Lacmin (mM)</b>
<b>MÉDIA</b>	12,88 $\pm$ 0,54	11,61 $\pm$ 0,39	1,32 $\pm$ 0,08	8,41 $\pm$ 0,39	3,27 $\pm$ 0,34

**Tabela 2.** Sucesso do método e resultados obtidos para as avaliações de sucesso.

	n	%	R <sup>2</sup>	Lacrep (mM)	Lacpic (mM)	Lacmin (mM)
<b>Sucesso</b>	23	85,20	0,97 ±0,01	1,32 ±0,08	8,41 ±0,39	3,27 ±0,34
<b>Insucesso</b>	4	14,80	0,58 ±0,15	1,46 ±0,13	8,50 ±1,11	4,49 ±1,00

Foi verificada diferença significativa entre as velocidades encontradas pelo método invasivo e não invasivo, com Vcrit de 12,88 (±0,54) Km/h e Vlacmin igual a 11,61 (±0,39) Km/h. Apesar da Vcrit superestimar o Lacmin em 9,8%, houve elevada e significativa correlação entre esses parâmetros ( $r = 0,85$ ;  $p = 0,00001$ ). Houve também correlação significativa para Lacrep e Lacpic ( $r = 0,47$ ), Lacrep e Lacmin ( $r = 0,68$ ) e para Lacpic e Lacmin ( $r = 0,61$ ), demonstrados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Correlação entre as variáveis do estudo.

	Lacrep	Lacpic	Lacmin	R <sup>2</sup>	Vlacmin	Vcrit
<b>Lacrep</b>	-	0.4751*	0.6885*	- 0.1711	0.3847	0.2220
<b>Lacpic</b>	0.4751*	-	0.6151*	- 0.1921	0.0882	-0.0600
<b>Lacmin</b>	0.6885*	0.6151*	-	-0.3604	0.3708	0.0863
<b>R<sup>2</sup></b>	- 0.1711	- 0.1921	-0.3604	-	0.0893	0.2729
<b>Vlacmin</b>	0.3847	0.0882	0.3708	0.0893	-	0.8505*
<b>Vcrit</b>	0.2220	-0.0600	0.0863	0.2729	0.8505*	-

\* Valores para  $p \leq 0,05$ .

## DISCUSSÃO

O protocolo de Lacmin proposto no presente estudo utilizou o teste denominado *RAST*<sup>12</sup> para gerar o estado hiperlactacidêmico necessário ao método. Esse teste foi recentemente validado, de forma constructa<sup>13</sup> e vem sendo utilizado com esse objetivo em esportes que utilizam a corrida como gesto motor principal<sup>15,14</sup>. Ele é também capaz de inferir sobre o desempenho em corridas de 35, 50, 100, 200 e 400 metros<sup>13</sup>, o que demonstra sua especificidade principalmente para atletas velocistas, o maior número dos atletas aqui estudados.

Com sua utilização, foi possível obter valores de Lacpic adequados para realização do teste e posterior determinação do Lacmin. Apesar de adequado, os

valores encontrados para Lacpic (8,42 mM) foram menores que outros estudos, como os de Zagatto et al.<sup>18</sup>, com valor de 15,70 mM para Lacpic após o RAST e Santhiago et al.<sup>11</sup>, com valores mais elevados para Lacpic (11,27 mM).

Por outro lado, os valores de Lacpic encontrados por nosso estudo corroboram com os achados de Ribeiro et al.<sup>5</sup>, que mostraram Lacpic de 7,60 mM e com resultados de Souza et al.<sup>19</sup>, que identificaram valores de Lacpic acima de 8,00 mM como satisfatórios para se determinar o Lacmin.

Além disso, ainda não é sabido se os valores de Lacpic podem interferir nos resultados de Lacmin ou se, alterações do Lacmin induzidas pelo método utilizado alterariam também a Vlacmin, resultado-alvo desse teste. Padorno et al.<sup>20</sup> e Santhiago et al.<sup>11</sup> apresentaram situações onde protocolos diferentes geraram concentrações distintas de Lacpic e/ou Lacmin, mas não diferiram em relação à Vlacmin. Já Carter et al.<sup>6</sup> e Ribeiro et al.<sup>5</sup> apontam essa possibilidade como controversa, uma vez que seus estudos mostraram haver diferença não só da [Lac], mas também da Vlacmin para protocolos diversificados.

Para o TI, nosso estudo utilizou um protocolo progressivo em pista de atletismo visando obter resultados mais reais às condições apresentadas pelos atletas durante os treinos e na realização das provas.

Com esse objetivo, o TI proposto possibilitou a obtenção de [Lac] próximas às encontradas por Sjödin et al.<sup>21</sup> e também variabilidade (1,11 a 8,12 mM) semelhante aos achados de Stegmann et al.<sup>22</sup>, que identificaram variação de 1,40 a 7,50 mM. Isso possibilita a afirmação de que o TI realizado em pista, com estágios de 800 metros<sup>3</sup>, é adequado para determinação do Lacmin em atletas corredores.

Simões et al.<sup>23</sup> utilizaram protocolo semelhante, porém o valor de Lacmin médio foi de 5,00 mM, enquanto nossos achados mostraram valor de 3,41 mM. Essa diferença de resultados pode ser explicada em parte, pela variabilidade amostral e pela fase de treinamento analisada em cada um dos estudos.

Durante nosso estudo-piloto, foi possível identificar que a utilização do modelo de Vcrit reduziu consideravelmente os erros em determinar as intensidades ideais para o teste. Assim, a utilização do modelo pode ser útil tanto para identifica-las quanto para gerar resultados indiretos sobre a transição aeróbia-anaeróbia, passíveis de comparação ao Lacmin.

Somente Simões et al.<sup>23</sup> relacionaram Vcrit aos achados do Lacmin em corredores, mas sem utilização dos resultados na determinação das intensidades do

TI. Ao relaciona-los, Simões et al.<sup>23</sup> identificaram alta correlação e diferença significativa, com Vcrit de 17,52 km/h e Vlacmin 16,86 km/h. Resultado semelhante foi demonstrado por nossos achados, que também encontraram valores superiores de Vcrit (12,88 km/h) em relação à Vlacmin (11,61 km/h) em atletas velocistas, meio-fundistas e fundistas. Ambos os estudos mostram que a Vcrit parece superestimar não só o Lan<sup>9</sup>, mas também a Vlacmin. Apesar disso, a Vcrit parece ser uma interessante ferramenta para acompanhamento das evoluções da Vlacmin ao longo do treinamento, visto que os dois parâmetros são altamente correlacionados.

As correlações encontradas entre Lacrep, Lacpic, Lacmin levantam a hipótese da existência de dependência dos resultados de Lacmin em relação à situação fisiológica apresentada em repouso e após a fase de indução. Porém, o nível de correlação apresentado desfavorece tal confirmação.

Carter et al.<sup>6</sup> identificaram que, para variadas intensidades realizadas no TI, diferenças significativas ocorreram entre Lacmin e Vlacmin. Alterações de Lacmin também foram encontradas por Santhiago et al.<sup>11</sup> ao analisarem diferentes métodos de indução à hiperlactacidemia e por Ribeiro et al.<sup>5</sup>, ao avaliarem os diferentes métodos de recuperação.

Em contrapartida, estudos têm sugerido que o Lacmin é um protocolo válido<sup>23</sup> para se estimar a transição aeróbia-anaeróbia e que não é protocolo-dependente<sup>10,24</sup>, além de não ser influenciado pelos diversos métodos de hiperlactacidemia<sup>10</sup>.

Avaliando diferentes protocolos de indução à hiperlactacidemia em ratos nadadores, Araújo et al.<sup>7</sup> não identificaram diferença significativa no Lacmin para os quatro modelos utilizados. Porém, para todos eles as taxas de sucesso na determinação do valor de Lacmin foram diferentes (50, 55, 80 e 91%). Esse achado destaca a importância em se avaliar o sucesso na determinação de Lacmin em diferentes protocolos.

Assim, ao avaliarmos a taxa de sucesso com o protocolo em questão, foi possível encontrar valores significativos para Lacmin e Vlacmin em 85,20% das avaliações realizadas, com altos valores para R<sup>2</sup>.

Métodos de avaliação de difícil introdução à rotina de treinamento, inespecíficos ao esporte e que não levam em consideração a individualidade do atleta, apresentam resultados mais questionáveis e com maior margem de erro.

Esse fato pode reduzir o aumento de desempenho, ao subestimar a capacidade do indivíduo, ou pode aumentar o risco de lesão, ao superestimar-la.

Vários estudos sobre prevenção<sup>1,2,25</sup> tentam explicar a dinâmica dos processos envolvidos na lesão esportiva. Para todos eles, o envolvimento do fator externo “treinamento”, pode ser considerado como um dos fatores causais.

A superestimação da capacidade aeróbia do atleta pode levar a execução de atividades em intensidades acima dos limites fisiológicos. A partir desse momento, alguns sinais subclínicos, que na maioria das vezes não são detectados, como alterações no controle neuromuscular e nos padrões de movimento, podem surgir<sup>1,2,25</sup>. Essas alterações vão interagir com suscetibilidades pré-existentes, proporcionando o mecanismo de lesão, ou reduzindo a chance de uma ação bem sucedida durante um evento de risco<sup>1,2,25</sup>.

Os resultados obtidos indicam a possibilidade de dosar periodicamente a intensidade de treinamento dos atletas dentro de seus limites fisiológicos reais. Dessa forma, utilização do protocolo apresentado, não só possibilita a otimização do rendimento esportivo, mas também pode complementar programas de prevenção de lesões.

## **CONCLUSÕES**

O protocolo sugerido apresenta significativa exequibilidade em sua realização e fidedignidade em seus resultados, sendo interessante para ser utilizado em corredores, apresentando elevado percentual de sucesso e potencial função de controle sobre os riscos de lesão gerados pelo treinamento.

A Vcrit não se mostrou um parâmetro válido em identificar a Vlacmin. Porém, parece ser uma interessante ferramenta para acompanhamento das evoluções da Vlacmin ao longo do treinamento.

## REFERÊNCIAS

1. Meeuwisse W. Assessing causation in sport injury: A multifactorial model. *Clin J Sport Med* 1994;4:166–70.
2. Meeuwisse WH, Tyreman H, Hagel B, Emery C. A dynamic model of etiology in sport injury: the recursive nature of risk and causation.. *Clin J Sport Med*. 2007 May;17(3):215-19.
3. Tegtbur U, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:620-27.
4. Jones AM, Dousty JH. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state and physiological correlates to 8Km running performance. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:1304-13.
5. Ribeiro LFP, Gonçalves CGS, Kater DP, Lima MCS, Gobatto CA. Influence of recovery manipulation after hyperlactemia induction on the lactate minimum intensity. *Eur J Appl Physiol* 2009; 105(2):159-65.
6. Carter H, Jones AM, Doust JH. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. *Med Sci Sports Exerc* 1999(a);31:837-45.
7. Araújo GG, Papoti M, Manchado FB, Mello MAR, Gobatto CA. Protocols for hyperlactatemia induction in the lactate minimum test adapted to swimming rats. *Comp Biochem Physiol* 2007;148:888-92.
8. Kokubun E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. *Rev bras Educ Fís Esp* 1996;10:5-20.
9. Mclellan TM, CHEUNG KSY. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and critical power. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:543-50.
10. Smith MF, Balmer J, Coleman DA, Bird SR, Davison RCR. Method of lactate elevation does not affect the determination of the lactate minimum. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34 (11):1744-49.

11. Santhiago V, Silva ASR, Guglielmo LA, Higino WP. Influência da forma de indução à acidose na determinação da intensidade de lactato mínimo em corredores de longa distância. *Rev Bras Med Esporte* 2008;14(4):393-98.
12. Zacharogiannis E, Peradisis G, Tziortzis S. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity (Abstract). Annual Meeting of the American College of Sports Medicine, Indianapolis: 2004, p.116.
13. Zagatto AM, Beck WR, Gobatto CA. Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *J Strength Cond Res* 2009;23(6):1820-27.
14. Araújo GG, Papoti M, Manchado FB, Silva ASR, Santhiago V, Gobatto CA. Running anaerobic sprint test as hyperlactatemia inductor in lactate minimum test: Comparison between basketball teams (Abstract). L Annual Meeting of the American College of Sports Medicine, Indianápolis: 2008, p.300.
15. Roseguini AZ, Silva ASR, Gobatto CA. Determinações e relações dos parâmetros anaeróbios do RAST, do limiar anaeróbio e da resposta lactacidêmica obtida no início, no intervalo e ao final de uma partida oficial de handebol. *Rev Bras Med Esporte* 2008;14:46-50.
16. Engel PC, Jones JB. Causes and elimination of erratic blanks in enzymatic metabolite assays involving the use of NAD<sup>+</sup> in alkaline hydrazine buffers: improved conditions for the assay of L-glutamate, L-lactate, and other metabolites. *Anal Biochem* 1978;88:475-84.
17. Sotero RC, Pardono E, Athayde T, Campbell CSG, Simões HG. Polynomial function identifies the lactate minimum by a variety of incremental stages (Abstract). Annual Meeting of the American College of Sports Medicine, Denver: 2006, p.504.
18. Zagatto AM, Papoti M, Caputto F, Mendes OC, Denadai BS, Baldissera V, et al. Comparação entre a utilização da saliva e sangue para determinação do lactato mínimo em cicloergômetro e ergômetro de braço em mesa-tenista. *Rev Bras Med Esporte* 2004;10:481-86.

19. Souza TNT, Yamaguti SAL, Campbell CSG, Simões HG. Lactate minimum and glucose minimum identification in physically active subjects. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2003;11(2): 71-75.
20. Padorno E, Simões HG, Campbell CSG. Effects of methodological variations on lactate minimum identification. *Rev bras Educ Fís Esp* 2005;119(1):25-33,
21. Sjödín B, Jacobs I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med* 1981;2:23-26.
22. Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 1981;2(3):160-65.
23. Simões HG, Denadai BS, Baldissera V, Hill DW, Campbell CSG. Relationship and significance of lactate minimum, critical velocity, heart rate deflection and 3000m track-tests for running. *J Sports Med Phys Fitness* 2005;45:441-51.
24. Simões HG, Campbell CSG, Kushnick MR, Nakamura A, Katsanos CS, Baldissera V, et al. Blood glucose threshold and the metabolic responses to incremental exercise tests with and without prior lactic acidosis induction. *Eur J Appl Physiol* 2003;89(6):603-11
25. Bahr R, Krosshaug T. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med* 2005;39:324-29

## APÊNDICE B

### ESTUDOS ELABORADOS NO FORMATO DE RESUMO DE ARTIGO PUBLICADOS EM ANAIS DE EVENTOS CIENTÍFICOS

**B.1. Resumo 1 (expandido):** Métodos invasivo e não invasivo para determinação das condições aeróbia e anaeróbia de velocistas e meio-fundistas. Anais do 8 Congresso de pós-graduação da UNIMEP, 2010

**B.2. Resumo 2:** Análise da eficácia do protocolo de lactato mínimo em corredores: sucesso e insucesso do método. Anais do 33 Simpósio Internacional de Ciências do Esporte. - : -, 2010. v. 0. p. 0-0.

**B.3. Resumo 3:** Relação entre parâmetros de velocidade crítica e lactato mínimo, com hiperlactacidemia induzida por *rast* teste, em velocistas e meio-fundistas. Anais do III Congresso Brasileiro de Metabolismo, Nutrição e Exercício, 2010, Londrina. p. 69-69

**RESUMO 1 (expandido)****ANAIS DO 8º CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIMEP, 2010****MÉTODOS INVASIVO E NÃO INVASIVO PARA DETERMINAÇÃO DAS  
CONDIÇÕES AERÓBIA E ANAERÓBIA DE VELOCISTAS E MEIO-FUNDISTAS****Autores:**

Vinícius de Carvalho Andrade<sup>1</sup>, Mario Luis de Almeida Leme<sup>1</sup>, Idico Luiz Pelegrinotti<sup>1</sup>,  
Marcelo de Castro Cesar<sup>1</sup>, Gustavo Gomes de Araujo<sup>2</sup>, Claudio Luiz de Souza Meireles<sup>2</sup>,  
Nathália Arnosti Vieira<sup>1</sup>, Ramon Martins de Oliveira<sup>1</sup>, Fúlvia de Barros Manchado-Gobatto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Avaliação Física e Monitoramento do Treinamento Desportivo– LAFIMT –  
UNIMEP Piracicaba

<sup>2</sup> Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte – LAFAE – UNESP Rio Claro

## INTRODUÇÃO

A avaliação das capacidades físicas desempenha um fundamental papel na efetiva prescrição e acompanhamento das respostas físicas, fisiológicas e motoras frente ao treinamento esportivo. Desse modo, o adequado emprego de protocolos de avaliação se faz necessário para alcançar melhores resultados.

Diversos testes podem ser destacados na literatura objetivando a determinação de capacidades aeróbia e anaeróbia, fundamentais para o atletismo. Dentre essas avaliações podemos destacar a verificação da intensidade de transição aeróbia/anaeróbia por meio de procedimentos invasivos, como o lactato mínimo (Lacmin) proposto por Tegtbur et al. (1993) e métodos não invasivos, como o modelo de Potência Crítica (Pcrit) sugerido por Monod e Scherrer (1965). Para obtenção de parâmetros anaeróbios é possível citar o *Running Anaerobic Sprint Test (RAST)* (Zacharogiannis et al., 2004) e também o modelo proposto por Monod e Scherrer (1965).

O protocolo original denominado Lacmin preconiza a realização, por breve período de tempo, de esforços máximos capazes de elevar a lactacidemia. Após a indução à hiperlactacidemia, passados 8 minutos de recuperação, inicia-se teste progressivo executado em esteira rolante, com coletas de sangue extraídas para posterior análise da curva lactacidêmica. Nesse teste, a curva de lactato sanguíneo deve resultar um perfil em “U”. O valor mínimo de lactato verificado no teste, bem como a intensidade de exercício equivalente a esse ponto, supostamente indica a intensidade de transição metabólica aeróbia/anaeróbia, denominada também limiar anaeróbio (Lan), uma vez que esse ponto, teoricamente representa a máxima intensidade de exercício na qual a produção de lactado é igual a sua remoção (Tegtbur et al., 1993).

Procedimentos invasivos para a análise das variáveis fisiológicas permitem a obtenção de resultados precisos que fornecem subsídios para identificação do metabolismo

predominante durante o esforço. Por outro lado, há evidências de que é possível determinar a transição de utilização do metabolismo aeróbio para anaeróbio simplesmente através da relação entre intensidade de esforço e sua duração até a exaustão (Monod e Scherrer, 1965). Através desse método, a variável desejada ( $P_{crit}$ ) corresponde, teoricamente, a mais alta intensidade em que o exercício pode ser realizado sem exaustão, ou seja, uma capacidade aeróbia. Acima dessa potência, há a utilização de um estoque limitado de energia anaeróbia para atender as necessidades adicionais do esforço. Segundo o modelo, esgotamento desse estoque, denominado capacidade de trabalho anaeróbio (CTA), conduz o executante à exaustão (Bishop et al., 1998). Assim, a metodologia usada para determinação da  $P_{crit}$  e CTA é simples e não invasiva, sendo necessária apenas a realização de esforços máximos executados em um ergômetro, no qual verifica-se o tempo de exercício limite em cada intensidade.

Os conceitos do modelo de  $P_{crit}$  podem ser também utilizados para corrida, com o emprego do modelo matemático distância versus tempo, determinando assim a velocidade crítica ( $V_{crit}$ ) e capacidade de corrida anaeróbia (CCA). Esse foi o modelo utilizado por Dangelo (2008), na avaliação de corredores fundistas.

Já o *RAST*, é um método de avaliação anaeróbia para avaliação específica para gesto motor de corrida. Além de fornecer importantes informações acerca dos aspectos anaeróbios, como potência máxima ( $P_{max}$ ), média ( $P_{med}$ ), mínima ( $P_{min}$ ) e índice de fadiga (IF), o *RAST* é simples, não invasivo, de fácil aplicação e não necessita de equipamentos caros, o que aumenta sua aplicabilidade. Ele é composto por seis tiros máximos de 35 metros, separados por recuperação passiva de 10 segundos. Os valores de tempo obtido em cada tiro são registrados com significância centesimal e posteriormente utilizados para efetuar os cálculos na predição dos parâmetros anaeróbios.

A partir das informações apresentadas, juntamente com o fato de ainda não estar claro na literatura qual a proximidade entre os resultados obtidos para identificação da intensidade de transição anaeróbia/aeróbia no atletismo, entre os métodos invasivos e não invasivos descritos, pode-se destacar a importância do presente estudo no auxílio ao esclarecimento do assunto.

## **OBJETIVOS**

Analisar a relação entre a intensidade de transição entre os metabolismos aeróbio/anaeróbio em corredores, obtida através do protocolo de Lacmin, usando o *RAST* como método de indução à acidose, e através do modelo de  $V_{crit}$ . Foi objetivada também a verificação do comportamento da CCA, frente aos parâmetros de capacidade anaeróbia informados pelo *RAST*

## **DESENVOLVIMENTO**

Todos os participantes foram informados sobre os procedimentos realizados e assinaram o termo consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa, CEP – UNIMEP (protocolo 65/09). As avaliações foram realizadas com equipe de atletismo de nível regional, utilizando oito atletas, velocistas e meio-fundistas, quatro mulheres e quatro homens com idade de  $21 \pm 1$  ano. Todos os testes foram executados em pista oficial de atletismo sempre no mesmo período do dia ( $\pm 1$  hora), respeitando o horário de treinamento de rotina dos atletas, sendo que as avaliações ocorreram em dois momentos distintos. Em um primeiro momento, durante quatro dias, foi realizado registro dos tempos de distâncias pré-determinadas para obtenção dos dados necessários para o cálculo da  $V_{crit}$  e CCA. Posteriormente, em outro dia, próximo à primeira avaliação, foi aplicado o *RAST*

seguido de teste incremental para obtenção dos dados necessários à identificação da Pmax, Pmed, Pmin, IF e Lacmin.

Para determinação da Vcrit e CCA, foi utilizado o modelo matemático distância versus tempo, onde os avaliados foram submetidos a corridas em intensidade máxima nas distâncias equivalentes à 800m, 1200m, 1500m e 3000m, realizadas aleatoriamente, em dias subsequentes. Os participantes foram estimulados a percorrerem as distâncias estipuladas no menor tempo possível e os tempos foram registrados. A partir dos valores de tempo de corrida para cada distância, foi plotado um gráfico distância versus tempo, no qual a Vcrit foi determinada pelo coeficiente angular da reta de regressão obtida e a CCA, pelo coeficiente linear proveniente da mesma equação.

O protocolo de lactato mínimo (Tegtbur et al., 1993) foi associado ao método *RAST* como fase inicial, para gerar indução à hiperlactacidemia, necessária ao método, utilizando-se de gesto esportivo específico à modalidade estudada. Desse modo, em um mesmo momento, dentro de uma única sessão de treinamento, foi efetuado a avaliação aeróbia e anaeróbia dos participantes.

Para realização do *RAST*, foi realhada a pesagem dos participantes previamente ao estudo, e aquecimento leve de aproximadamente 10 minutos com recuperação de 5 minutos, em momento anterior à aplicação do teste. Em seguida foram realizadas seis corridas máximas de 35 metros, com intervalo de 10 s entre os tiros, com registro dos tempos alcançados.

Após o término do *RAST* os participantes, na própria pista de atletismo, foram mantidos em recuperação passiva durante 7 minutos, para determinação da concentração pico de lactato sanguíneo. Nesse intervalo de recuperação foram realizadas coletas de sangue do lóbulo da orelha (25 $\mu$ L) com capilares heparinizados, sendo elas depositadas em tubos *Eppendorf* contendo 400 $\mu$ L de ácido tricloroacético (TCA), com concentração em 4%, e

posterior análise lactacidêmica em espectrofotômetro. As coletas foram realizadas nos tempos 3, 5 e 7 minutos após os esforços máximos realizados do *RAST*.

Após a recuperação passiva, os atletas foram submetidos ao protocolo progressivo, composto por quatro tiros de 800m, em intensidades específicas baseadas nos resultados da  $V_{crit}$ , resultando em três baterias, com velocidades variando de 6,0 a 12,0km/h, 8,0 a 13,3km/h e 10,9 a 16,1 km/h, respectivamente. Essas velocidades do teste incremental foram controladas por sinais sonoros disparados pelo avaliador e demarcações realizadas por cones dispostos a cada 100m na pista de atletismo.

Ao término de cada tiro de 800m, foram novamente coletadas amostras sanguíneas para determinação do Lacmin. A relação obtida entre a concentração de lactato (mmol/L) e a intensidade de exercício (m/s) foi ajustada utilizando a função polinomial de grau dois, sendo o Lacmin considerado a derivada zero desse ajuste.

Para as análises estatísticas foi utilizado nível de significância de 5%, com pacote estatístico SPSS, versão 7.0. Os valores fornecidos pelos procedimentos invasivos e não invasivos foram comparados por Teste-t Student Pareado e correlacionados por Correlação de Pearson. Os dados estão apresentados em média e erro padrão da média.

## **RESULTADO E DISCUSSÃO**

A utilização do *RAST* foi efetiva para indução à acidose necessária para determinação do Lacmin, uma vez que possibilitou traçar a curva lactacidêmica esperada pelo método. As intensidades de  $V_{crit}$  e Lacmin (tabela 1) não foram estatisticamente diferentes ( $11,4 \pm 0,9$  e  $10,7 \pm 0,6$  Km/h, respectivamente) e apresentaram significativa correlação (0,84). Já a CCA, não apresentou correlação significativa com os achados do *RAST* (tabela 2). Os resultados gerais podem ser observados na tabela 3.

O parâmetro aeróbio do modelo de Pcrit parece ser válido devido às altas correlações observadas entre essa e intensidades determinadas por procedimentos invasivos, tais como o LA obtido por concentração fixa de lactato sanguíneo (Kokubun et al., 1996) e Lan individual (Wakayoshi et al., 1992). Porém, segundo Pringle e Jones (2002), a Pcrit parece superestimar a máxima fase estável das variáveis fisiológicas, inclusive do lactato sanguíneo.

O presente estudo pôde identificar resultados semelhantes aos estudos anteriormente citados, ao não identificar diferenças significativas entre a intensidade de transição entre os metabolismos analisadas pelos métodos invasivo e não invasivo acima descritos. Além disso, os achados sobre a CCA também se assemelham aos encontrados na literatura, que apresenta uma falta de consenso sobre o seu real significado fisiológico. Isso parece acontecer em função da dificuldade em estimar o acúmulo total ou degradação dos metabólitos associados com a ressíntese de adenosina trifosfato para a musculatura ativa, o que pode ser melhor entendido com estudos em animais de laboratório. Mesmo com essa dificuldade, a CCA parece ser moderadamente correlacionada com indicadores anaeróbios tais como o déficit de oxigênio proposto por MADBO (Hill e Smith, 1994).

Adaptações do protocolo de Lacmin para avaliação específica de modalidades desportivas vêm sendo realizadas com frequência. Dentre essas adaptações podemos citar o protocolo adaptado à avaliação do basquetebol (Araújo et al., 2008), tênis de mesa (Zagatto et al., 2004), natação (Ribeiro et al., 2003) e handebol (Roseguini et al., 2008). Simões et al (2005) também propuseram essa avaliação com corredores fundistas, porém avaliando a glicemia mínima.

Ao associar o RAST e o teste incremental em pista de atletismo ao protocolo de Lacmin em corredores, o estudo pôde realizar em uma única sessão de treinamento, importantes avaliações, aeróbia e anaeróbia, com gestos motores específicos da modalidade em questão. Dessa forma, ao utilizar-se de protocolo adaptado à modalidade, foi possível

levantar dados mais específicos sobre a avaliação descrita acima e sua relação com o método não invasivo de Vcrit, proporcionando informações complementares às apresentadas nos estudos já existentes.

**Tabela 1 – Resultado das avaliações aeróbias**

ATLETA	GÊNERO	IDADE (anos)	Vcrit (Km/h)	Lacmin (Km/h)
1	M	24	14,06	13,33
2	M	19	14,49	12,41
3	M	18	13,92	11,71
4	M	17	11,54	9,36
5	F	20	10,63	11,02
6	F	22	9,57	10,37
7	F	24	9,57	8,37
8	F	21	7,09	8,80

**Tabela 2 – Resultado das avaliações anaeróbias**

ATLETA	SEXO	CCA (m)	IF (%)	Pmax (w/kg)	Pmin (w/kg)	Pmed (w/Kg)
1	M	381,15	7,95	9,80	9,02	9,40
2	M	294,45	33,77	10,48	6,94	7,97
3	M	339,03	57,42	18,17	7,74	10,35
4	M	397,20	72,12	18,17	5,07	8,60
5	F	295,66	43,70	9,40	5,29	7,29
6	F	420,26	45,17	9,51	5,22	7,09
7	F	420,26	49,79	8,56	4,30	6,12
8	F	532,73	55,98	8,97	3,95	5,86

**Tabela 3 – Resultado geral**

n=8	PARÂMETROS AERÓBIOS			PARÂMETROS ANAERÓBIOS			
	Vcrit (Km/h)	Lacmin (Km/h)	CCA (m)	Pmáx (W/Kg)	Pmed (W/Kg)	Pmin (W/Kg)	IF (%)
<b>Média</b>	11,4	10,7	385,1	11,6	7,8	5,9	45,7
<b>E.P.M.</b>	0,9	0,6	27,6	1,4	0,5	0,6	6,7

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de  $V_{crit}$  pode ser usado para determinação da condição aeróbia de velocistas e meio-fundistas, fornecendo interessantes dados para o treinamento sem que haja necessidade de avaliações invasivas ou com elevado custo financeiro. Já em relação à CCA, ainda são necessários estudos que possam apontar seu real significado fisiológico.

A utilização do *RAST*, seguido de teste incremental em pista de atletismo parece ser adequado para identificar, de maneira mais específica, o LA de corredores através do protocolo de Lacmin.

## REFERÊNCIAS

- 1- ARAÚJO, G.G., Papoti, M., MANCHADO, F. B., SILVA, A.S.R., SANTHIAGO, V., GOBATTO, C.A. Running anaerobic sprint test as hyperlactatemia inductor in lactate minimum test: Comparison between basketball teams In: ACSMs 55th Annual Meeting, 2008, Indianápolis. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* , 2008. v.40. p.S300 - S300
- 2- BISHOP, D.; JENKINS, D.G.; HOWARD, A. The critical power function is dependent on the duration of predictive exercise tests chosen. *Int J Sports Med*, v.19, p.125-129, 1998.
- 3- DANGELO, R.A. Predição da intensidade de corrida em máxima fase estável de lactato a partir da velocidade crítica em atletas fundistas de alto rendimento. *Relações com performances*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista de Rio Claro, 2008.
- 4- HILL, D.W.; SMITH, J.C. A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power concept. *J Sports Med Phys Fitness*, v.34, p.23-37, 1994.
- 5- KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. *Rev Paulista Educação Física*, v.10, p.5-20, 1996.
- 6- MONOD, H.; SCHERER J. THE WORK CAPACITY OF A SYNERGIC MUSCULAR GROUP. *ERGONOMICS* V.8, P.329-38, 1965.
- 7- RIBEIRO, L. F. P. ; BALIKIAN, P. ; BALDISSERA, V. ; MALACHIAS, P. C. . Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 43, , p. 312-318, 2003
- 8- ROSEGUINI, A.Z., SILVA, A.S.R., GOBATTO, C.A. Determinações e relações dos parâmetros anaeróbios do RAST, do limiar anaeróbio e da resposta lactacidêmica obtida no início, no intervalo e ao final de uma partida oficial de handebol. *Rev Bras Med Esporte*, V.14, P.46-50, 2008.

- 9- SIMÕES, H.G. ; DENADAI, Benedito Sérgio ; BALDISSERA, Vilmar ; HILL, David W ; CAMPBELL, Carmen Sílvia Grubert . Relationship and significance of lactate minimum, critical velocity, heart rate deflection and 3000m track-tests for running. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, Itália, v. 45, p. 441-451, 2005.
- 10- TEGTBUR, U.; BUSSE, M.W.; BRAUMANN, K. M.. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, v.25, p.620-7, 1993.
- 11- WAKAYOSHI, K.; ILKUTA, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; HARADA, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y. et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol*, v.64, p.153-157, 1992.
- 12- ZACHAROGIANNIS, E., PERADISIS G, Tziortzis S. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity. *Med Sci Sports Exerc* v.36: S116, 2004.
- 13- ZAGATTO, A.M.; PAPOTI, M. ; CAPUTTO, F.; MENDES, O.C.; DENADAI, B.S.; BALDISSERA, V.; GOBATTO, C.A.. Comparação entre a utilização da saliva e sangue para determinação do lactato mínimo em cicloergômetro e ergômetro de braço em mesa-tenista. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 10, p.481-486, 2004.

**RESUMO 2****ANAIS DO 33º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE****ANÁLISE DA EFICÁCIA DO PROTOCOLO DE LACTATO MÍNIMO EM  
CORREDORES: SUCESSO E INSUCESSO DO MÉTODO**

Vinícius de Carvalho Andrade, Gustavo Gomes de Araujo, Claudio Luiz de Souza Meireles,  
Fúlvia de Barros Manchado-Gobatto. Programa de Mestrado - UNIMEP, FACIS/LAFIMT,  
Piracicaba-SP.

**Introdução:** O teste de lactato mínimo (Lacmin) é considerado uma importante ferramenta para determinação da capacidade aeróbia por determinar o limiar anaeróbio em um único momento e possibilitar adaptações às especificidades de vários esportes. Dentre os vários fatores que podem interferir nos resultados desse teste, encontramos na literatura a hiperlactacidemia pré-teste, interpretada pelo lactato pico pós-esforço (Lacpic), o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e perfil da equação de regressão (PER) dos dados, além do número de pontos plotados no gráfico, que dependem da concentração de lactato ([Lac]) e intensidade de cada estágio do teste incremental (TI). **Objetivo:** Analisar o percentual de sucesso e insucesso do método de lactato mínimo em corredores e avaliar sua relação com fatores metodológicos e fisiológicos que podem influenciar os resultados. **Métodos:** Foram analisadas 19 avaliações com protocolo de Lacmin, realizados em pista oficial de atletismo, tendo o RAST teste como meio indutor à hiperlactacidemia, em nove ( $n=9$ ) atletas fundistas, meio-fundistas e velocistas ( $21\pm 2,67$  anos), de ambos os gêneros (5 homens e 4 mulheres). Foi avaliado o percentual de sucesso do método, considerando-se como sucesso o  $r^2 \geq 0,8$ , PER do tipo  $y = ax^2 - bx + c$  (curva em “U positivo”) e TI com acerto (toda distância percorrida, coletas sanguíneas e leitura adequadas) nos quatro estágios (TI4), de 800 metros cada, com intensidades específicas para cada atleta. Foi feito também, o levantamento dos fatores que poderiam explicar os achados, além de correlação de Pearson para  $r^2$ , Lacpic, Lacmin e lactato de repouso (Lacrep), usando pacote estatístico SPSS 12.0 e  $p \leq 0,05$ . **Resultados:** Os dados foram representados em média e desvio padrão (DP) (Tabela 1). Identificou-se 94,74% de sucesso para o protocolo de Lacmin e não houve correlação significativa para as variáveis analisadas. Para a única avaliação que não obteve sucesso pôde-se identificar  $r^2 = 0,13$ , apesar de apresentar PER adequada e TI4. **Discussão/Conclusão:** Os resultados encontrados através do método não apresentaram correlação com as variáveis analisadas e seu insucesso parece estar relacionado a características externas às avaliadas nesse estudo. Podemos destacar como

possíveis fatores influenciadores do insucesso, os erros relacionados à amostra sanguínea (coleta, transporte e leitura) e/ou à intensidade do exercício aplicada ao atleta durante um ou mais estágios do TI. Sendo assim, o protocolo de Lacmin pode ser entendido como importante método de avaliação por apresentar elevado percentual de sucesso e sofrer mínima influência das variáveis fisiológicas e metodológicas analisadas. Mais estudos devem ser realizados, avaliando também as variáveis identificadas.

**Palavras-chave:** Lactato mínimo; método de avaliação; limiar anaeróbio

**Tabela 1.** Médias e desvios padrão para idade,  $R^2$  e concentrações de lactato

n=19	<b>Idade (anos)</b>	<b><math>R^2</math></b>	<b>Lacpico (<math>\mu\text{M}</math>)</b>	<b>Lacmin (<math>\mu\text{M}</math>)</b>	<b>Lacrep (<math>\mu\text{M}</math>)</b>
<b>Média (<math>\pm\text{DP}</math>)</b>	21 ( $\pm 2,67$ )	0,91 ( $\pm 0,20$ )	8,23 ( $\pm 1,98$ )	3,08 ( $\pm 1,58$ )	1,20 ( $\pm 0,35$ )

**Tabela 2.** Sucesso e insucesso do método e de suas variáveis analisadas

	<b>n</b>	<b>Relação %</b>	<b><math>R^2</math> (valor)</b>	<b>PER</b>	<b>TI4</b>
<b>Sucesso</b>	18	94,74%	SIM	SIM	SIM
<b>Insucesso</b>	1	5,26%	NÃO (0,13)	SIM	SIM

**RESUMO 3****ANAIS DO III CONGRESSO BRASILEIRO DE METABOLISMO,****NUTRIÇÃO E EXERCÍCIO****RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS DE VELOCIDADE CRÍTICA E LACTATO  
MÍNIMO, COM HIPERLACTACIDEMIA INDUZIDA POR RAST TESTE, EM  
VELOCISTAS E MEIO-FUNDISTAS**

Vinícius de Carvalho Andrade<sup>1</sup>, Mario Luis de Almeida Leme<sup>1</sup>, Idico Luiz Pelegrinotti<sup>1</sup>,  
Marcelo de Castro Cesar<sup>1</sup>, Gustavo Gomes de Araujo<sup>2</sup>, Claudio Luiz de Souza Meireles<sup>2</sup>,  
Nathália Arnosti Vieira<sup>1</sup>, Ramon Martins de Oliveira<sup>1</sup>, Fúlvia de Barros Manchado-Gobatto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Avaliação Física e Monitoramento do Treinamento Desportivo (LAFIMT) -  
UNIMEP, Piracicaba

<sup>2</sup> Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte (LAFAE) - UNESP Rio Claro

**Introdução:** A determinação das condições aeróbia e anaeróbia de corredores é de grande valia para a prescrição do treinamento. Dentre as avaliações capazes de identificar a transição entre os metabolismos aeróbio/anaeróbio é possível destacar métodos invasivos e não invasivos, tais como o lactato mínimo (Lacmin) e a velocidade crítica (Vcrit). Para obtenção de parâmetros anaeróbios, o *RAST* teste e a capacidade de corrida anaeróbia (CCA) podem ser citados. No atletismo, a relação entre a Vcrit e o método de Lacmin, tendo o *RAST* como indutor à hiperlactacidemia, ainda não foi investigada. **Objetivo:** Analisar a relação entre os parâmetros aeróbio (Vcrit e Lacmin) e anaeróbio (CCA e potências máxima, média, mínima e índice de fadiga) de corredores, obtidos por procedimentos invasivos e não invasivos.

**Métodos:** Foram avaliados oito atletas velocistas e meio-fundistas ( $20,6 \pm 1$  anos), sendo quatro homens e quatro mulheres. Inicialmente, os atletas foram submetidos a quatro corridas (800, 1200, 1500 e 3000m) realizadas em dias consecutivos para determinação das condições aeróbia (Vcrit) e anaeróbia (CCA) utilizando o modelo linear distância/tempo, no qual a Vcrit e CCA equivalem aos componentes angular e linear da regressão. Posteriormente, em um único dia, foi utilizado o protocolo de Lacmin composto por duas fases, sendo uma de indução à hiperlactaciemia e outra progressiva. O *RAST*, caracterizado pela execução de seis corridas máximas de 35m com recuperação de 10s, foi utilizado para promover o aumento das concentrações sanguíneas de lactato e fornecer valores de potências máxima, média, mínima e índice de fadiga dos avaliados. A segunda fase, iniciada 8 minutos após o *RAST*, foi composta por quatro corridas progressivas de 800m. Para determinação do Lacmin plotou-se o gráfico lactacidemia vs. intensidade, cuja função polinomial quadrática determinou o valor mínimo do lactato como sendo a derivada zero do ajuste. Os valores fornecidos por procedimentos invasivos e não invasivos foram comparados por teste-t Student pareado e correlacionados por correlação de Pearson (Pacote estatístico SPSS, versão 7.0) ( $p \leq 0,05$ ). **Resultados:** A utilização do *RAST* foi efetiva para indução hiperlactacidêmica necessária para determinação do

Lacmin. As intensidades de Vcrit e Lacmin não foram diferentes ( $11,4\pm 0,9$  e  $10,7\pm 0,6$  Km/h, respectivamente) e apresentaram significativa correlação (0,84). Não houve correlação significativa entre CCA e os parâmetros do *RAST*. **Conclusão:** A Vcrit pode ser usada para determinação da condição aeróbia de velocistas e meio-fundistas, fornecendo interessantes dados para o treinamento sem que haja necessidade de avaliações invasivas. Em relação à CCA, ainda são necessárias maiores investigações.

**Palavras-chave:** lactato mínimo, velocidade crítica, *rast* teste, capacidade de corrida anaeróbia, corredores, atletismo

**Tabela1.** Resultados obtidos pelos protocolos não invasivo (modelo de velocidade crítica) e invasivo (lactato mínimo), para os parâmetros aeróbios e anaeróbios dos atletas analisados.

n=8	PARÂMETROS AERÓBIOS			PARÂMETROS ANAERÓBIOS			
	Vcrit (Km/h)	Lacmin (Km/h)	CCA (m)	Pmáx (W/Kg)	Pmed (W/Kg)	Pmin (W/Kg)	IF (%)
<b>Média</b>	11,4	10,7	385,1	11,6	7,8	5,9	45,7
<b>E.P.M.</b>	0,9	0,6	27,6	1,4	0,5	0,6	6,7