

THALES AUGUSTO COSTA ROSA

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANAERÓBIA PARA CORREDORES: UMA
REVISÃO DE LITERATURA

Artigo apresentado como Trabalho de
Conclusão de Curso em Especialização
em Ciência do Treinamento Desportivo
do Departamento de Educação Física
da Universidade Federal do Paraná.
Orientador Prof. Julimar Luiz Pereira

Curitiba
2014

RESUMO

O presente artigo buscou sintetizar algumas informações resultantes de revisão do que já foi publicado acerca do tema proposto, explicar sobre o Limiar sanguíneo e ventilatório, como são aferidos e qual sua utilização. Têm-se observado métodos de avaliação em estudos recentes onde evidenciasse a utilização do Limiar anaeróbio (LAn), como uma variável mais consistente quando se objetiva avaliar a capacidade de rendimento e índices relacionados a capacidade aeróbia para corredores (BALAKIAN,1996; GASKILL *et. al.*, 2001). A análise do LAn pode ser realizada através da concentração sanguínea de lactato, trocas gasosas respiratórias, todos procedimentos estes aplicados consistem na observação da transição aeróbio-anaeróbia pelo metabolismo muscular. Tais análises apresentam em sua grande maioria processos de mensuração que requerem técnicas complexas e em grande parte exigem da utilização de equipamentos laboratoriais de alto custo.

PALAVRAS-CHAVE: Limiar de Lactato; Limiar ventilatório; Corrida de rua.

INTRODUÇÃO

Na atualidade, vem se tornando cada vez mais expressivo o número de indivíduos que estão buscando a prática de algum tipo de atividade física, dentre os quais, ressalta-se o desenvolvimento de atividades físicas ao ar livre, como as caminhadas e as corridas (pedestrianismo) (GOMES, 2011).

A corrida de rua é uma das modalidades que mais vem crescendo e ganhando adeptos em todo o mundo, tal fato pode ser observado através do rápido crescimento do número de provas e praticantes (GOMES, 2011). A Associação Internacional das Federações de Atletismo (IAAF) define tais corridas como disputadas em circuitos de rua, avenidas e estradas com distâncias oficiais, que variam entre 5 a 100Km (SALGADO, 2006; TRUCCOLO, 2008).

Nos últimos 10 anos verificou-se o aumento expressivo de praticantes de corridas de rua. Enquanto em todo o ano de 2001 foram realizadas apenas 11 corridas oficiais em São Paulo, em 2010 esse número passou para 374 provas só na capital (GOMES, 2011).

Classificada como um exercício aeróbio, a corrida tem sido considerada como um importante componente de estilo de vida saudável. Evidências científicas vinculando o exercício aeróbio regular com uma série de benefícios; tais como: diminuição na concentração de triglicerídeos (TG), lipoproteínas de baixa densidade (LDL), colesterol total (CT), resistência à insulina, diminuição do índice de massa corporal com concomitante aumento nos níveis de lipoproteínas de alta densidade (HDL), massa corporal magra e taxa metabólica basal; vêm reforçando a adesão de novos adeptos ao esporte (TRUCCOLO, 2008).

Com a profissionalização dessas corridas e seu exponencial crescimento, devemos salientar a importância de criar análises consistentes e mais viáveis, em termos de utilização prática quanto à prescrição de seu

treinamento, bem como a descrição mais coesa dos fatores fisiológicos ligados ao desempenho destas.

Dentre os parâmetros utilizados para avaliação da função cardiorrespiratória máxima e reserva funcional, destacam-se atualmente o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) e o limiar anaeróbio (LAn) (CALBET *et. al.*, 2009). Em geral, o VO_2 máx é considerado o “*gold standard*” para a avaliação da performance aeróbia. No entanto, estudos recentes têm evidenciando a utilização do LAn como uma variável mais consistente quando se objetiva avaliar a capacidade de rendimento e índices relacionados a capacidade aeróbia (BALAKIAN, 1996; GASKILL *et. al.*, 2001).

A análise do LAn pode ser realizada de algumas maneiras, através da concentração sanguínea de lactato, trocas gasosas respiratórias e recentemente variabilidade de frequência cardíaca procedimentos estes aplicados para identificar a transição aeróbio-anaeróbia pelo metabolismo muscular. Tais análises apresentam em sua grande maioria processos de mensuração que requerem técnicas complexas e em grande parte exigem da utilização de equipamentos laboratoriais de alto custo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Tratando-se de uma revisão de literatura, o presente trabalho utilizou-se de publicações sobre a Limiar anaeróbio sobre diferentes perspectivas e aplicações.

AValiação Aeróbia

Diversos estudos têm buscado um índice que demonstre a perfeita integração entre os sistemas cardiovascular, respiratório e muscular. Um índice deste gênero poderá fazer frente ao aumento da demanda energética que existe durante o exercício em corredores; proporcionando importantes implicações e aplicações na área do crescimento e desenvolvimento, da

atividade física em si, do esporte e da clínica e reabilitação (DENADAI *et. al.*, 2000).

Estudos realizados a partir da década de 60 identificaram um índice que poderia ser utilizado para avaliação aeróbia, baseado no lactato sanguíneo gerado em resposta ao exercício.

No mesmo período, Wasserman e Mcllory (1964) propuseram o termo “limiar anaeróbio”, utilizado para identificar a intensidade de esforço onde existe uma concentração de lactato sanguíneo durante o exercício de cargas progressivas. Em contrapartida, Mader *et. al.* (*in*: FRONCHETTI, 2008) introduziram o termo “limiar aeróbio-anaeróbio”, utilizado para identificar a intensidade de exercício correspondente a 4mM de lactato sanguíneo.

Simplificadamente essa medida tem base na intensidade de exercício onde o nível de lactato sanguíneo apresenta um ponto de quebra de linearidade, e vem a se acumular de forma mais intensa do que vinha apresentando em intensidades de exercício mais leves. Identificando esse ponto onde sistema oxidativo está sendo suficiente para gerar energia para a atividade física e em que ponto as fontes energéticas anaeróbias começam a entrar em ação de maneira mais expressiva., ocorre que sempre que as Fontes Anaeróbias entram em ação por mais de 10 segundos temos formação de lactato de maneira acentuada.

Com os valores do LAn, podemos: saber até qual carga, FC ou VO₂, o metabolismo energético de uma pessoa está utilizando energia de fontes aeróbias, e a partir de qual carga, FC ou VO₂ o metabolismo passa a empregar predominantemente energia de fontes anaeróbias e como resultado está acumulando lactato (frequentemente relacionado à fadiga muscular).

Estas são algumas aplicações práticas:

- Aplicar o treinamento sabendo se está abaixo, sobre ou acima do limiar anaeróbio;
- Qual ritmo de treino está exigindo mais do metabolismo aeróbio;

- Qual ritmo de treino está exigindo mais do metabolismo anaeróbio;
- Se está ou não acumulando lactato;
- Se vai ou não ter problemas de fadiga relacionada ao lactato durante uma atividade (prova);
- Intensidade de aquecimento adequada;
- Aplicação de intensidade de recuperação ajustada ao indivíduo;
- Estimação de tempo para a conclusão de prova;
- Velocidade média da prova;
- Traçar a estratégia da prova;
- O próprio corredor saberá se monitorar e dosar o seu ritmo, e o mais importante por que está fazendo aquilo.

Após essas constatações, muitos pesquisadores têm comprovado a legitimidade da resposta do lactato como índice de avaliação aeróbia, independente de fatores como idade, sexo, tipo de exercício e estado de treinamento.

Constata-se como principal aplicação o seu emprego no acompanhamento dos efeitos do treinamento e posteriores avaliações. Este índice deve ser suficientemente sensível para detectar as mudanças sistemáticas e enzimáticas que são geradas pelas realizações crônicas do exercício (DENADAI *et. al.*, 2000).

Do mesmo modo, a resposta do lactato sanguíneo; gerada na execução do exercício; tem mostrasse sensível para as adaptações do treinamento. Onde determinadas concentrações de lactato são observadas em resposta ao aumento da intensidade de esforço, essas variações são observadas quando a intensidade é expressa em valores absolutos (W ou m/min) ou em intensidades relativas ao $VO_2\text{max}$.

Um dos maiores problemas relacionados à determinação e utilização da resposta do lactato, ocorre em função do grande número de terminologias empregadas pelos pesquisadores para identificar fenômenos iguais ou semelhantes. Além disso, existem também diferentes definições e referências que são utilizadas para a interpretação deste índice, durante o exercício com aumento progressivo de cargas.

Como se pode observar nas Tabelas 1 e 2, alguns diferentes tipos de critérios e suas diferentes terminologias na identificação da resposta do lactato sanguíneo. Especificamente em relação à prescrição da intensidade de treinamento, as diferentes metodologias representam intensidades de exercício diferentes.

Tabela 1 – Terminologias, critérios, concentração de lactato sanguíneo e protocolos utilizados para a identificação da intensidade correspondente ao início do acúmulo do lactato no sangue.

Terminologia	Critério e concentração de lactato (mM)	Protocolo
Limiar lactato (LL)	de Maior intensidade de esforço durante o exercício incremental sem que ocorram mudanças na concentração de lactato em relação à linha de base (1,5-3,0)	Exercícios de cargas crescentes com estágios de 1 a 3 minutos
Limiar de lactato (LL Δ 1mM)	de Intensidade de exercício que determina um aumento de 1mM no lactato sanguíneo, acima dos valores da linha de base (Δ 1mM – 1,5-3,0)	5-10min de exercício (contínuo ou descontínuo) de cargas crescentes iniciando a 40-50% VO_2 max.
Limiar aeróbio (Laer)	(2) Intensidade de exercício que corresponde a 2mM de lactato	1) Exercício de cargas crescentes com estágios de 3min. 2) Exercício incremental descontínuo com dois ou três estágios de 3-5min.

Fonte: DENADAI *et. al.* (2000).

Tabela 2 – Terminologias, critérios, concentração de lactato e protocolos utilizados para a identificação da intensidade correspondente à máxima fase estável de lactato no sangue.

Terminologia	Critério e concentração de lactato (mM)	Protocolo
Limiar anaeróbio (Lan)	Intensidade correspondente a 4mM de lactato (4)	1) Exercício de cargas progressivas com estágio de 5min. 2) Exercício incremental descontínuo com dois ou três estágios de 3-5min.
Onset blood lactate accumulation (OBLA)	Intensidade correspondente a 4mM de lactato	Exercício de cargas progressivas com estágios de 4min.
Limiar anaeróbio individual (IAT)	Intensidade onde a concentração sanguínea de lactato é máxima e igual a taxa de difusão do lactato do músculo ativo (1,5-7)	Exercício de cargas progressivas com estágios de 4min e acompanhamento da cinética do lactato após o exercício
Lactato mínimo (LACmin)	Maior intensidade de exercício com carga constante onde ocorre o equilíbrio individual entre a produção e remoção de lactato (1,8-7,0)	Exercício incremental 8min após esforço máximo de 30-40seg para a indução do acúmulo de lactato

Fonte: DENADAI *et. al.* (2000).

A identificação dos limiares metabólicos através do lactato pode ser feita através de diversas metodologias; a escolha do método mais apropriado deve levar em conta aspectos práticos, como disponibilidade de equipamento, especificidade e o caráter menos invasivo da técnica empregada (LIMA, 1999).

Em estudos feitos no início da década de 80, temos também a metodologia não invasiva denominada com o termo de “Limiar Ventilatório” pois, trata-se de uma metodologia que emprega parâmetros ventilatórios, diferenciando estes dos que fazem uso do lactato sanguíneo (WASSERMAN *et. al.*, 1964).

O índice de Limiar Ventilatório tem sido usado para detectar a máxima intensidade de trabalho segura para pacientes com doenças cardíacas (WASSERMAN *et. al.*, 1964), prever o limiar de lactato (DAVIS *et. al.*, 1976; CAIOZZO, 1982;), mostrar a capacidade aeróbia de indivíduos saudáveis (AMANN *et. al.*, 2004) e não saudáveis (MATMSURA *et. al.*, 1983) e controlar os efeitos do treinamento sobre a função aeróbia (DAVIS *et. al.*, 1979; SANTA-CLARA *et. al.*, 2002).

Na mesma situação onde ocorre aumento de lactato, associasse desequilíbrio entre as trocas de O_2 da mitocôndria, decorrendo no aumento da conversão de ácido pirúvico em ácido láctico no citoplasma de célula.

Denadai (2000) convencionou a utilização de dois limiares detectados através de parâmetros ventilatórios, o Limiar Ventilatório 1 (LV1) e o Limiar Ventilatório 2 (LV2). Tais elementos apresentam grande importância na avaliação da aptidão física, nível de treinamento, prescrição de treinamento entre outros fatores.

O LV1 corresponde ao ponto onde há um aumento do equivalente ventilatório de O_2 e da pressão de O_2 , sem mudança em mesmo nível do equivalente de CO_2 e da pressão de CO_2 , onde supostamente existe um tamponamento do ácido láctico. McLellan descreveu que a partir do LV1 podemos estimar o limiar de lactato, ponto de transição entre o metabolismo aeróbico e anaeróbico (*in*: FRONCHETTI, 2008).

Quando ocorre um aumento na intensidade do exercício acima da LV1, existe um aumento da acidose metabólica, determinando acréscimo também no equivalente respiratório de CO_2 e queda da pressão de CO_2 . Ponto onde para alguns autores atinge-se o LV2 (DENADAI, 2000). Essa intensidade de exercício no LV2, pode estimar a intensidade correspondente ao OBLA (*on set*

blood lactate accumulation), ponto onde há o balanço máximo entre produção e remoção do lactato (MC LELLAN, 1985 in: FRONCHETTI, 2008)

As variáveis respiratórias adquiridas durante o teste de ergoespirometria em função da carga de trabalho e o consumo de oxigênio, são as determinações empregadas nos protocolos de identificação de tais limiares. O LV1 e LV2 são definidos pelo ponto de primeira e segunda quebra da linearidade da curva respectivamente, mediante a ventilação, quociente respiratório, pressão parcial de O₂ e CO₂, fração expirada de O₂ e CO₂ e Vo₂ e de VCO₂. Podem-se utilizar também os equivalentes respiratórios do O₂ e Co₂ (VE/VO₂ e VE/VCO₂), sendo que para LV1 considera-se o aumento da VE/VO₂ bem como de VE/VCO₂ (WASSERMAN & KOIKE, 1992; YAZBEK *et. al.*, 1998). O presente estudo considerou a variável ventilação, bem como os equivalentes respiratórios na determinação dos limiares ventilatórios, tanto em função da intensidade (%1RM) como do VO₂ (L/min).

É usado o modelo inspeção visual para o método de identificação do LV mais utilizado, porém, devido ao fator limitante “subjetividade”, modelos matemáticos vem sendo apresentados (ORR *et. al.*, 1982; BEAVER *et. al.*, 1986; PIRES *et. al.*, 2005)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo, o propósito principal foi aferir um breve resumo de ambos os parâmetros, como são utilizados e também como ocorre a análise destes, seja através do lactato sanguíneo ou ventilatório fornecem dados importantes para aplicação durante o exercício físico podendo ser um parâmetro fisiológico utilizado para avaliação do treinamento físico para corredores. Porém, ambos ainda apresentam custo e complexidade de monitoramento para utilização diária nestas prescrições ou avaliações.

Têm-se então, que além do aprofundamento de conhecimento nas análises e como estes funcionam fisiologicamente, ter um aperfeiçoamento em

suas aferições práticas para maior utilização pelos profissionais e praticantes, seja de corrida ou outras atividades a qual se relacionem.

REFERÊNCIAS

AMANN, M.; SUBUDHI, A.; FOSTER, C. Influence of testing protocol on ventilatory thresholds and cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, n. 36, p. 613-622, 2004.

BALAKIAN, P. Utilização da Frequência Cardíaca para a Determinação da Intensidade de Esforço Correspondente ao Limiar Anaeróbico no Ciclismo de Campo. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996.

DAVIS, J. A.; VODAK, P.; WILMORE, J. H.; VODAK, J.; KURTZ, P. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, n. 41, p. 544-550, 1976.

DAVIS, J. A.; FRANK, M. H.; WHIPP, B. J.; WASSERMAN, K. Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. *Journal of Applied Physiology*, n. 46, p. 1039-1046, 1979.

DENADAI, B. S. e Colaboradores. Avaliação Aeróbia – Determinação Indireta da Resposta do Lactato Sangüíneo. Rio Claro: Motrix; 2000.

FRONCHETTI, L.; NAKAMURA, F. Y.; AGUIAR, C. A.; OLIVEIRA, F. R. Regulação autonômica em repouso e durante exercício progressivo: aplicação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Revista Portuguesa de Ciência Desportiva*, n. 6, v. 1, p. 21-28, 2006.

FRONCHETTI, L. Limiar da variabilidade da frequência cardíaca em diferentes protocolos ergométricos. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

GOMES, M.; CAMARGO, V. R. T. Divulgação da ciência do esporte e o jornalismo especializado: um estudo sobre a corrida de rua. XVIII Congresso Nacional de Divulgación de La Ciencia y la Técnica. Morelia, Michoacán. México. Outubro, 2011.

LIMA, J. R. P; KISS, M. A. P. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*, n. 4, v. 1, p. 29-38, 1999.

McARDLE, W. D; KATCH, F. I; KATCH, V. L. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. 4^o edição, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1998.

MATSUMURA, N.; NISHIUMA, H.; KOJIMA, S.; HASHIMOTO, F.; MINAMI, M.; YASUDA, H. Determination of anaerobic threshold for assessment of functional state in patients with chronic heart failure. *Circulation*, n. 68, p. 360-367, 1983.

ORR, G. W.; GREEN, H. J.; HUGHSON, R. L.; BENNETT, G. W. A computer linear regression model to determine ventilatory anaerobic threshold. *Journal of Applied Physiology*, n. 52, p 1349-2, 1982.

SALGADO, J. V. V.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T. Corrida de rua: análise do crescimento do número de provas e de praticantes. *Conexões, Revista da Faculdade de Educação Física da UNICAMP, Campinas*, n. 4, v. 1, p. 90-99, 2006.

SILVA, A. O. Limiar anaeróbio. Apostila do CEFISE, Campinas, 1998.

TRUCCOLO, A. B.; MADURO, P. A.; FEIJÓ, E. A. Fatores motivacionais de adesão a grupos de corrida. *Motriz, Rio Claro*, n. 14, v. 2, p. 108-114, 2008.

WASSERMAN, K.; MCLLROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *The American Journal of Cardiology*, n. 14, p. 844-852, 1964.