

n



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM  
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS  
ESPECIALIZAÇÃO – ATIVIDADE FÍSICA, DESEMPENHO  
MOTOR E SAÚDE



## **Limiar Anaeróbio Após Treinamento Hipóxico Intermitente**

Taiane Belissa Saccol da Silva<sup>1,2</sup>, Luiz Osório Cruz Portela<sup>1,2</sup>

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)<sup>(1)</sup> - Laboratório de Fisiologia do Exercício e Performance Humana (LAFEPH)<sup>(2)</sup> - Santa Maria -RS- Brasil.

**Autor: Taiane Belissa Saccol da Silva**

**Orientador: Dr. Luiz Osório Cruz Portela**

**Santa Maria, RS – Brasil**

**2010**

## **Limiar Anaeróbio Após Treinamento Hipóxico Intermitente**

### **RESUMO**

Este estudo investiga o efeito das sessões de Treinamento Hipóxico Intermitente (THI) sobre o limiar anaeróbio de um grupo constituído de seis pentatletas militares, do sexo masculino, com faixa etária entre 20 e 32 anos, da equipe de Pentatlo Militar do 29º Batalhão de Infantaria Blindada (BIB) de Santa Maria. Realizou-se 29 sessões de THI até o teste de esforço máximo em normoxia e, em média, 35 sessões (Desvio Padrão = 4,2) de THI até o pós- teste de esforço máximo em hipoxia 13%. A comparação entre pré e pós-teste, por meio do teste t de Student, mostrou um aumento significativo ( $p < 0,001$ ) na velocidade do Limiar Anaeróbio para todos os participantes no pós-teste. Assim como ocorrido em normoxia, observou-se no pós-teste um aumento da velocidade de corrida em 4 Mmol/l. Portanto conclui-se que as sessões de THI foram capazes de alterar positivamente a performance de corrida no LA em normoxia e hipoxia. No entanto o conceito não pode ser aplicado no segundo caso, pois tende a subestimar a capacidade de desempenho de endurance.

**Palavras-chaves:** Limiar Anaeróbio; Treinamento Hipóxico Intermitente; Endurance.

## **Anaerobic Threshold After Intermittent Hypoxic Training**

### **ABSTRACT**

This study investigates the effect of intermittent hypoxic training sessions (THI) on the anaerobic threshold of a group composed of six military pentathletes, male, aged between 20 and 32 years, Military Pentathlon Team of the 29th Battalion Armored Infantry (BIB) from Santa Maria. We conducted 29 sessions of THI to the maximal exercise test in normoxia, and on average, 35 sessions (SD = 4.2) of THI to post-maximal exercise test in hypoxia by 13%. The comparison between pre-and post-test, using the Student t test showed a significant increase ( $p < 0.001$ ) at the speed of anaerobic threshold for all participants in the post-test. As occurred in normoxia, we observed the post-test an increase in running speed at 4 mmol / l. Therefore it is concluded that the sessions of THI were able to affect positively the performance of race in LA in normoxia and hypoxia. However the concept cannot be applied in the second case, it tends to underestimate the capacity of endurance performance.

**Keywords:** anaerobic threshold; Intermittent Hypoxic Training, Endurance.

## INTRODUÇÃO

O Limiar Anaeróbio representa o ponto de passagem, limite, entre o metabolismo puramente aeróbio e o anaeróbio. Quanto maior for a intensidade de corrida acima deste ponto, tanto maior será a solicitação, a contribuição do metabolismo anaeróbio para o atendimento da demanda energética do exercício (NEUMANN et al., 1994). O conceito de limiar é amplamente utilizado na avaliação e na prescrição de exercícios aeróbios. Em atletas de elite o limiar se situa em percentual aproximadamente de 85 % ou mais do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) e entre pessoas destreinadas este valor pode cair para menos de 50%. A medida de limiar é utilizada para o diagnóstico da performance de endurance, apesar de algumas controvérsias, sobre o ponto de vista fisiológico, relacionadas com o seu conceito. Independentemente dos aspectos controversos, o limiar possibilita a diferenciação de desempenho de atletas de diferentes níveis e em relação a pessoas destreinadas, (Sjödín in Oxford Textbook of Sports Medicine, 1994).

No campo esportivo, é utilizado para diagnóstico da capacidade aeróbia, ou de endurance. A endurance é a capacidade física que permite ao atleta sustentar a atividade física realizada pelo maior período de tempo possível. O grau de endurance aeróbia de um atleta resulta da capacidade do mesmo em absorver o oxigênio nos pulmões, transportá-lo para os músculos que estão em constantes contrações e, utilizá-lo pelas vias metabólicas oxidativas da musculatura (TUBINO, 1979). Sendo o sistema cardiovascular o responsável pelo transporte de oxigênio para a musculatura, ele ocupa um papel-chave no desenvolvimento da “endurance”. O aumento da capacidade de endurance em um atleta é conseguido através de métodos de treinamento de longa duração havendo a necessidade de se executar inúmeros movimentos contínuos ou intervalados para se conseguir tais adaptações (BARBANTI, 1997).

Entre os diferentes meios e métodos que tem surgido nos últimos dez anos no Brasil para desenvolvimento da Endurance, seguramente a hipoxia Intermitente é o mais ou um dos mais importantes. O Treinamento Hipóxico Intermitente (THI) é desconhecido da grande maioria dos profissionais de saúde do Brasil, mas tem sido muito utilizado para melhorar a capacidade funcional e o desempenho de atletas.

Os primeiros passos no uso do THI era para treinamento de pilotos, alpinistas e atletas. É uma técnica desenvolvida pela ex - União Soviética, que consiste em repetições (3 para 4 vezes), em curtos períodos (5-7 minutos cada) de hipoxia estável ou progressiva, interrompida

por iguais períodos de descanso / recuperação. A pesquisa pioneira, realizada em 1939-1943 (Serebrovskaya,2002), mostrou que mesmo uma elevação pequena na altitude produz o efeito de adaptação positiva, melhorando a ventilação pulmonar e aumentando a concentração de hemoglobina, arterial e saturação de oxigênio.

Este estudo investiga o efeito de sessões de Treinamento Hipóxico Intermitente sobre o limiar anaeróbio medido através do conceito de Mader (1976) nas situações de hipoxia e normoxia.

## **METODOLOGIA**

### **Caracterização da pesquisa**

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo experimental.

### **Grupo de Estudo**

Através de participação voluntária, o grupo foi constituído de seis pentatletas militares, do sexo masculino, com faixa etária entre 20 e 32 anos. Os mesmos faziam parte da equipe de Pentatlo Militar do 29º Batalhão de Infantaria Blindada (BIB) de Santa Maria com diagnóstico declarado saudáveis por prévia avaliação médica e julgados aptos para a realização de esforços físico. Após reunião explicativa sobre os métodos da pesquisa, todos participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, onde foram mostrados os procedimentos a serem durante a aplicação da mesma.

### **Variáveis analisadas e instrumentos utilizados**

#### **– Massa corporal**

A medida da massa corporal foi realizada em uma balança digital, marca Welmy, com capacidade máxima de 200 Kilogramas (Kg) e precisão de 100 gramas (g).

O avaliado posicionava-se em pé, colocando-se no centro da plataforma, com calção, de costas para a escala da balança, em posição ortostática.

#### **–Medida de dobras cutâneas**

As dobras cutâneas foram mensuradas com a utilização de um compasso da marca Cescorf, com precisão de 1 mm. O protocolo de sete dobras cutâneas descrito por Guedes

(1994) foi utilizado, juntamente com a equação do mesmo autor, para determinação do percentual de gordura.

A mensuração das variáveis antropométricas e da composição corporal foi realizada com a intenção de caracterizar o grupo em estudo.

– Teste de esforço máximo em hipoxia

Os testes de esforço físico foram feitos em esteira ergométrica, da marca INBRAMED e modelo ATL 10200. Para a realização da corrida foi seguido o protocolo de MADER (1976).

**Quadro 1 - Velocidade, inclinação e tempo de corrida nos respectivos estágios, Mader (1976).**

| ESTAGIO | VELOCIDADE | INCLINAÇÃO | TEMPO(MINUTOS) |
|---------|------------|------------|----------------|
| 1       | 10,8       | 1          | 5              |
| 2       | 12,6       | 1          | 5              |
| 3       | 14,4       | 1          | 5              |
| 4       | 16,2       | 1          | 5              |
| 5       | 18         | 1          | 5              |
| 6       | 19,8       | 1          | 5              |
| 7       | 21,6       | 1          | 5              |

– Lactato sanguíneo

Para análise do limiar de lactato foi usado o aparelho Biosen5030<sup>®</sup> do fabricante EKF Diagnostic.

As coletas de sangue para a análise de lactato ocorreram nos 15 segundos finais de cada estágio de 5 minutos de exercício durante os períodos de repouso e recuperação. Para facilitar a coleta foi usada uma pomada vasodilatadora no lóbulo da orelha.

A coleta em repouso e recuperação foi realizada com o indivíduo sentado. Após as coletas de sangue, o capilar de 20 microlitros com a amostra foi colocado dentro de um tubo ependorf. A última coleta em esforço foi efetuada imediatamente após a interrupção do teste progressivo. As amostras de sangue foram mensuradas imediatamente após o encerramento de cada avaliação.

– Treinamento Hipóxico Intermitente

Nas sessões de hipoxia foi utilizado o sistema GO<sub>2</sub>Altitude<sup>®</sup>. O GO<sub>2</sub>Altitude é um simulador de altitude que através de um sistema de membranas permite a livre passagem de nitrogênio, mas retém moléculas de oxigênio conforme a graduação desejada. Através da construção de um sistema fechado, com o uso de máscaras, o ar é direcionado as pessoas participantes do estudo.

O THI foi realizado diariamente, cinco vezes na semana, e cada sessão teve a duração de 60 minutos. Do total de 29 sessões hipóxicas normobáricas que compunham o treinamento, nas 6 primeiras foi utilizada a concentração de 12% de O<sub>2</sub>, a qual foi diminuída para 13% pelo restante das sessões. Nessas sessões foi adotado o valor de 80% para a saturação de oxigênio da hemoglobina. Ao atingir este valor era retirada a máscara para pausa, que tinha o tempo necessário para recuperação da SpO<sub>2</sub> ao mínimo de 96%, quando reiniciava novamente o intervalo hipóxico.

Com o passar das sessões, os intervalos hipóxicos foram aumentando e a partir da sessão n° 7, diminui-se a carga de hipoxia para 13% a fim de possibilitar a realização de 1 hora contínua.

## **Desenho Experimental**

- Primeiramente foi realizada a avaliação médica e clínica para constatar o estado de saúde dos indivíduos e confirmar sua liberação para a realização de esforço físico.
- Após, foi feita uma avaliação antropométrica e da composição corporal para caracterizar o grupo.
- Após, aplicou-se dois testes de esforço máximo: - no primeiro dia em normoxia e no segundo em hipoxia 13%. Estes testes foram denominados de pré-teste em normoxia e hipoxia respectivamente e foram repetidos no final do estudo para caracterizar o pós-teste.
- Realizou-se 29 sessões de THI até o teste de esforço máximo em normoxia e, em média, 35,3 sessões (Desvio Padrão = 4,2) de THI até o pós teste de esforço máximo em hipoxia 13%.

## **TRATAMENTO ESTATÍSTICO**

Calculou-se a média e desvio padrão do grupo e após, a fim de comparar os dados de pré e pós- testes, foi realizado o teste t de Student para amostras dependentes. Adotou-se o índice de significância de 0,05.

## RESULTADOS

Para caracterização do grupo foi realizado uma análise antropométrica e avaliação da composição corporal dos indivíduos participantes da pesquisa. Esses dados são demonstrados na tabela abaixo.

**Tabela 1 – Dados Antropométricos e da Composição Corporal**

|       | Idade (anos) | Estatura (cm) | Massa Corporal (Kg) | Somatório de dobras cutâneas | Percentual de gordura |
|-------|--------------|---------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|
| Média | 23           | 170           | 71,8                | 37                           | 11,8                  |
| DP    | 3,6          | 7,9           | 0,06                | 9,1                          | 2,5                   |

O resultado obtido em relação percentual de gordura mostra que são pessoas bem condicionadas fisicamente.

No que se refere ao Limiar Anaeróbio (LA) em normoxia, a tabela seguinte apresenta os valores obtidos.

**Tabela 2 – Limiar Anaeróbio (4mmol/l) em normoxia, após 29 sessões de THI**

| <b>Sujeito</b> | <b>Pré- Teste<br/>(km/h)</b> | <b>Pós- Teste<br/>(km/h)</b> |
|----------------|------------------------------|------------------------------|
| 1              | 13,3                         | 14,5                         |
| 2              | 13,9                         | 14,8                         |
| 3              | 14,2                         | 14,7                         |
| 4              | 14,6                         | 14,2                         |
| 5              | 14,7                         | 15,1                         |
| 7              | 13,7                         | 14,4                         |
| <b>Média</b>   | <b>14,1</b>                  | <b>14,7*</b>                 |
| <b>DP</b>      | <b>0,54</b>                  | <b>0,32</b>                  |

\* p&lt;0,05

Os dados da tabela mostram um aumento da velocidade do LA para todos os participantes no pós-teste. A diferença observada teve significância estatística (p<0,05).

**Tabela 2 – Limiar anaeróbio (4mmol/l) em Hipoxia 13%**

| <b>Nome</b>  | <b>Pré- Teste<br/>(km/h)</b> | <b>Pós- Teste<br/>(km/h)</b> |
|--------------|------------------------------|------------------------------|
| 1            | 6,9                          | 8,2                          |
| 2            | 7,9                          | 8,3                          |
| 3            | 7,4                          | 10,3                         |
| 4            | 9,3                          | 14,3                         |
| 5            | 8,9                          | 10,9                         |
| 7            | 8,5                          | 8,7                          |
| <b>Média</b> | <b>8,5</b>                   | <b>10,1*</b>                 |
| <b>DP</b>    | <b>0,92</b>                  | <b>2,3</b>                   |

\* p&lt;0,05

Assim como ocorrido em normoxia, observa-se no pós-teste um aumento da velocidade de corrida em 4 Mmol/l. O aumento de velocidade é estatisticamente significativo (p<0,05).

## DISCUSSÃO

Um questão importante e que suscita discussão na literatura especializada é efetividade do THI para o aumento da performance de endurance de atletas em competições ao nível do mar, Levine (2002) Hellemans (1999). Entre outros investigadores, Geller (2005) não conseguiu demonstrar efeito de aumento significativo do consumo máximo de oxigênio após sessões de THI, apesar de aumento do tempo de corrida em teste de esforço máximo na esteira. Mesmo ao nível do mar, há relatos do aumento de performance de corrida, sem alteração do  $VO_2\text{max}$ , Denadai (2004), o que levanta a questão sobre a sensibilidade ou limites da medida de  $VO_2\text{máx}$  para expressar a performance de endurance aeróbia. O LA é uma medida amplamente difundida para avaliação da performance de endurance na literatura internacional, Neumann et al.(1994). O método de Mader (1976) estabelece a concentração fixa de lactato de 4 Mmol/l como sendo o ponto onde ocorre o LA.

Inicialmente, os resultados desta investigação demonstram que 29 sessões de hipoxia foram efetivas para o aumento do LA. Segundo, o fato do LA se situar em nível de esforço submáximo é uma vantagem pois os efeitos fisiológicos do THI podem não se manifestar ao nível máximo como é o caso de muitos estudos que investigaram o  $VO_2\text{máx}$ . Sendo assim, um ponto adicional observado nesta investigação é que LA é sensível para detectar alterações na performance de corrida ao nível submáximo e comprova que parte das adaptações positivas consequentes ao THI se situam ao nível metabólico.

As sessões de THI também foram efetivas para aumentar o nível de performance nos 4 Mmol/l de lactato em esforço sob hipoxia 13%. Conforme mostra a tabela 3, a média de velocidade do LA aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ) no pós-teste. Percebe-se na tabela 2 e 3, que os valores de LA em hipoxia recaem em velocidades muito menores que em normoxia. Isso é um comportamento esperado, pois é amplamente difundido na literatura especializada, que a hipoxia diminui a capacidade de desempenho físico. No entanto, a observação do LA em hipoxia demonstra que o LA recai sobre uma velocidade de corrida muito baixa para a maioria dos participantes, que representa um esforço um pouco acima do caminhar. Tal nível de esforço contraria o conceito de limiar que deveria ocorrer em uma carga de esforço ao nível moderado. A percepção de esforço na tabela de Borg, apresentado pelos atletas, com exceção do número 4, recai em muito fácil e estaria muito aquém do ponto de passagem, ou no limite entre o metabolismo aeróbio e anaeróbio em exercício.

Assim, o conceito de 4 Mmol/l permite caracterizar melhora de desempenho proporcionado pelas sessões de THI, porém não pode ser usado como método de avaliação da capacidade de

endurance em hipoxia, pois subestima a capacidade de desempenho das pessoas devido ao efeito da hipoxia que eleva a concentração de lactato sanguíneo em cargas bem baixas, de forma independente da intensidade de esforço ou de corrida.

Da mesma forma, caso se confirme para outras pessoas uma baixa concentração de lactato no pós-teste, como ocorreu no indivíduo 4, demonstra-se que outros fatores podem estar interferindo na medida, pois o valor de 4 Mmol/l foi alcançado na carga máxima. Este resultado demanda outros estudos para confirmação de que se trata de um fenômeno consequente da adaptação e não um erro de medida.

## CONCLUSÃO

As sessões de THI foram capazes de alterar positivamente a performance de corrida no LA em normoxia e hipoxia. No entanto o conceito não pode ser aplicado no segundo caso, pois conduz tende a subestimar a capacidade de desempenho de endurance.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBANTI, V. J. **Teoria e prática do treinamento esportivo**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

BRAUMANN, K.-M./TEGTBUR, U./BUSSE, M.W./MASSEN, N.:**Die "Laktatsenke" - Eine Methode zur Ermittlung der individuellen Dauerleistungsgrenze**.In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. Heft 42/1991, S. 240-246.

BRAUMANN, K.-M./MASSEN, N./BUSSE, M.:**Die Problematik der Interpretationstrainingsbegleitender Laktatmessungen**. In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin Heft 39/1988, S. 365-368.

CLASING, D./WEICKER, H./BÖHNING, D.:**Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik**.Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York (1994) .

DENADAI, B.S.; Ortiz, M.J. & Mello, M. T. Índices Fisiológicos Associados com a Performance Aeróbia em Corredores de Endurance: Efeitos da Duração da Prova. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n. 5, set/out 2004.

GELLER, C. A. **Efeitos do Treinamento Hipóxico Intermitente sobre variáveis Hematológicas e Capacidade de Performance**. Tese de Doutorado (Programa de Pós

Graduação em Ciência do Movimento Humano) / Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

GUEDES, D. P. **Composição Corporal: Princípios, Técnicas e Aplicações**. 2ª. ed. Londrina. APEF, 1994.

HECK, H. et al: **Vergleichende Untersuchung zu verschiedenen Laktat Schwellenkonzepten**. In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. Heft 1/1985, S. 19–25.

HECK, H.: **Laktat in der Leistungsdiagnostik**. Wissenschaftliche Schriftenreihe des DSB, Band 22, Schorndorf 1990.

HECK, H. et al: **Einfluß des Vorbelastungslaktats, der Pausendauer und des Belastungsanstiegs auf die Laktat-Senke**. In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin Heft 6/1991, S. 248-262 .

HELLEMANN, J.; **Intermittent Hypoxia Training, A Pilot Study**. Noosa, Australia, Nov. 7-8, 1999.

KEUL, J./SIMON, G./BERG, A/DICKHUTH, H.-H. (u. A.): **Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung** In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. Heft VII/1979, S. 212–218.

LEVINE, B.D. **Intermittent Hypoxic Training: Fact and Fancy**. High Altitude Medicine & Biology; vol. 3, nº 2, p. 177-193, 2002.

LIESEN, H. et al: **Trainingssteuerung im Hochleistungssport: einige Aspekte und Beispiele**. In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. Heft 1/1985, S. 8–18

MADER, A.; LIESEN, H., HECK. *et al* Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. Sportarzt Sportmed, v.27, p.80-88, 109-112, 1976.  
IMBRAMED. **Manual do usuário: esteira esgométrica Imbramed 10200**. Porto Alegre, [199-]p.4.

MAREES, H. De: **Sportphysiologie**. 9., vollst. überarb. und erw. Aufl. Köln 2002.

NEUMANN, G.; SCHÜLER, K.P.: **Diagnóstico Funcional da Medicina do Esporte**. 2ª ed. Berlim, 1994. vol.9. ISBN 3-335-0035207; editora Verlagsgesellschaft mbh.

**PANSOLD, B./ZINNER, J./GABRIEL, B.-M.:Zum Einsatz und zur Interpretation von Laktatbestimmungen in der Leistungsdiagnostik .**

**RÖCKER, K./Dickhuth H.-H:Praxis der Laktatmessung.** In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin Heft 52/2001, S. 33,34.

**RÖCKER, K./DICKHUTH H.-HAuf dem Prüfstand - Laktatdiagnostik im Mittel- und Langstreckenlauf.**In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin Heft 6/1994, S. 128-135.

**SJÖDIN,B.;** Reduced oxygen availability during high intensity intermittent exercise impairs performance. Acta Physiol. Scand., Oxford, v.152, n.3, p.279-285, 1994.

**SEREBROVSKAYA, T.V. Intermittent Hypoxia Research in the Former Soviet Union and the Commonwealth of Independent States (CIS): History and Review of the Concept and Selected Applications.** High Alt Med Biol 2002; 3: 205-221.

**STEGMANN, H./ KINDERMANN, W.:Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle bei unterschiedlich Ausdauertrainierten aufgrund des Verhaltens der Lactatkinetik während der Arbeits- und Erholungsphase.**In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin Heft 8/1981, S. 213-221.

**TUBINO, M. J. G. Metodologia científica do treinamento desportivo,** São Paulo: Ibrasa, 1979.