

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA FISIOTERAPIA E TERAPIA  
OCUPACIONAL**

**Juliana Sampaio Ceccato**

**FREQUÊNCIA CARDÍACA, CAPACIDADE AERÓBICA  
MÁXIMA E LIMIAR ANAERÓBICO NO TREINAMENTO DE  
RESISTÊNCIA AERÓBICA PARA CORREDORES DE  
LONGA DISTÂNCIA**

Belo Horizonte

2010

**Juliana Sampaio Ceccato**

**FREQUÊNCIA CARDÍACA, CAPACIDADE AERÓBICA  
MÁXIMA E LIMAR ANAERÓBICO NO TREINAMENTO DE  
RESISTÊNCIA AERÓBICA PARA CORREDORES DE  
LONGA DISTÂNCIA.**

Monografia apresentada como critério para conclusão da disciplina Seminário de TCC II, do curso de Bacharelado em Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Professor Ms. Gustavo de Conti  
Teixeira Costa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Belo Horizonte  
2010

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, irmãos e amigos pelo amor, apoio e paciência e ao professor Gustavo de Conti também pela paciência e dedicação.

## RESUMO

A busca de uma melhoria na qualidade de vida, juntamente com a popularização das Corridas de Rua em todo o mundo, ocasionou um aumento significativo dos praticantes e de provas dessa modalidade a nível global. Esse estudo se empenhou a analisar a prescrição e aplicações práticas da Frequência Cardíaca, da Capacidade Aeróbia Máxima e do Limiar Anaeróbico no treinamento de Resistência Aeróbica para corredores de Longa Distância. Esses parâmetros são bastante utilizados na prescrição de treinamento de resistência aeróbica. Cada um deles possui vantagens e desvantagens, de acordo com os objetivos do treinamento e da estrutura e materiais disponíveis para o treinador e atleta. Concluiu-se que o Limiar Anaeróbico se caracteriza como um método de controle de treinamento mais adequado para esse grupo específico, porém sem desvalorizar a utilização dos outros parâmetros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resistência Aeróbica; Frequência Cardíaca; Capacidade Aeróbica Máxima; Limiar Anaeróbico; Corrida de Longa Distância.

## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

<b>Figura 1 – Adaptações cardiovasculares pelo treinamento com exercícios aeróbicos .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 2 – Estudos com equações para predição da FC<sub>máx</sub>. De indivíduos não atletas .....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 3 – Relação do percentual da frequência cardíaca e percentual do consumo máximo de oxigênio para atividades cíclicas .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 4 – Classificação da aptidão cardiovascular .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 5 – Relação do percentual da frequência cardíaca e percentual do consumo máximo de oxigênio para atividades cíclicas .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 6 – Adaptação ao treinamento .....</b>	<b>29</b>

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	06
2. OBJETIVO .....	07
3. RESISTÊNCIA AERÓBICA .....	08
3.1 Adaptações ao treinamento aeróbico .....	10
4. CORRIDA DE LONGA DISTÂNCIA (CORRIDA DE RUA) .....	12
5. FREQUÊNCIA CARDÍACA (FC) E PRESCRIÇÃO DE TREINAMENTO .....	14
5.1 Mensuração da FC para prescrição do treinamento .....	15
5.2 Vantagens da utilização da FC .....	16
5.3 Desvantagens da utilização da FC .....	17
6. CAPACIDADE AERÓBICA MÁXIMA (VO <sub>2</sub> MÁX) .....	18
6.1 Relação VO <sub>2</sub> máx e FC .....	22
6.2 VO <sub>2</sub> máx e treinamento de corredores de longa distância.....	23
7. LIMIAR ANAERÓBICO .....	25
7.1 Indicadores e mensuração do limiar anaeróbico .....	26
7.2 Vantagens da utilização do limiar anaeróbico .....	28
7.3 Limiar anaeróbico e treinamento de corredores de longa distância .....	28
8. FC x VO <sub>2</sub> MÁX x LIMIAR ANAERÓBICO.....	30
9. CONCLUSÃO .....	33
REFERÊNCIAS .....	34

## 1. INTRODUÇÃO

O tema dessa monografia foi o estudo da Capacidade Resistência Aeróbica na modalidade Corrida de Longa Distância (LD).

A corrida de LD, principalmente em sua forma de corrida de rua, se tornou uma das modalidades mais praticadas na atualidade. O aumento dessa prática na última década foi bastante acentuado, ocasionado por interesses diversos, como: promoção à saúde, estética, integração social, fuga do estresse e busca de atividades prazerosas ou competitivas.

Paralelo a esse crescimento, aumentou também o interesse por parte de pesquisadores de desenvolver estudos que possibilitem um aprimoramento dos tipos de treinamento, do controle do treinamento e do conhecimento fisiológico em geral a respeito desse tema.

O objetivo do presente estudo foi fazer uma revisão de literatura a respeito dos controles fisiológicos Frequência Cardíaca, Capacidade Aeróbica Máxima e Limiar Anaeróbico no contexto da prescrição de treinamento para essa modalidade.

Foi discutido as características de cada um desses parâmetros, as vantagens e desvantagens e foi feita uma comparação e associação entre eles para a prescrição de treinamento de Resistência Aeróbica para corredores de longa distância.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo do presente estudo foi analisar a prescrição e aplicações práticas da Frequência Cardíaca, da Capacidade Aeróbia Máxima e do Limiar Anaeróbico no treinamento de Resistência Aeróbica para corredores de Longa Distância e comparar a eficiência, fidedignidade e praticidade desses parâmetros; que são os mais utilizados por treinadores.

### 3. RESISTÊNCIA AERÓBICA

Entende-se como resistência a capacidade de suportar física e psicologicamente um estímulo no seu limiar por um determinado tempo (WEINECK, 2003).

Segundo Bompa (1999), "a resistência pode ser definida como a capacidade do organismo em resistir à fadiga numa atividade motora prolongada. Entende-se por fadiga a diminuição transitória e reversível da capacidade de trabalho do atleta".

Num contexto esportivo, o desenvolvimento da resistência implica o adiar da instalação da fadiga e/ou a diminuição das suas consequências durante a execução de um determinado exercício físico, promovendo, ainda, a otimização dos processos de recuperação após o esforço.

Weineck (2003) coloca que existem várias classificações de resistência, de acordo com a forma de manifestação e ângulo de análise:

- Quanto à participação muscular: geral e localizada;
- Quanto à modalidade esportiva: geral e específica;
- Quanto à mobilização à duração: curta, média ou longa duração;
- Quanto aos principais requisitos motores: resistência de força, resistência de força rápida e resistência de velocidade;
- Quanto à mobilização energética: **aeróbica** e anaeróbica.

Na resistência aeróbica há oxigênio suficiente para a queima oxidativa de substâncias energéticas, na anaeróbica (estímulos de alta intensidade ou frequência) não há oxigênio suficiente para mobilização aeróbica de energia, que passa a ser obtida por mecanismos anaeróbicos. Na prática, há uma mobilização energética de ambos os tipos, variando a predominância de acordo com a intensidade e o estímulo: resistência de curta, média ou longa duração.

Resistência de curta duração: estímulos de, no máximo, 45 segundos a 2 minutos – mobilização anaeróbica;

Resistência de média duração: estímulos de 2 a 8 minutos – crescente mobilização energética via aeróbica;

Resistência de longa duração: estímulos acima de 8 minutos – mobilização aeróbica.

Tubino e Moreira (2003) definem Resistência Aeróbica como “a qualidade física que permite um atleta sustentar por um período longo de tempo uma atividade física relativamente generalizada em condições aeróbicas”. As variáveis fisiológicas que sofrem adaptações no treinamento da resistência aeróbica seriam: o desenvolvimento da capacidade funcional do coração; a melhoria do transporte de oxigênio pelo aparelho circulatório e uma consequente situação de boas condições para trocas gasosas e o aumento da capacidade das fibras musculares para oxidar os açúcares e as gorduras.

Para Barros e Dezem (1990), resistência aeróbica “é a capacidade do organismo em resistir à fadiga nos esforços de longa duração. Em função da duração o esforço só pode ser realizado em condições de equilíbrio de oxigênio (steady-state)”

De acordo com Barros (1991), durante uma atividade física de longa duração e intensidade não muito elevada, há o aumento no consumo de oxigênio pela musculatura exercitada. Para que o oxigênio seja “consumido” pelas células que produzem o trabalho, os sistemas cardiovascular e respiratório são responsáveis por transportá-lo. Isto está relacionado a uma maior ou menor capacidade funcional. Dessa forma, quanto maior a capacidade do indivíduo de captar e consumir o oxigênio, maior será sua resistência aeróbica.

A resistência aeróbica é o aspecto mais importante no treinamento de corredores de longa distância (DANTAS, 2003). Para conseguir percorrer longas distâncias a uma velocidade relativamente alta, esses atletas precisam manter porcentagens elevadas do VO<sub>2</sub>máx com baixa lactatemia. Isso só é possível com um treinamento adequado da capacidade resistência aeróbica.

### 3.1 Adaptações ao treinamento aeróbico

McArdle, *et al* (2003) coloca que o treinamento com sobrecarga aeróbica induz adaptações significativas em uma ampla variedade de capacidades funcionais relacionadas ao transporte e utilização do oxigênio.

O músculo esquelético treinado em endurance consegue melhoras significativas na capacidade de controle respiratório, pois passa a ter mitocôndrias mais numerosas, quando comparado com fibras musculares menos ativas. O aumento da capacidade do indivíduo de mobilizar, transportar e oxidar os ácidos graxos para obtenção de energia durante o exercício submáximo e maior capacidade de oxidar carboidratos durante exercício máximo são adaptações metabólicas ao treinamento.

Com relação às fibras musculares, o treinamento de resistência aeróbica também induz adaptações. O tipo da fibra não se altera, mas o potencial aeróbico preexistente é aumentado. Há uma hipertrofia das fibras de contração lenta em comparação às fibras de contração rápida.

O treinamento aeróbico desenvolve uma série de adaptações cardiovasculares como o aumento do volume sistólico, aumento do débito cardíaco e uma conseqüente diminuição da frequência cardíaca de repouso. Na figura abaixo, McArdle, *et al* (2003) resume as adaptações cardiovasculares pelo treinamento com exercícios aeróbicos que fazem aumentar o fornecimento de oxigênio aos músculos ativos:

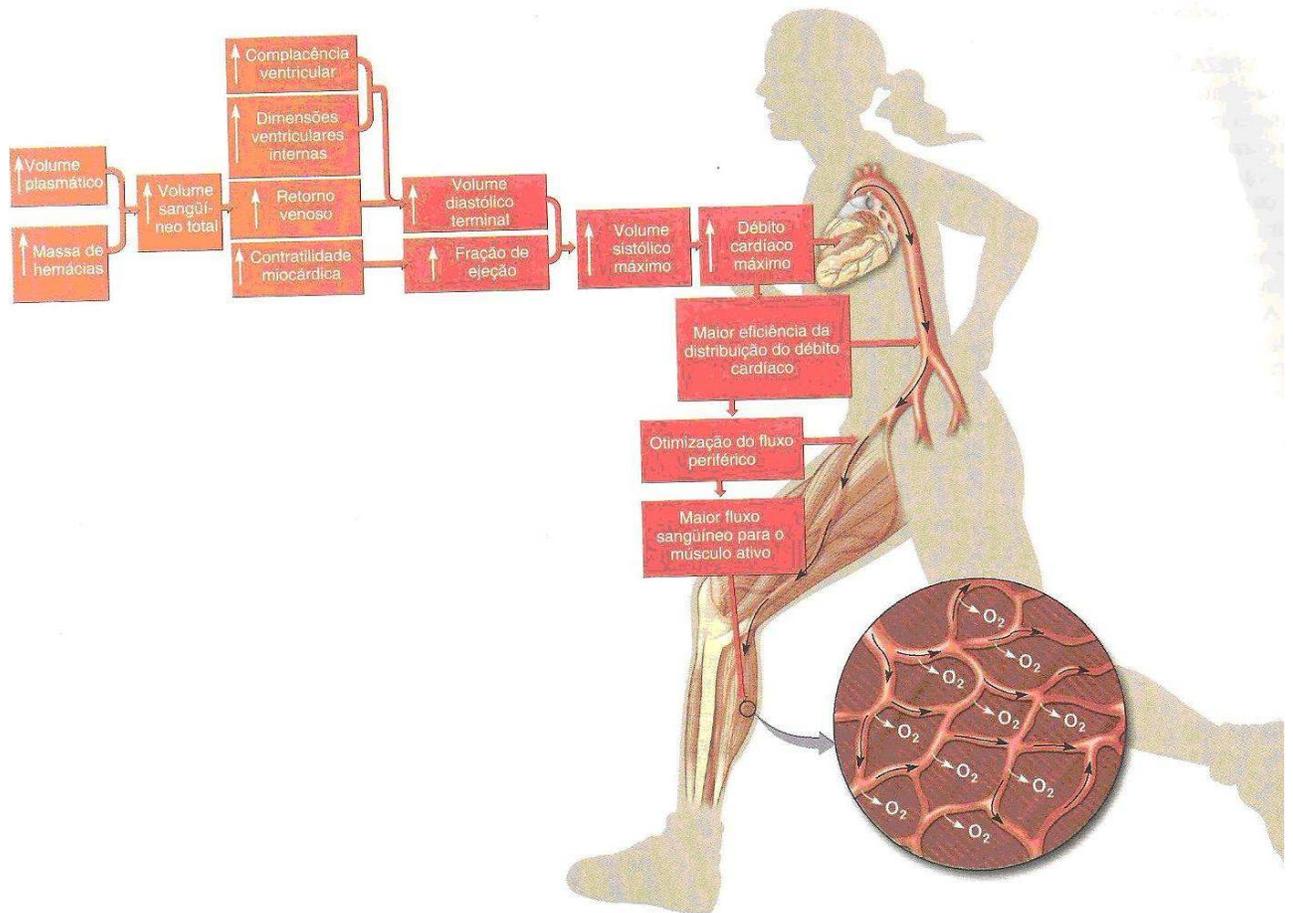


FIGURA 1 – Adaptações cardiovasculares pelo treinamento com exercícios aeróbicos.  
 Fonte: McArdle, *et al*, 2003.

#### **4. CORRIDA DE LONGA DISTÂNCIA (CORRIDA DE RUA)**

O atletismo é chamado de esporte-base, porque sua prática corresponde a movimentos naturais do ser humano: correr, saltar, lançar. Não por acaso, a primeira competição esportiva de que se tem notícia foi uma corrida, nos Jogos de 776 A.C., na cidade de Olímpia, na Grécia, que deram origem às Olimpíadas. (Confederação Brasileira de Atletismo).

Na moderna definição, o atletismo é um esporte com provas de pista (corridas), de campo (saltos e lançamentos), provas combinadas, como decatlo e heptatlo (que reúnem provas de pista e de campo), o pedestrianismo (corridas de rua, como a maratona), corridas em campo (cross country), corridas em montanha, e marcha atlética.

As provas de corrida, que também podem ser chamadas de provas de pista, dividem-se em curta distância (100m, 200m e 400m), média distância (800m, 1500m e três mil metros) e longa distância (cinco mil metros, 10 mil metros e 42,195km). Há também as corridas com barreiras colocadas no percurso, além da marcha atlética e dos revezamentos.

Segundo Salgado e Chacon-Mikail (2006), as Corridas de Rua surgiram e se popularizaram na Inglaterra no século XVIII. Posteriormente, a modalidade expandiu-se para o restante da Europa e Estados Unidos. No final do século XIX, após a primeira Maratona Olímpica, as Corridas de Rua ganharam difundiram-se ainda mais, particularmente nos Estados Unidos. Por volta de 1970, o médico americano Kenneth Cooper, criador do “Teste de Cooper”, foi um grande incentivador da prática de corrida para a saúde. Também na década de 70 surgiram provas que permitem a participação popular junto aos corredores de elite, porém com largadas separadas para os respectivos pelotões.

De acordo com a Federação Internacional das Associações de Atletismo/IAAF (2005), as Corridas de Rua, as chamadas provas de pedestrianismo, são as

disputadas em circuitos de rua, avenidas e estradas com distâncias oficiais variando entre 5 e 100 Km.

A busca de uma melhoria na qualidade de vida, devido às conseqüências dos hábitos sedentários da vida moderna, juntamente com a popularização das Corridas de Rua em todo o mundo, ocasionou um aumento significativo dos praticantes e de provas dessa modalidade a nível global. Outros aspectos que favorecem esse crescimento seriam o fácil acesso a toda população apta, o baixo custo para os organizadores, assim como para o treinamento e a participação, a estética, a integração social, a fuga do estresse da vida moderna e a busca de atividades prazerosas ou competitivas.

Segundo a Associação Internacional de Maratonas e Corridas de Rua, as maratonas e as Corridas de Rua vêm crescendo mais como um comportamento participativo do que como esporte competitivo. Isso pode ser justificado pelos fatores discutidos anteriormente.

Para exemplificar, de acordo com a Secretaria Municipal de Esportes da cidade de São Paulo (2005) e a Federação Paulista de Atletismo (FPA, 2006), a Corrida de Rua é uma das modalidades que mais têm crescido na cidade. Dentre as provas que receberam alvará desta secretaria para sua realização, temos a seguinte evolução em números:

- 2001: 11 provas;
- 2002: 17 provas;
- 2003: 32 provas;
- 2004: 107 provas;
- 2005: 174 provas.

Dessa forma, associada à busca de benefícios à saúde, a facilidade da prática da corrida vêm atraindo cada vez mais adeptos e se tornando uma modalidade esportiva cada vez mais popular.

## 5. FREQUÊNCIA CARDÍACA (FC) E PRESCRIÇÃO DE TREINAMENTO

Polito e Farinatti (2003) colocam que a FC reflete alguma da quantidade de trabalho que o coração deve realizar para satisfazer as demandas metabólicas quando iniciada a atividade física.

Segundo Filho (2003), a mensuração da frequência cardíaca responde ao esforço com um aumento que é proporcional à intensidade de trabalho e ao consumo de oxigênio, para esforços dinâmicos.

Santos, *et al* (2005) descrevem a FC como importante instrumento de controle do treinamento, pois está ligada ao controle da intensidade adequada do esforço. Uma das bases fisiológicas que regem a aplicação da FC como indicador de intensidade do esforço é a sua relação relativamente linear de seus valores relativos (percentuais da FC<sub>máx</sub>) com os valores relativos de consumo de oxigênio (percentual do VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>). Isso faz com que seja possível estimar o comportamento de uma variável em função da outra. Dessa forma, quando um indivíduo se exercita a um determinado percentual do seu VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>, há um percentual de frequência cardíaca que se relaciona com essa intensidade.

A magnitude do aumento da FC com o aumento da carga depende, principalmente, da condição física aeróbica do indivíduo em questão, sendo o aumento proporcional menor para indivíduos treinados. O mau nível de condicionamento físico proporciona um aumento muito grande da FC com o aumento do esforço físico. Quando há diminuição da FC com o aumento da carga de trabalho, é considerado anormal e de péssimo prognóstico clínico.

O exercício dinâmico de forma prolongada, quando comparados aos estáticos ou aos de contra-resistência, parece ter uma maior influência sobre os valores de FC. (POLITO E FARINATTI, 2003).

## 5.1 Mensuração da FC para prescrição do treinamento

Segundo Branco, *et al* (2004); Santos, *et al* (2005); McArdle, *et al* (2003) e Filho, (2003), a medição da FC é um método simples e pratico, que se tornou mais fácil ainda nos últimos anos com a utilização dos cardiofrequencímetros. Ela constitui um indicador facilmente mensurável em esforços de natureza variada.

Para a utilização da FC em treinamentos, usa-se estimar algumas frequências cardíacas, como a frequência cardíaca máxima (FCmax) e sua relação com o percentual de VO2max, por exemplo (BRANCO, *et al*, 2004), FC de reserva, FC de pico, FC de repouso ou basal, FC de treino, etc.

Exemplos de controle de treinamento através da FC:

- Para predição de FCmáx de indivíduos não atletas, uma série de estudos já desenvolveram várias equações com relação à idade.

Como mostra a tabela a seguir, retirada do estudo de Branco, *et al* (2004):

TABELA 1 – Estudos com equações para predição da FCmáx de indivíduos não atletas.

Equação	Aplicação	Referência
FC máx. = 220 - idade	Geral	Karvonen et al., 1957
FC máx. = 210 – 0,65 * idade	Geral	Jones et al., 1975
FC máx. = 206 – 0,597 * idade	Mulheres	Hossack et al., 1981
FC máx. = 205 – 0,41 * idade	Homens Sedentários	Sheffield et al., 1965
FC máx. = 198 – 0,41 * idade	Homens Ativos	Sheffield et al., 1965
FC máx. = 201 – 0,6 * idade	Homens	Calvert et al., 1977
FC máx. = 192 – 0,7 * idade	Mulheres	Calvert et al., 1977
FC máx. = 209 - 0,7 * idade	Homens	Univer. de Ball State
FC máx. = 214 - 0,8 * idade	Mulheres	Univer. de Ball State

Fonte: Branco, *et al*, 2004.

- A relação da FC com os percentuais de VO<sub>2</sub>máx.

Que está exemplificada na tabela a seguir:

TABELA 2 - Relação do percentual da frequência cardíaca e percentual do consumo máximo de oxigênio para atividades cíclicas.

% FC máxima	% VO <sub>2</sub> máximo
50	28
60	42
70	56
80	70
90	83
100	100

Fonte: Marion, *et al*, 1994.

- Método para calcular FC de treino (Metodo Karvonen ou método de reserva de FC):

A seguinte fórmula aplica os dados de FCmáx e FC de repouso (FCR) para estabelecer a FCT para determinado percentual da intensidade do treinamento (Tint)

$$FCT = [(FCM - FCR) \times \% Tint] + FCR$$

Também é possível calcular o percentual de intensidade de treinamento para uma frequência de treinamento conhecida:

$$\% Tint = (FCT - FCR) / (FCM - FCR) \times 100$$

- Zonas Alvo de Treinamento:

Zona de atividade moderada: 50 a 60% da FCmáx

Zona de controle de peso: 60 a 70% da FCmáx

Zona aeróbica: 70 a 80% da FCmáx

Zona do limiar anaeróbico: 80 a 90% da FCmáx

Zona do esforço máximo: 90 a 100% da FCmáx

## 5.2 Vantagens da utilização da FC

A medição da Frequência cardíaca é um método fácil e, com a diversidade de cardiofrequencímetros, se tornou ainda mais fácil e prática.

É uma alternativa para treinos em locais que não possuem marcações de distância (como trilhas) e, dessa forma, quando não se tem GPS, não é possível determinar a velocidade de corrida, por exemplo.

Há uma relação relativamente linear de percentuais de FC e VO<sub>2</sub>máx.

### **5.3 Desvantagens da utilização da FC**

Existem várias formas de utilização da FC na prescrição de treinamento e vários métodos de mensurar os tipos de FC utilizados. Porém, muitos desses métodos precisam ser melhor validados ou são muito subjetivos.

As predições de FC são, na maioria das vezes, generalizadas – se aplicam à maioria da população. Quase não se sabe a adequação de tais predições a um grupo altamente treinado e com alto grau de especificidade como os corredores de fundo. (BRANCO, *et al*, 2004).

As respostas da FC podem ser influenciadas, além do esforço propriamente dito, por diversos aspectos como: a temperatura ambiente, ansiedade, uso de medicamentos, resistência do ar, a umidade relativa do ar, a eficiência mecânica para realizar determinada atividade e quantidade de massa muscular envolvida (SANTOS, *et al*, 2005).

Santos, *et al* (2005) comprovaram a hipótese de que os valores de FC<sub>max</sub> em campo e laboratório podem ser diferentes, influenciando de forma importante na determinação da intensidade do esforço (sub ou superestimando).

## 6. CAPACIDADE AERÓBICA MÁXIMA (VO<sub>2</sub>MÁX)

Por definição, o VO<sub>2</sub>máx é a maior quantidade de oxigênio que o sistema cardiovascular é capaz de entregar aos tecidos do organismo, durante trabalho físico máximo. VO<sub>2</sub>máx = débito cardíaco máx X máxima diferença artério-venosa, em exercícios máximos. (LEITE, 1984; FILHO, 2003)

Segundo McArdle, *et al* (2003), quando, em uma atividade contínua e progressiva, o consumo de oxigênio atinge um platô ou aumenta apenas levemente com os aumentos adicionais na intensidade do exercício representa o consumo máximo de oxigênio – também denominado captação máxima de oxigênio, potência aeróbica máxima, capacidade aeróbica ou, simplesmente, VO<sub>2</sub>máx.

Astrand e Rodhal (1987) definem como a mais alta captação de oxigênio aquela alcançada por um indivíduo respirando ar atmosférico ao nível do mar.

Para Froelicher e Marcondes (1992):

Consumo máximo de oxigênio é a maior quantidade de oxigênio que uma pessoa pode extrair do ar inspirado, durante a realização de exercício dinâmico que envolva uma grande parte da massa muscular total. Ele representa a quantidade de oxigênio transportada e utilizada no metabolismo celular.

O VO<sub>2</sub>máx é um importante instrumento de medida quantitativa da capacidade do indivíduo de ressítese aeróbica de ATP. Com isso, é um importante determinante da capacidade de realizar um exercício de alta intensidade por mais de 4 ou 5 minutos. Sendo assim, quanto maior o VO<sub>2</sub>máx do indivíduo, maior sua capacidade energética de sustentar esforços submáximos por períodos prolongados.

Os valores para o consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>máx), em geral, são enunciados em mililitros de oxigênio por Kg de peso (massa) corporal por minuto (ml/Kg/min). Os valores podem variar de 10ml/Kg/min para pacientes cardíacos a 80 ou 90ml/Kg/min para atletas de alto nível de rendimento. Os corredores de longa

distância e outros atletas de endurance podem alcançar valores de VO<sub>2</sub>máx, quase duas vezes mais altos que pessoas sedentárias.

TABELA 3 – Classificação da aptidão cardiovascular.

CLASSIFICAÇÃO DA APTIDÃO CARDIOVASCULAR						
SEXO	IDADE	PRECÁRIA	REGULAR	MÉDIA	BOA	EXCELENTE
<b>Homens</b>	≤ 29	≤ 24,9	25-33,9	34-43,9	44-52,9	≥ 53
	30-39	≤ 22,9	23-30,9	31-41,9	42-49,9	≥ 50
	40-49	≤ 19,9	20-26,9	27-38,9	39-44,9	≥ 45
	50-59	≤ 17,9	18-24,9	25-37,9	38-42,9	≥ 43
	60-69	≤ 15,9	16-22,9	23-35,9	36-40,9	≥ 41
<b>Mulheres</b>	≤ 29	≤ 23,9	24-30,9	31-38,9	39-48,9	≥ 49
	30-39	≤ 19,9	20-27,9	28-36,9	37-44,9	≥ 45
	40-49	≤ 16,9	17-24,9	25-34,9	35-41,9	≥ 42
	50-59	≤ 14,9	15-21,9	22-33,9	34-39,9	≥ 40
	60-69	≤ 12,9	13-20,9	21-32,9	33-36,9	≥ 37

Fonte: McArdle, *et al* (2003)

O consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max) não é o único determinante do desempenho em atividades aeróbicas de longa duração. Outros fatores que agem a nível tecidual também são importantes para a realização de exercícios de alto nível aeróbico, como: enzimas, densidade capilar, tamanho e número de mitocôndrias, tipo de fibras musculares, etc. (MCARDLE, *et al*, 2003).

Essa variável tem sido considerada uma das variáveis fisiológicas mais importantes para a fisiologia do exercício, pois é um só parâmetro de avaliação de funções pulmonares, cardiovasculares, neuromusculares, etc. (SILVA e OLIVEIRA, 2004; MCARDLE, *et al* 2003; FILHO, 2003)

Filho (2003) resume a importância de medir o VO<sub>2</sub>máx:

- “É aceito internacionalmente como o melhor parâmetro fisiológico para avaliar, em conjunto, a capacidade funcional do sistema cardiorrespiratório”;
- “É um parâmetro fisiológico e metabólico para avaliar a capacidade metabólica oxidativa durante trabalhos musculares acima do metabolismo basal”;
- “É um parâmetro ergométrico utilizado para avaliação da capacidade de trabalho do homem, em diferentes atividades ocupacionais”;

- **“É um parâmetro fisiológico para prescrever atividades físicas sob forma de condicionamento físico normal (sedentários, obesos e idosos) ou especial (cardiopatas, pneumopatas, diabéticos, etc), ou sob a forma de treinamento físico (preparação física de atletas) ou ainda para prescrever atividades ocupacionais no ambiente de trabalho”;**
- “É usado em estudos epidemiológicos para a comparação de capacidade física entre povos e atletas”.

Mesmo sendo uma capacidade treinável, McArdle, *et al* (2003); Filho (2003); Froelicher e Marcondes (1992) afirmam que o consumo máximo de oxigênio pode ser influenciado por fatores relevantes como: estado de treinamento, sexo e idade. Para McArdle, *et al* (2003); Filho (2003) ainda fatores como hereditariedade também influenciam a variação do VO<sub>2</sub>máx de um indivíduo.

Com relação ao sexo, mulheres podem ter valores de VO<sub>2</sub>máx 15 a 30% mais baixos que os homens. A diferença ainda é maior para VO<sub>2</sub>máx enunciado em unidades absolutas (l/min) em vez de fazê-lo em relação ao peso (massa) corporal (ml/Kg/min). Essa diferença entre os sexos é atribuída a diferenças nas composições corporais e na concentração de hemoglobina nos homens e nas mulheres.

Estudos que avaliaram a relação da idade com consumo máximo de oxigênio mostram tendências diferentes para adultos e crianças. Para as crianças, em valores absolutos, os valores de VO<sub>2</sub>máx para meninos e meninas continuam sendo iguais até os 12 anos; aos 14 os valores dos meninos são, em média, 25% mais altos que das meninas e, após os 16 anos, passa de 50% a diferença. Em valores relativos, a capacidade aeróbica máxima se mantém uniforme dos 6 aos 16 anos; para as meninas, a partir dessa idade a linha se declina após os 16 anos, chegando a representar 32% a menos que os meninos. Para os adultos, há um declínio após os 25 anos de idade com um ritmo de, aproximadamente, 1% ao ano. Apesar dessa evidente influência, dados mostram que o nível habitual de atividade física exerce maior influência no declínio do VO<sub>2</sub>máx do que a idade cronológica propriamente dita.

O VO<sub>2</sub>máx, normalmente, pode ter um aumento de 5 a 20%, dependendo do nível de treinamento do indivíduo. Quanto menos treinado, maior será a melhora relativa. Da mesma forma, quanto maior o nível de treinamento, menor a possibilidade de variação. Com a pausa e/ou diminuição da atividade física há o destreinamento e, assim, redução do VO<sub>2</sub>máx.

Do ponto de vista genético, as questões frequentes se relacionam com o genótipo (carga hereditária) e fenótipo (desempenho no exercício). Ainda não se sabe até que ponto o desempenho de atletas de alto rendimento, por exemplo, está relacionado à carga genética ou ao tipo de treinamento utilizado. Segundo McArdle, *et al* (2003), alguns estudos realizados com irmãos gêmeos idênticos (monozigóticos) e gêmeos fraternos (dizigóticos) tentam descobrir essa influência genética no desempenho e pesquisadores estimam atualmente o efeito genético em cerca de 25 a 40% para o VO<sub>2</sub>máx.

Existem várias formas de determinar ou estimar o VO<sub>2</sub>máx. Para isso é utilizado uma ampla variedade de exercícios que ativam os grandes grupos musculares do corpo de forma que a duração e intensidade do esforço sejam suficientes para maximizar a transferência de energia aeróbica. Pode ser medido, direta ou indiretamente, através de ergômetros (bancos, esteiras, bicicletas) ou em testes de pista, em protocolos máximos ou submáximos. (FILHO, 2003).

Nas formas diretas, o consumo máximo de oxigênio é obtido através de medições diretas do gás exalado pelo atleta durante o esforço. Já nas indiretas, é feito o controle da FC e, através de equações, é possível chegar a uma estimativa do VO<sub>2</sub>máx.

Os testes podem ser classificados como máximos e submáximos. Os testes máximos são aqueles que o atleta é orientado a esforços acima de 90% da FCmáx e alcancem o maior nível de metabolismo durante o esforço. Já os submáximos são aqueles que os atletas atingem esforços entre 75 e 90% da FCmáx.

Como descrito anteriormente, existem vários tipos de testes que mensuram a capacidade aeróbica máxima de diferentes formas. Ao escolher um determinado

teste para ser aplicado, deve-se levar em consideração os objetivos, a população, os recursos e a especificidade.

Magel, *et al* (1975), em seu estudo com voluntários treinados em natação e submetidos a testes de VO<sub>2</sub>máx em esteira e na piscina, mostraram que a especificidade do treinamento influencia no resultado do teste. Dessa forma, a mensuração do VO<sub>2</sub>máx deve ser feita em um ergômetro que simule os movimentos utilizados pelo esporte do indivíduo avaliado.

Testes laboratoriais são diretos e mais fidedignos. Porém, demandam de materiais específicos e de alto custo, além de consumirem um tempo maior para aplicação. Quando o objetivo do aplicador é contemplar uma população grande ou apenas estimar os valores de VO<sub>2</sub>max, pode ser mais interessante utilizar testes mais práticos e rápidos, que demandam menos tempo e material específico.

## **6.1 Relação VO<sub>2</sub>máx e FC**

Há uma relação relativamente linear entre os percentuais de VO<sub>2</sub>máx e a FC. Dessa forma, é possível estimar os valores de uma variável em relação a outra. Se exercitar em um dado percentual de VO<sub>2</sub>máx representa um percentual correspondente de FC.

Marion, *et al* (1994) descreveram as relações entre percentual de frequência cardíaca máxima e do percentual do consumo máximo de oxigênio em atividades cíclicas, que envolvem grandes grupos musculares.

TABELA 4 - Relação do percentual da frequência cardíaca e percentual do consumo máximo de oxigênio para atividades cíclicas.

% FC máxima	% VO <sub>2</sub> máximo
50	28
60	42
70	56
80	70
90	83
100	100

Fonte: Marion, *et al*, 1994.

## 6.2 Vo<sub>2</sub>máx e treinamento de corredores de longa distância

Não há dúvida que o VO<sub>2</sub>máx é um bom parâmetro de avaliação de condicionamento físico de atletas em diversas modalidades. Juntamente com outras variáveis, a mensuração da capacidade aeróbica máxima é bastante utilizada por treinadores e pesquisadores para avaliar o estado inicial de condicionamento do atleta, para servir de parâmetro de controle dos efeitos do treinamento e também para traçar e comparar os perfis dos atletas de cada modalidade esportiva.

Estudos como o de Balikian, *et al* (2002), que utilizaram o consumo máximo de oxigênio para traçar e comparar os perfis de jogadores de futebol de acordo com a posição em que jogam; e Denadai, *et al* (2004), que analisaram a validade do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>máx) e outras variáveis para a predição da performance de atletas de endurance; são exemplos dos objetivos citados acima.

Como já foi discutido anteriormente, a especificidade possui grande importância na escolha do teste a ser realizado. Dessa forma, para avaliar VO<sub>2</sub>máx de corredores de longa distância, deve-se utilizar testes em esteiras ou testes de pista que utilizam de corrida.

No caso do treinamento de corredores de longa distância, o consumo máximo de oxigênio é utilizado basicamente para controle e avaliação do treinamento e do indivíduo. Treinadores utilizam testes de VO<sub>2</sub>máx no início do treinamento e ao longo do mesmo, de tempos em tempos, para obter mais uma referência de

parâmetro de melhora e dos efeitos do treinamento. Porém, não podemos esquecer que, quando se trata de atletas de alto nível de rendimento, a capacidade aeróbica máxima é pouco treinável, dessa forma, outros parâmetros, talvez, possam ser mais importantes nesse processo. Segundo Silva, *et al* (2005), há uma baixa correlação entre a quantificação do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max) e a predição de performance aeróbia em competições.

No que diz respeito à prescrição do treinamento, ele é utilizado de forma indireta associado à FC - como foi mostrado no quadro proposto por Marion, *et al* (1994). Há um maior detalhamento no item “Frequência Cardíaca e prescrição de treinamento”.

## 7. LIMIAR ANAERÓBICO

Nas últimas décadas, o conceito de Limiar Anaeróbico (LA) tornou-se um dos grandes pontos de discussão dentro da Fisiologia do Exercício (MATTAR, 1997; MARQUEZI, 2006).

Um dos primeiros conceitos do limiar anaeróbico foi proposto por Wasserman (1967): “intensidade do exercício acima da qual a concentração sanguínea de lactato aumenta de forma progressiva e a ventilação pulmonar se intensifica também de maneira desproporcional ao oxigênio consumido”.

Segundo McArdle, *et al* (2003), o limiar de lactato, de forma conceitual, representa um nível de exercício no qual a hipoxia tecidual desencadeia um desequilíbrio entre a formação e remoção de lactato, aumentando assim a concentração sanguínea de lactato.

Limiar de compensação expiratória, limiar anaeróbico, início de acúmulo de lactato no sangue, eficiência ventilatória ótima, limiar aeróbico-anaeróbico, início de acúmulo de lactato no plasma, limiar anaeróbico individual e ponto de acidose metabólica são conceitos que relatam, essencialmente, o mesmo fenômeno.

Davis, *et al* (1983) Gladden, *et al* (1985) definem limiar anaeróbico como a intensidade de exercício na qual a concentração de lactato aumenta de forma abrupta e progressiva.

Segundo Pompeu (2006), “O limiar anaeróbico é o mais importante índice isolado de aptidão física, pois, relaciona-se ao padrão do recrutamento motor e ao desempenho cardiovascular, respiratório e metabólico.”

McArdle, *et al* (2003) cita algumas importantes funções da mensuração do limiar de lactato:

- “Proporciona um indicador sensível do estado do treinamento aeróbico”;

- “permite prever o desempenho de endurance, na maioria das vezes com maior exatidão que o  $VO_2\text{máx}$ ”;
- “estabelece uma intensidade efetiva do treinamento relacionado à dinâmica metabólica dos músculos ativos”.

### 7.1 Indicadores e mensuração do limiar anaeróbico

Wasserman e McIlroy (1964) argumentavam que se podia identificar o limiar de lactato durante o exercício por três maneiras: aumento na concentração sanguínea de lactato, redução do bicarbonato e do pH no sangue arterial e aumento da relação da permuta gasosa respiratória.

Mattar (1997) e McArdle, *et al* (2003) citam como indicadores de limiar anaeróbico fatores como: concentração sanguínea fixa de lactato, limiar ventilatório e lactato sanguíneo.

O método ventilatório fundamenta-se basicamente nos ajustes respiratórios que ocorrem durante a prática de exercício de cargas progressivas em função do excesso na produção de  $CO_2$ , que é proveniente do metabolismo oxidativo e do tamponamento do ácido láctico. Dessa forma, propõe-se um limiar ventilatório que corresponde a esse limiar anaeróbico. Uma grande vantagem desse método é o fato de não ser invasivo, mas possui desvantagens como dificuldade em alguns casos de se determinar o LA, subjetividade, uso restrito a laboratórios e altos custos (devido a aparelhagens específicas).

O método do lactato está baseado no aumento exponencial da concentração sanguínea de lactato em determinado momento do esforço. Segundo Madera *et al* (1976, citado por MATTAR, 1997, o limiar anaeróbico é a carga que produz o valor fixo de  $4\text{mmol/l}$ . Mas outros autores colocam esse valor de  $4\text{mmol/l}$  é arbitrário, pois acreditam que o LA pode variar para cada indivíduo. As vantagens dos métodos que coletam o lactato sérico é que podem ser realizados em campo, são bastantes

objetivos e o custo é mais baixo que os testes laboratoriais. Porém, se caracteriza por uma técnica invasiva, de coleta de sangue arterial x venoso e, muitas vezes, necessita de cuidados especiais com o material coletado.

Dentre os diversos métodos de determinação da intensidade do treinamento pelo lactato sangüíneo, temos a “velocidade de corrida correspondente à concentração fixa de 4 mmol/l”. A Velocidade correspondente à concentração fixa de 4 mmol/l de lactato é determinada pela correlação entre a velocidade de corrida e a concentração de lactato sangüíneo ao final de cada estágio (CHICHARRO e ARCE, 1991). Esse parâmetro e derivados são bastante utilizados na prescrição de treinamento de corredores de longa distancia, pois a partir dessa velocidade de corrida é possível estimar velocidades correspondentes a cada estímulo que se deseja proporcionar ao atleta.

Ao longo dos anos, outros métodos alternativos, como a utilização da frequência cardíaca, foram sendo criados para a mensuração do limiar de lactato. Mesmo sendo bastante atrativos, muitas vezes pela praticidade, baixos custos, etc, alguns carecem de melhores validações.

Existe uma série de variáveis que podem ser avaliadas nas diferentes formas de mensuração do limiar anaeróbico. Estudos como o de Silva, *et al* (2005); Denadai, *et al* (2003); Simões, *et al* (1998); Higino e Denadai (2002); Mahseredjian, *et al* (1999); Pompeu, (2006); Pacheco, *et al* (2006); Filho, *et al* (1998) são exemplos de pesquisas que comparam métodos invasivos e não-invasivos, LA com VO<sub>2</sub>máx; determinação de LA por dosagens glicêmicas e lactacidêmicas; validade de variáveis como velocidade crítica, velocidade de corrida e outros parâmetros associados a LA e validação de métodos não invasivos comparados a testes invasivos.

## 7.2 Vantagens da utilização do limiar anaeróbico

Segundo Mattar (1997), para cardiopatas, aplicar o teste de limiar anaeróbico ao invés do teste de VO<sub>2</sub>máx pode significar menos risco.

Silva, *et al* (2005) destacam que O LA ganhou destaque na área de treinamento esportivo devido, principalmente, ao rápido ajuste desse parâmetro frente a modificações do treinamento.

Denadai, *et al* (2004) constataram que, para corridas de longas distâncias, o limiar anaeróbico foi o preditor de desempenho, quando comparado com outros parâmetros.

McArdle, *et al* (2003) afirma:

O exercício realizado ao nível ou ligeiramente acima do limiar de lactato proporciona um treinamento aeróbico efetivo, com os níveis mais altos do exercício produzindo os maiores benefícios, particularmente para os indivíduos aptos.

## 7.3 Limiar anaeróbico e treinamento de corredores de longa distância

As curvas de lactato sanguíneo, durante o exercício, têm sido amplamente utilizadas na prescrição do estímulo de treinamento para corredores de longa distância. (Pompeu, *et al*, 1997; Pompeu, 2006).

Corredores de longa distância, principalmente maratonistas, precisam ser capazes de correr a velocidades elevadas, com uma baixa lactatemia e utilizando uma elevada percentagem do seu VO<sub>2</sub>max. Os bons maratonistas são capazes de correr uma maratona utilizando entre 80-90%VO<sub>2</sub>max. Por esta razão, as correlações mais elevadas com a performance no exercício prolongado, são encontradas para um

parâmetro que expressa capacidade e não potência máxima aeróbia, o limiar anaeróbico.

Com relação à prescrição do treinamento para corredores de longa distância, o limiar anaeróbico é a ferramenta mais objetiva e que possibilita maior controle do treinamento. Com os valores do limiar de lactado e da velocidade correspondente a esse limiar, é possível estimar velocidades supra-limiar e sub-limiar, possibilitando assim atingir diferentes zonas de treinamento, de forma mais objetiva e controlada.

Exemplo:

QUADRO 1 – Adaptação ao treinamento

<i><b>SBL II</b></i>	<i><b>SBL I</b></i>	<i><b>Limiar</b></i>	<i><b>SPL I</b></i>	<i><b>SPL II</b></i>
<i><b>Contínuo</b></i>	<i><b>Longo</b></i>	<i><b>Ritmo</b></i>	<i><b>Intervalado Extensivo</b></i>	<i><b>Intervalado Intensivo</b></i>
<i><b>-- %</b></i>	<i><b>- %</b></i>	<i><b>100%</b></i>	<i><b>+ %</b></i>	<i><b>++ %</b></i>

Fonte: TCR - TREINAMENTO DE CORRIDA DE RUA, 2009

O exemplo faz uma relação das velocidades sub-limiar (SBL II e SBL I), da velocidade do limiar anaeróbico (limiar), das velocidades supra-limiar (SPL II e SPL I) com os métodos de treinamento de corrida (contínuo, longo, ritmo, intervalado extensivo, intervalado intensivo).

Utilizar a velocidade para prescrição do treinamento possibilita um melhor controle do ritmo, sendo em sessões de treinamento em esteiras ou por delimitação de percurso. O atleta acostumado com seu ritmo de corrida possui maior auto-controle nos momentos de simulação e de competição. Dessa forma, sua preparação mental é facilitada, uma vez que ele reproduz nos treinos o que acontece nas competições (especificidade).

## 8. FC x VO<sub>2</sub>MÁX x LIMAR ANAERÓBICO

Como foi discutido anteriormente, a quantificação da intensidade adequada do esforço é um aspecto fundamental na prescrição do exercício aeróbio, independentemente da população envolvida. Para corredores de longa distância não é diferente. A capacidade aeróbica máxima, o limiar anaeróbico e a frequência cardíaca são umas das variáveis que podem ser usadas para esse fim.

A capacidade aeróbica máxima é uma importante variável para avaliar a potência aeróbia do indivíduo e para prescrever a intensidade do treinamento aeróbio. Quando se conhece com exatidão a distância percorrida, o controle da intensidade do treinamento pode ser feito com base na velocidade de corrida, que é associada ao limiar anaeróbico. Como muitas vezes os atletas de resistência realizam sessões de treino em locais onde não é possível a marcação das distâncias para determinação de velocidade (em trilhas, por exemplo), a utilização da FC para prescrição da intensidade de treino é viável nestes casos. Entretanto, dependendo das características e dos objetivos do indivíduo a ser treinado, uma variável pode apresentar mais vantagens do que outra.

O VO<sub>2</sub>máx é considerado uma variável importante, pois é um só parâmetro de avaliação de funções pulmonares, cardiovasculares, neuromusculares, etc. Dessa forma, é um parâmetro bastante utilizado como controle de treinamento. Porém, dependendo do nível de treinamento do indivíduo, autores afirmam que há uma baixa correlação entre a quantificação do consumo máximo de oxigênio e a predição de performance aeróbia em competições. Na prescrição do treinamento, ele é associado ao controle da FC e, dessa forma, está atrelado também às vantagens e desvantagens da utilização dessa variável.

A FC possui uma relação relativamente linear de seus valores percentuais com os valores percentuais de VO<sub>2</sub>máx. Essa é uma das bases fisiológicas que regem a aplicação da FC como indicador de intensidade do esforço. A mensuração da FC é bastante simples, ainda mais quando feita com cardiofrequencímetros, e, como já foi dito, é uma alternativa para treinos que não possuem marcadores de distância nem

GPS. Porém, as predições propostas de FC (pela idade, por exemplo) são, na maioria das vezes, generalizadas e não atendem adequadamente grupos treinados, como corredores de longa distância. Além disso, a resposta da FC pode ser influenciada, além do esforço propriamente dito, pela temperatura ambiente, ansiedade, uso de medicamentos, resistência do ar, a umidade relativa do ar, a eficiência mecânica e a quantidade de massa muscular envolvida. A quantificação de FC máxima, FC de reserva e outras utilizadas para a prescrição de treinamento também sofre variações de acordo com o tipo de teste realizado. Robergs e Landwehr (2002) destacam que o erro de estimativa para propósitos de prescrição baseada na FC pode ser maior do que o associado à estimativa do  $VO_2$ máx. Santos, *et al* (2005) verificaram diferenças significativas nas respostas de  $FC_{máx}$  em campo e em laboratório.

O limiar anaeróbico é um indicador mais sensível do estado de treinamento aeróbico e proporciona rápidos ajustes perante modificações nos treinamentos. McArdle, *et al* (2003) coloca que o LA permite prever o desempenho de endurance, na maioria das vezes, com maior exatidão que o  $VO_2$ máx e Denadai, *et al* (2004) constataram que ele foi preditor de desempenho para corridas de longa distância de indivíduos treinados, quando comparado a outros parâmetros. Dessa forma, corredores de longa distância devem conseguir se exercitar a altas porcentagens de  $VO_2$ máx, mas, o mais importante, com uma baixa lactatemia. Para o treinamento de corredores de longa distância, utiliza-se velocidades relacionadas ao limiar de lactato. Isso proporciona um maior controle do treinamento, uma vez que a velocidade não é sensível a condições ambientais, psicológicas e/ou físicas, sem contar que proporciona uma maior especificidade, uma vez que o atleta simula em treino o ritmo que seria adotado no momento da competição.

Dessa forma, para o treinamento de resistência aeróbica de corredores de longa distância, a utilização do limiar anaeróbico como variável de controle e prescrição do treinamento é mais interessante. E a utilização da FC e do  $VO_2$ máx podem ser utilizados como parâmetros adicionais para fornecer uma maior quantidade de informações ao treinador. O LA como ferramenta direta para a prescrição, o  $VO_2$ máx como parâmetro de avaliação de progressão do treinamento (realizado de tempos em tempos) e a FC para obter informações a respeito dos efeitos do treinamento, do

processo de fadiga e recuperação do indivíduo e como alternativa de controle de intensidade para corredores iniciantes que ainda não sabem correr por velocidades.

## 9. CONCLUSÃO

A Frequência Cardíaca, a Capacidade Aeróbica máxima e o Limiar Anaeróbico são parâmetros bastante utilizados na prescrição de treinamento de resistência aeróbica. Cada um deles possui vantagens e desvantagens, de acordo com os objetivos do treinamento e da estrutura e materiais disponíveis para o treinador e atleta.

Este estudo se empenhou a discutir esses parâmetros para o treinamento de corredores de longa distância. Para esse grupo específico, o Limiar Anaeróbico se caracteriza como um método de controle de treinamento mais adequado, porque, com a utilização de limiar de lactato e seus “componentes”, é possível prescrever um treinamento mais específico para a modalidade, mais objetivo, menos generalizado e menos sensível às condições ambientais e psicológicas. A possibilidade de um rápido ajuste desses parâmetros frente às modificações do treinamento permitem um controle e adaptação mais fáceis.

A utilização de outros parâmetros também é importante: o  $VO_{2max}$  como parâmetro de melhora do condicionamento é comprovada e bastante utilizada e o monitoramento da FC durante, antes ou depois do treinamento possibilita informações a respeito dos efeitos do treinamento, do processo de fadiga e recuperação do indivíduo. A FC também pode ser um recurso para iniciantes na modalidade que ainda não conseguem controlar o ritmo (velocidade).

Entretanto, muitos treinadores, principalmente de atletas não-profissionais, ainda utilizam da FC como principal método de controle e prescrição do treinamento. Isso pode ser justificado pelo maior número de estudos relacionados à FC (por ser um método mais antigo) e/ou pela falta de conhecimento científico dos mesmos.

Mais estudos são necessários para o aprimoramento da utilização do Limiar Anaeróbico no treinamento de resistência aeróbica para corredores de longa distância, principalmente no âmbito de aprimorar a estimativa do limiar de lactato e da velocidade desse limiar (em laboratórios e, principalmente, em campo) e de aplicações práticas ao treinamento.

## REFERÊNCIAS

ASTRAD, P.O.; RODHAL, K. **Tratado de Fisiologia do Exercício**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987.

BALIKIAN, P.; LOURENÇÃO, A.; RIBEIRO, L. F. P.; FESTUCCIA, W. T. L.; NEIVA, C. M. Consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio de jogadores de futebol: comparação entre as diferentes posições. **Rev. Bras. Med. Esporte**. v. 8, n. 2, Mar/Abr, 2002.

BARROS, R. **Efeitos das Atividades Físicas na Resistência Aeróbica em Universitários de Educação Física**. 1991. Dissertação (Pós-graduação). Faculdade de Educação Física, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 1991.

BARROS, N; DEZEM, R. **O Atletismo**. São Paulo: Editora Apoio, 1990.

BOMPA, T.O. **Periodization: Theory and methodology of training**. 4th edition. Champaign: Human Kinetics, 1999.

BRANCO, F. C.; VIANNA, J. M.; LIMA, J. R. P. de. Frequência cardíaca na prescrição de treinamento de corredores de fundo. **Rev. Bras. Cien. e Mov.** Brasília, v. 12, n. 2, p. 75-79, Jun, 2004.

CBAAt. Confederação Brasileira de Atletismo. Disponível em: <http://www.cbat.org.br>. Acesso em: 05 junho 2010.

CHICHARRO, J. L.; ARCE, J. C. L. **Umbral anaerobio bases fisiologicas y aplicacion**. Madrid, Interamericana, 1991.

DANTAS, E.H.M. **A Prática da Preparação Física**. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora Shape, 2003.

DENADAI, B. S.; ORTIZ, M. J; MELLO, M. T de. Índices fisiológicos associados com a “performance” aeróbia em corredores de “endurance”: efeitos da duração da prova. **Rev. Bras. Med. Esporte**. v. 10, n. 5, Set/Out, 2004 .

DENADAI, B. S.; ORTIZ, M. J.; STELLA, S.; MELLO, M. T. Validade da velocidade crítica para determinação dos efeitos do treinamento no limiar anaeróbico em corredores de endurance. **Rev. Port. Ciências Desporto**. v. 3, p. 16-23, 2003.

FILHO, J. F. **A prática da avaliação física**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Shape, 2003.

FILHO, H. T.; RIBEIRO, L. S. P.; ROMBALDI, A. J.; SAMPEDRO, R. M. F. Velocidade de corrida no limiar anaeróbico em adolescentes masculinos. **Rev. Paul. Educ. Fís.**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 31-41, Jan/Jun, 1998.

FPA. Federação Paulista de Atletismo: departamento de corrida de rua. Banco de dados. São Paulo, 27 jun. 2005.

FROELICHER, V. F.; MARCONDES, G. D. **Manual de Teste Ergométrico**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas, 1992.

HIGINO, W. P.; DENADAI, B. S. Efeito do período de recuperação sobre a validade do teste de lactato mínimo para determinar a máxima fase estável de lactato em corredores de fundo. **Rev. Paul. Educ. Fís.**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 5-15 Jan/Jun, 2002.

IAAF. Associação Internacional das Federações de Atletismo. Disponível em: <<http://www.iaaf.org>>. Acesso em: 02 junho 2010.

LEITE, P. F. **Fisiologia do exercício: ergometria e condicionamento físico**. Rio de Janeiro - São Paulo: Livraria Atheneu, 1984.

MADERA, *et al.* Zur beurteilung der sportartsspezifischen ausdauerleistungsfähigkeit im labor. **Sportarzt Sportmed**. v. 27, p.80-88, 1976 *apud* MATTAR, R. Limiar Anaeróbico - uma abordagem crítica. **J. Biomolec. Med. Free Radic**. v. 3, n. 2, 1997.

MAGEL, J. R.; FOGLIA, G. F.; MCARDLE, W. D.; GUTIN, B. PECHAR, G. S.; KATCH, F. I. Specificity of swim training on maximum oxygen uptake. **Journal of Applied Physiology**, v. 38, n. 1, p. 151-155, 1975 by American Physiological Society.

MAHSEREDJIAN, F.; NETO, T. L. B.; TEBEXRENI, A. S. Estudo comparativo de métodos para a predição do consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio em atletas. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v. 5, n. 5, p. 167-172 Set/Out, 1999.

MARION, A.; KENNY, G.; THODEN, J. Heart Rate response as a means of quantifying training loads: Practical considerations for coaches. **Sports**. v. 14, n. 2, 1994.

MARQUEZI, M.L. Bases Metabólicas do conceito limiar anaeróbio – conceito limiar anaeróbio. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**. São Paulo, v. 5, n. 2, 2006.

MATTAR, R. Limiar Anaeróbico - uma abordagem crítica. **J. Biomolec. Med. Free Radic.** v. 3, n. 2, 1997.

MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

PACHECO, M. E.; SILVA, L. G. M.; BALDISSERA, V.; CAMPBELL, C. S. G.; LIBERTI, E. A.; SIMÕES, H. G. Relação entre velocidade crítica, limiar anaeróbio, parâmetros associados ao VO<sub>2</sub>max, capacidade anaeróbia e custo de O<sub>2</sub> submáximo. **Motriz**, Rio Claro, v.12, n.2, p.103-111, Mai/Ago, 2006.

POLITO, M. D.; FARINATTI, P. T. V. Respostas de frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto ao exercício contra-resistência: uma revisão da literatura. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**. v. 3, n. 1, p.79-91, 2003.

POMPEU, F. A. M. S. Limiar anaeróbio e desempenho em provas de endurance. **Rev. Bras. Educ. Fís. Esp.**, São Paulo, v. 20, Suplemento n. 5, p. 205-09, Set, 2006.

POMPEU, F. A. M. S.; FLEIGNER, A. J.; SANTOS, M. N dos; GOMES, P. S. C. Predição do desempenho na corrida de 5.000 m por meio de testes no laboratório e no campo, para corredores de fundo. **Rev. Paul. Educ. Fís.**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 78-89, Jan./Jun, 1997.

ROBERGS, R. A., LANDWEHR, R. The surprising history of the “HRmax = 220-age” equation. **Journal of Exercise Physiology Online**. v. 5, n. 2, p. 1-10, 2002.

SALGADO, J. V. V. CHACON-MIKAIL, M. P. T. Corrida de rua: análise do crescimento do número de provas e de praticantes. (Street race: analyses of the growth of the number of competitions and practitioners). Faculdade de Educação Física/UNICAMP. **Conexões**. São Paulo. v.4, n. 1, p. 100-109, 2006.

SANTOS, A. L dos; SILVA, S. C.; FARINATTI, P. T. V.; MONTEIRO, W. D. Respostas da Frequência Cardíaca de Pico em Testes Máximos de Campo e Laboratório. **Rev. Bras. Med. Esporte**. v.11, n. 3, Mai/Jun, 2005.

SILVA, A. E. L.; OLIVEIRA, F. R. Consumo de oxigênio durante o exercício físico: aspectos temporais e ajustes de curvas. **Rev. Bras. Cine. Des. Hum.** v. 6, n. 2, p. 73-82, 2004.

SILVA, A. S. R da; SANTOS, F. N. C dos; SANTIAGO, V.; GOBATTO, C. A. Comparação entre métodos invasivos e não invasivo de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais. **Rev. Bras. Med. Esporte**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 233-237, Jul/Ago, 2005.

SIMÕES, H. G.; CAMPBELL, C. S. G.; BALDISSERA, V.; DENADAI, B. S.; KOKUBUN, E. Determinação do limiar anaeróbio por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em testes de pista para corredores. **Rev. Paul. Educ. Fís.** São Paulo, v. 12, n. 1, p. 17-30, Jan/Jun, 1998.

TCR - TREINAMENTO DE CORRIDA DE RUA. 2009, Belo Horizonte. Academia Fórmula, 2009.

TUBINO, M; MOREIRA, M. **Metodologia Científica do Treinamento Desportivo**. Rio de Janeiro: Editora Shape, 2003.

WASSERMAN, K.; KESSEL, A. L. V.; BURTON, G. G. Interaction of physiological mechanisms during exercise. **J. Appl. Physiol.** v. 22, p. 71-85, 1967.

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

WEINECK, J. **Treinamento Ideal**. 9. ed. São Paulo: Editora Manole, 2003.