



# LIMIAR ANAERÓBIO



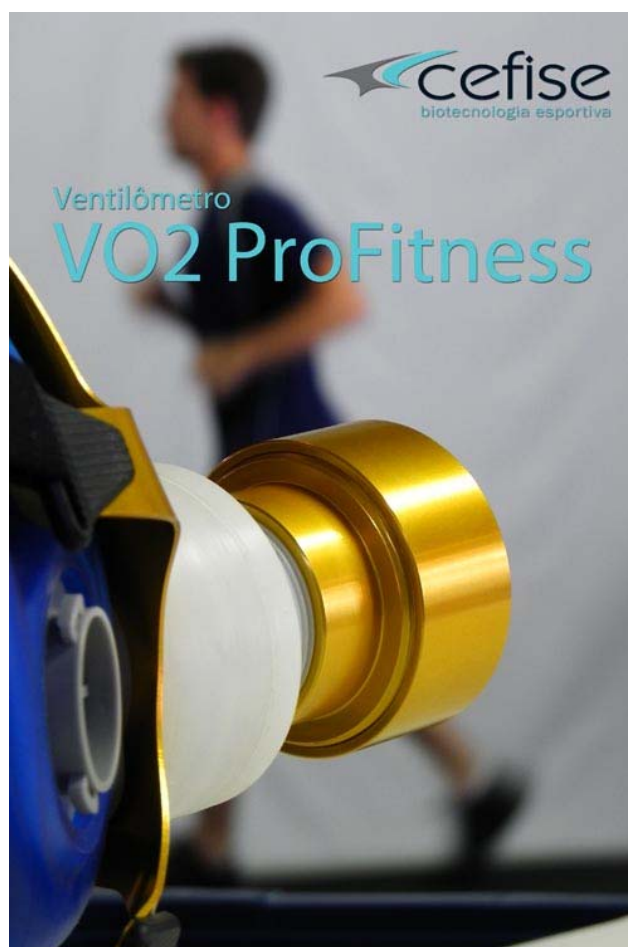
---

# APOSTILA

# LIMIAR ANAERÓBIO

*Prof. Alex Oliveira*





# LIMIAR ANAERÓBIO

---

Essa apostila tem como objetivo apresentar algumas referências sobre o assunto: LIMIAR ANAERÓBIO (LA), pois entendemos que este assunto é de fundamental importância para a Educação Física. Não temos a pretensão de que essa apostila seja uma ferramenta com as terminologias características do rigor científico.

Apesar de ser um tema relativamente novo na fisiologia do exercício, tem sido alvo de muitos estudos nos últimos anos. No entanto ainda existem muitas dúvidas a seu respeito.

O conceito do Limiar Anaeróbio é aceito na grande maioria dos laboratórios de fisiologia do exercício do mundo todo, no entanto existe uma certa controversa sobre o Limiar Anaeróbio, principalmente sobre qual metodologia utilizar para sua determinação. Como existem muitas maneiras e protocolos para sua determinação os resultados nem sempre podem ser comparados. Quando a determinação do LA é realizada por uma metodologia A e comparada com a metodologia C ou E, podemos ter resultados divergentes.

Geralmente as divergências ocorrem pelo fato de resultados de uma pesquisa realizada a partir de um determinado protocolo serem comparados com resultados de outra pesquisa realizada a partir de outro protocolo.

Entendemos que, independentemente de terminologias e discussões sobre o rigor científico de tal assunto, é muito importante que utilizemos esse conceito em maior escala, para que a prática possa contribuir para um maior consenso sobre o assunto.

Vamos iniciar a apresentação desse tema com a exemplificação de um relatório emitido por um laboratório de fisiologia do exercício.



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

## Índices relacionados a um relatório de fisiologia do exercício

### Consumo Máximo de Oxigênio (VO<sub>2</sub>máx.):

É a taxa máxima que o organismo de um indivíduo tem de captar e utilizar o oxigênio do ar que está inspirando para gerar trabalho.

VO<sub>2</sub> max é diferente de VO<sub>2</sub>

VO<sub>2</sub> refere-se ao consumo de oxigênio pelo organismo numa determinada intensidade de exercício.

Tanto VO<sub>2</sub>máx. (consumo máximo de oxigênio) como VO<sub>2</sub> (consumo de oxigênio) podem ser expressos em:

a) l . min<sup>-1</sup> (litros por minuto = litros de oxigênio absorvidos no espaço de tempo de 1 minuto, pode ser chamado de valor absoluto, Adams 1994).

ou

b) ml . kg<sup>-1</sup> . min<sup>-1</sup> (mililitros por quilograma de peso por minuto = mililitros de oxigênio absorvidos por quilograma de peso corporal no espaço de tempo de 1 minuto, pode ser chamado de valor relativo, Adams 1994)

Na literatura também encontramos essas duas expressões na seguinte forma:

l/min para expressar l . min<sup>-1</sup>

e

ml/kg/min para expressar ml . kg<sup>-1</sup> . min<sup>-1</sup>

As expressões l . min<sup>-1</sup> e ml . kg<sup>-1</sup> . min<sup>-1</sup> são consideradas cientificamente corretas.

Para se obter o VO<sub>2</sub>max relativo a partir do valor absoluto basta transformá-lo em mililitros (ML) e dividi-lo pelo peso corporal do indivíduo. Isto é, um indivíduo que pese 70 kg e possua um VO<sub>2</sub> max absoluto de 3,5 l/min<sup>-1</sup> terá um VO<sub>2</sub>max relativo de 50,0 ml . kg<sup>-1</sup> . min<sup>-1</sup>.

Caso tenha o VO<sub>2</sub>max relativo em mãos e queira transformá-lo em absoluto basta multiplicá-lo pelo peso corporal.

**Pergunta:** Um sujeito pesa 80 kg e tem um VO<sub>2</sub> máximo absoluto de 3,8 min<sup>-1</sup>, qual será o seu VO<sub>2</sub> máximo relativo?

### Resposta:

3,8 litros ( l ) é igual a 3.800 mililitros ( ml )

3.800 ml / 80 kg / min

47,5 ml . kg<sup>-1</sup> . min<sup>-1</sup>



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

O VO<sub>2</sub>max é um bom índice para que possamos classificar o nível de aptidão cardiorrespiratório, ou seja, para que possamos comparar com dados estatísticos. Todas as tabelas de classificação de aptidão física foram desenvolvidas a partir de pesquisas realizadas sobre o consumo máximo de oxigênio - VO<sub>2</sub> Máximo.

Essa capacidade (VO<sub>2</sub>máx.) é limitada por alguns fatores, como por exemplo:

- Fatores genéticos
- Massa muscular
- Aptidão física
- Condicionamento Físico

Pode ser melhorada com o treinamento, porém dificilmente mais que 30%. Esses 30%, caso o indivíduo, antes de iniciar o programa de treinamento, seja uma pessoa destreinada. Caso já seja treinado o percentual de melhora será bem menor.

Quanto maior for o nível de condicionamento físico mais difícil será aumentar essa capacidade, em alguns casos nem é aumentada.

Por exemplo: enquanto um sedentário pode melhorar seu VO<sub>2</sub> máximo em até 30%, um atleta muito bem treinado consegue melhorar seu VO<sub>2</sub> max em muito pouco, no máximo em 5%.

Vejamos esse caso:

Se geneticamente uma pessoa destreinada de 70,0 kg de peso, tem um VO<sub>2</sub> Max de 2,5 l/min poderá melhorar seu VO<sub>2</sub> em 30% chegando a um VO<sub>2</sub> de 3,25 l/min, o que dá um valor relativo de 46,4 ml/kg/min. No entanto para que ela possa estar figurando entre os melhores maratonistas do mundo necessitaria ter um VO<sub>2</sub> de 5,0 l/min, ou seja, 70,0 ml/kg/min (média dos melhores maratonistas). Do ponto de vista do VO<sub>2</sub> máximo, ela jamais estará entre os melhores do mundo. Isso não quer dizer que não possa completar uma maratona, mas sim que esse indivíduo dificilmente seria um campeão dessa prova.

Mesmo o consumo máximo de oxigênio não sendo aumentado é possível melhorar a performance de um indivíduo.

O VO<sub>2</sub> máximo é o melhor índice fisiológico para classificação e triagem, no entanto o Limiar Anaeróbio se mostra mais adequado para aplicação das cargas de treinamento.



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

## Limiar Anaeróbio

Refere-se à intensidade de exercício onde o nível de lactato sanguíneo começa a se acumular numa velocidade mais alta do que vinha acontecendo em intensidades de exercício mais leves. A partir desse ponto a velocidade de produção de lactato ultrapassa a velocidade de remoção causando um acúmulo que vai se acentuando cada vez mais.

Existem basicamente dois **Limiares**:

**limiar 1:** representa o ponto onde a produção de lactato é aumentada, mas ainda existe um equilíbrio entre produção e remoção, as fontes aeróbias de energia continuam sendo predominantes no fornecimento de energia para a atividade;

**limiar 2:** representa o ponto onde a produção de lactato é aumentada desproporcionalmente ao que vinha acontecendo nas intensidades inferiores de exercício, e a fonte energética aeróbia não consegue mais manter “sozinha” (predominantemente) o fornecimento de energia, passando a necessitar de ajuda das fontes anaeróbias, que acentuam o acúmulo de lactato induzindo à fadiga precocemente.

A partir de agora quando nos referirmos ao Limiar Anaeróbio estaremos nos referindo ao Limiar 2

Até antes do limiar anaeróbio, produção e remoção de lactato estão equilibradas.

Utilizaremos nessa apostila ácido láctico e lactato como sendo sinônimos, desprezaremos suas diferenças.

Em qualquer intensidade de exercício existe produção de lactato, porém em intensidades abaixo do limiar esse lactato não se acumula, pois a velocidade de remoção é igual a velocidade de produção. O lactato só vai se acumular quando a velocidade de remoção for inferior à velocidade de produção.

O Limiar Anaeróbio pode ser expresso em:

- VO<sub>2</sub>: ml.kg-1.min-1;
- Carga: km/h, mph, watts, kp, etc.
- Frequência Cardíaca: bpm



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

## Frequência Cardíaca de repouso

É o número de batimento cardíacos durante um minuto numa situação de repouso.

### Peso:

Refere-se à **massa corporal** do avaliado

## Frequência cardíaca máxima (FC Max.)

É a maior frequência cardíaca atingida no teste. A frequência cardíaca máxima é atingida quando percebemos que mesmo aumentando a carga de trabalho não existe um aumento da frequência cardíaca.

Não pode ser alterada com o treinamento físico. O único fator identificado que altera a FC Máx. é a idade. - A FC Máx. é diminuída em 1 batimento a cada ano. Portanto um indivíduo que possui sua FC Máx de 200 bpm com vinte anos de idade deverá ter sua FC Máx. 20 batimento a menos quando estiver com 40 anos de idade, ou seja 180 bpm.

## Carga máxima atingida

É a carga de trabalho mais alta atingida no teste, geralmente é considerada quando o indivíduo chega à exaustão.

## Frequência cardíaca do limiar

É a frequência cardíaca correspondente à intensidade de trabalho (carga de exercício) onde se verificou o limiar anaeróbio.

## Diferenças

É interessante que se faça um teste que esteja o mais próximo possível do tipo de atividade que aquela pessoa realiza ou vai realizar, pois resultados entre testes em bicicleta e em esteira são diferentes. Essas diferenças acontecem devido a dois fatores básicos: massa muscular envolvida na atividade e eficiência mecânica.

**Massa muscular envolvida** - Quanto maior a massa muscular envolvida no exercício maior será a sua FC Máxima e também seu VO2 Máximo. É possível que sua FC e seu VO2 do Limiar também sejam maiores. Isso vai depender da eficiência mecânica para determinada atividade.

**Eficiência Mecânica** - O teste deve ser realizado o mais próximo possível do tipo de movimento envolvido na atividade, para que seja mantida a eficiência mecânica. Por exemplo é muito pouco eficiente um nadador realizar um teste em esteira rolante com objetivo de buscar índices para treinamento ou mesmo para saber se sua aptidão física melhorou, pois a mecânica do nado é muito diferente à mecânica da corrida.



# LIMIAR ANAERÓBIO



---

Um dos principais problemas na avaliação da condição física é o tipo de teste a ser aplicado, pois quanto mais próximos da realidade da performance daquela atleta mais difícil de se controlar as variáveis envolvidas, assim como, quanto mais conseguimos controlar as variáveis, mais distantes da performance estamos. Um bom processo de avaliação é aquele que leva em consideração esses parâmetros.

Temos dois polos, de um lado a **eficiência mecânica** (performance) do outro **o controle de variáveis**.

Quanto mais eu controlo as variáveis mais influência exerço sobre o avaliado ( posso ter uma alteração sobre o resultado ), assim como quanto menos influência eu exerço sobre o avaliado ( também posso ter uma alteração sobre o resultado, pois tenho menos dados para analisar).

Portanto o processo de avaliação não se resume a um simples teste, seja ele o mais sofisticado possível.

O teste é uma ferramenta pela qual medimos, avaliação é a interpretação dessa medida.





# LIMIAR ANAERÓBIO

---

## TÉCNICAS E MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO

Existem alguns índices que são extremamente importantes para o processo de avaliação e prescrição de atividade física, mais especificamente vamos tratar do Limiar Anaeróbio (LA), que é o melhor índice de referência para aplicação do treinamento físico individualizado.

O processo de avaliação requer algumas medidas.

Em se tratando de Limiar Anaeróbio vamos ver quais as medidas mais importantes a serem realizadas.

Segue abaixo as variáveis que devem (ou podem) ser medidas para determinação do Limiar Anaeróbio

- Ventilação Minuto (VE)	Volume de ar expirado por minuto
- VO <sub>2</sub>	Consumo de oxigênio
- VCO <sub>2</sub>	Produção de dióxido de carbono
- Frequência Cardíaca	Batimentos por minuto
- Carga do exercício	Intensidade de esforço
- Lactato sanguíneo	Concentração de lactato no sangue

Para que essas variáveis sejam medidas são necessários alguns equipamentos.

- Ergômetro	Intensidade do esforço
- Frequencímetro	Batimentos por minuto
- Espirômetro p/ teste Ergométrico	Ventilação minuto
- Espirômetro c/ Analisador de Gás	VO <sub>2</sub>
- Espirômetro c/ Analisador de Gás	VCO <sub>2</sub>
- Lactímetro	Lactato sanguíneo

**Ergômetro:** (Ergometria - Ergo = trabalho Metria = medida)

É um equipamento destinado a medir trabalho físico, podemos citar:

- 1) Esteira Ergométrica
- 2) Bicicleta Ergométrica
- 3) Remo Ergométrico
- 4) Ergômetro de Braço
- 5) Piscinas Ergométricas

A Piscina Ergométrica possui uma turbina que provoca o deslocamento da água num determinado sentido causando um efeito de correnteza. O indivíduo nada num ritmo suficiente para não deixar que a corrente o leve para trás. A velocidade da "correnteza" vai aumentando na medida que existe a necessidade, quanto mais rápida essa velocidade, maior será a





# LIMIAR ANAERÓBIO



---

intensidade desenvolvida pelo nadador. O avaliador vai medindo as variáveis de acordo com as necessidades.

É possível improvisar uma piscina ergométrica da seguinte maneira: um cinto é preso à cintura do indivíduo, um cabo é preso ao cinto e passa por duas ou três roldanas; na outra extremidade do cabo temos uma cesta onde são colocados pesos. Os pesos tendem a puxar o indivíduo para trás obrigando-o a aumentar a intensidade de nado.

## Frequencímetro

Equipamento que se destina a medir ou monitorar a frequência cardíaca do sujeito a ser testado. Os melhores para esse tipo de atividade são aqueles compostos por transmissores ( fita transmissora - eletrodos que são colocados no tórax ) e receptores ( relógio para decodificarem o sinal emitido pelo seu transmissor )

Existem algumas marcas muito boas no mercado, entre elas podemos citar a



**Espirômetros** (alguns chamam de Ergoespirômetros - Espirômetros específicos para Ergometria)

Equipamento destinado a medir as variáveis respiratórias.

Existem espirômetros que medem as variáveis: VE, %O<sub>2</sub> e %CO<sub>2</sub> (são os espirômetros associados à analisadores de gases). Esses espirômetros permitem a determinação da ventilação minuto (VE) , o consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub> e VO<sub>2</sub> Máximo) e a produção de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>)

Existem também espirômetros que medem somente a VE (são espirômetros sem a associação à analisadores de gases). São chamados de **VENTILÔMETROS**



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

## Lactímetros

Equipamento destinado a medir concentrações de lactato sanguíneo

Podem ser:

por reação química

ou

por análise fotoelétrica, como por exemplo o Accusport

## Como é realizado o teste para determinação de Limiar Anaeróbico?

Existem duas técnicas básicas:

- a) técnica Invasiva
- b) técnica não Invasiva

### Qual a diferença entre as duas?

Na **Técnica Invasiva** os resultados são obtidos através da análise de amostras de sangue após ou durante intensidades de esforço diferentes (é invasiva porque existe uma invasão do corpo do sujeito testado).

Na **Técnica não Invasiva** os resultados são obtidos através da análise da resposta ventilatória durante um exercício de cargas progressivas. (não existe invasão do corpo do sujeito). É o chamado Teste Ergoespirométrico.

### Técnica Invasiva

São coletadas amostras de sangue para que seja determinada a concentração de lactato em diferentes intensidades de esforço.

Pode ser realizada em **laboratório** ou em **campo**

Em **laboratório**, são:

- Testes Contínuos com aumento de carga progressivo
- Testes Intermitentes - várias velocidades diferentes com intervalos entre as cargas

Em **Campo**:

Testes Intermitentes - Várias velocidades diferentes com intervalos entre as cargas



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

Como são realizados os testes de **Laboratório**:

Podem ser **testes contínuos** com aumento de carga progressivo

Antes de dar início ao teste é coletada uma amostra de sangue para determinação dos níveis de lactato sanguíneo em repouso.

O Avaliado é colocado num Ergômetro para se exercitar; a carga (Intensidade de esforço) é aumentada em espaços de tempo regulares (1, 2 ou 3 minutos). Os espaços de tempo têm que ser sempre iguais, assim como a carga deve ser aumentada sempre na mesma magnitude. O Tempo em que o indivíduo fica se exercitando numa mesma carga é denominado estágio. Ao final de cada estágio é feita a coleta de uma amostra de sangue, sem que o indivíduo pare de se exercitar, para que seja determinada a concentração de lactato correspondente àquela intensidade de esforço. Também é verificada a Frequência Cardíaca.

O Teste tem início em uma carga relativamente leve e vai aumentando até o indivíduo atingir a exaustão ou o avaliador decidir pela interrupção do teste, é o chamado teste em escada.

Também podem ser **testes intermitentes** - Várias velocidades diferentes com intervalos entre as cargas

Os testes intermitentes podem ser realizados tanto em laboratório como em campo.

No laboratório podem ser utilizados Ergômetro, no campo podem ser utilizadas pistas demarcadas (p/ Corrida ou Ciclismo) ou piscinas (p/ natação)

É coletada uma amostra de sangue antes do início da atividade para que seja determinada a concentração de lactato durante o repouso.

O Avaliado deve realizar vários tiros de mesma distâncias porém em velocidades diferentes. Geralmente os tiros são em velocidades crescentes. Ao final de cada tiro é coletada uma amostra de sangue para determinação da Concentração de lactato e verificada a FC correspondente àquela intensidade de esforço.

A diferença entre o teste intermitente e o teste com aumento de cargas progressivo é o intervalo de recuperação entre as diferentes intensidade.

## Quando deve ser aplicado?

Testes para determinação de Limiar Anaeróbio devem ser aplicados periodicamente em intervalos de 2 a 3 meses, dependendo dos objetivos para os quais se está treinando.

O problema da aplicação de testes de determinação de Limiar Anaeróbio para um grande numero de pessoas pela técnica Invasiva está no seu controle, cuidados de esterilização e custo.

## A quem deve ser aplicado?

Deve, ou pode, ser aplicado a indivíduos que estejam treinando com objetivos puramente competitivos e em performances que pequenas alterações nos níveis de lactato possam representar a diferença entre o sucesso e o fracasso. A técnica Invasiva consiste em fazer uma pequena incisão na pele do sujeito, o que pode causar dor.



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

Essa Técnica não é aconselhada a indivíduos que estejam treinando sem grandes objetivos competitivos.

## **Quais as vantagens sobre a técnica não Invasiva?**

Podemos ter a medida direta das concentrações de Lactato no sangue, sua concentração absoluta e o seu comportamento em diferentes níveis de esforço, desde que o número de amostras seja adequado.

É o tipo de técnica indicado para laboratórios que objetivam pesquisa científica.

## **Quais os cuidados a serem tomados?**

É um tipo de teste que necessita de um extremo cuidado no manuseio das amostras, ou seja:

- determinar o momento adequado para medida
- a quantidade adequada para medida
- realizar hiperemia do local a ser coletado a amostra
- cuidado com contaminação
- tipo de amostra sanguínea a ser coletada
- entre outros

É um tipo de técnica inadequado quando se pensa em avaliação de um grande número de pessoas.

O cuidado principal com relação a essa técnica é o perigo de contaminação.

Essa contaminação pode ocorrer principalmente por motivos de uma inadequada esterilização da agulha, lanceta ou pipeta que é utilizada para a coleta do sangue. Portanto esse tipo de técnica deve ser extremamente cuidadoso tanto para avaliado como para avaliador, pois a contaminação pode ocorrer de:

Avaliado para Avaliado  
Avaliado para Avaliador  
Avaliador para Avaliado

Não se tem notícia de contaminação nesse tipo de teste, porém existe o risco. Por isso é que indicamos essa técnica para laboratórios que objetivam Pesquisa Científica e/ou possuam um rigor científico em suas amostragens.

## **Qual é o custo médio do equipamento e de cada amostragem?**

O Custo médio do Equipamento que realiza a determinação da Concentração de Lactato por reação química é alto, e são necessárias no mínimo 4 a 6 medidas para que tenhamos um teste adequado (Curva de lactato adequada).



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

Para cada medida existe o consumo de reagentes químicos, ou seja além do custo da deterioração natural de qualquer equipamento por uso temos também o custo dos reagentes químicos.

O Custo médio do equipamento que realiza determinação da concentração de lactato sanguíneo por análise fotoelétrica está em torno de R\$ 2.000,00 (Valor de um Kit). Também são necessárias no mínimo 4 a 6 amostras para que tenhamos um teste adequado (Curva de lactato adequada). Cada fita de amostra custa R\$ 7,00, o que dá um custo por teste entre R\$ 28,00 e R\$ 56,00.

Esse equipamento não é adequado para testes de determinação de Limiar Anaeróbico e sim para amostragens isoladas de concentração de lactato em determinadas performances ou intensidades de esforço.

## Técnica não Invasiva

São medidas as variáveis respiratórias (VE, VO<sub>2</sub> e VCO<sub>2</sub>) para que seja determinada o momento (carga e frequência cardíaca) onde ocorre alterações significativas na Ventilação Minuto (VE) e nas Concentrações de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>) do ar expirado.

Esse teste é realizado em laboratório e recebe a denominação de Ergoespirométrico, existem alguns equipamentos que permitem que seja feito em campo, no entanto atrapalham muito na performance do sujeito.

Em **laboratório**:

**Contínuos** com aumento de carga progressiva (Incremental).

**Intermitentes** - Várias velocidades diferentes com intervalos de recuperação entre elas.

**Teste Contínuo** com aumento de carga progressivo (Incremental) - Como é realizado o teste

Esse teste pode ser aplicado tanto em atletas como em pessoas que não praticam atividade física regularmente, ou seja pode ser aplicado independente do nível de aptidão física.

O sujeito é colocado sobre o ergômetro, e os equipamentos para as medidas são ajustados ao avaliado.

No avaliado já deverá estar colocada a fita transmissora do frequencímetro

Deverá respirar o tempo todo por uma válvula que direciona o ar expirado, através de uma mangueira, para o Ergoespirômetro onde será analisado. A respiração deverá se processar apenas pela boca, pois o nariz estará tapado por um acessório chamado clip nasal. Essa condição deverá se manter do início ao fim do teste.

O teste deve se iniciar numa intensidade de exercício relativamente leve, para isso devemos realizar uma Anamnese adequada para que o exercício não comece muito leve prolongando o teste por muito tempo ou muito pesado que para que não provoque a fadiga muito rápido tornando-o muito curto .

O procedimento (protocolo) do teste pode ser da seguinte maneira:



# LIMIAR ANAERÓBIO



---

Geralmente são realizados teste de aumento progressivo da carga onde a cada intervalo de tempo pré determinado a carga de trabalho é aumentada sempre na mesma magnitude.

É o protocolo de escada com a vantagem de possibilitar que as variáveis sejam medidas em pequenos espaços de tempo, não necessitando ser medida apenas no final do estágio. Por exemplo se um estágio dura 2 minutos podemos realizar as medidas a cada 15 segundos, ou seja para cada estágio teremos 8 amostras para análise. Caso o teste tenha 6 estágios teremos 48 pontos (amostras) para analisar o que é uma vantagem sobre o teste de lactato.

## **Quando deve ser aplicado?**

Testes para determinação de Limiar Anaeróbico devem ser aplicados periodicamente em intervalos de 2 a 3 meses, dependendo dos objetivos para os quais se está treinando.

## **A quem deve ser aplicado**

Pode ser aplicado a qualquer indivíduo tanto em um atleta de nível internacional como em uma pessoa destreinada

## **Quais as vantagens sobre a técnica Invasiva?**

Teste não dolorido.

Fácil aplicação e manuseio.

Possibilita a coleta de um número muito maior de pontos para análise.

Não existe perigo de contaminação por sangue.

Amostragens sem custos com acessórios descartáveis ou reagentes químicos.

## **Quais os cuidados a serem tomados?**

Os cuidados normais exigidos por qualquer teste físico.

Cuidados na esterilização do bocal e da válvula.

## **Qual é o custo médio do equipamento e de cada amostragem?**

Espirômetro com analisador de gases:

O custo de um Espirômetro com Analisador de gases de última geração (completo) não sai por menos de U\$ 20.000,00.

Um Espirômetro com analisador de gases de custo médio sai por volta de U\$ 15.000,00.

Um Espirômetro com analisador de gases de custo baixo tem um custo médio de U\$ 10.000,00.

Por que são caros:

- As células para análise de gás são extremamente caras;
- Espirômetros com analisadores de gás só existem importados;





# LIMIAR ANAERÓBIO



---

□ São fabricados para várias funções clínicas, uma delas é determinar a aptidão física, outra utilidade de um analisador de gás é determinar prognóstico de eficiência cardiovascular (Ex. prognóstico para transplante de coração).

Esses itens tornam esses equipamentos extremamente caros, e inviáveis para a utilização em grande escala por Clubes ou Academias

Esses equipamentos requerem aferições e calibrações constantes  
Caso necessitem de manutenção terão que ser enviados ao fabricante fora do país.

Devido a isso os clubes que possuem esse tipo de equipamento só o utilizam numa escala pequena pois seu desgaste poderá trazer problemas com reposição de peças ou manutenção.

## **Espirômetro Nacional sem analisador de gases**

O Espirômetro sem analisador de gases completo (com os acessórios: Mangueira, Válvulas, Bocais, Clip Nasal, Suportes para Válvulas, e Software), tem um custo de U\$ 4.000,00. Essa diferença em relação aos espirômetros importados com analisador de gases está no fato de ter sido desenvolvido especificamente para testes de Determinação de Limiar Anaeróbio, que é o que interessa para a prescrição de treinamento físico, enquanto as funções clínicas não são objetivo desse equipamento.

Esse equipamento torna viável a utilização em grande escala para Clubes e Academias

Possui algumas vantagens sobre os analisadores de lactato sanguíneo e os Espirômetros com analisadores de gases:

O custo de um bom analisador de lactato é alto, além de que para cada amostragem existe um custo com os materiais de consumo

O Espirômetro para determinação do Limiar Anaeróbio não tem consumo de materiais por avaliação, portanto o custo de uma avaliação é igual ao custo de 200.  
(Excluindo, é claro, o desgaste do equipamento e a mão de obra)

Seu custo é baixo em relação a qualquer outro aparelho que tenha como objetivo determinação de limiar anaeróbio.

## **Manutenção e reposição de peças rapidamente.**

Assistência técnica nacional.

Caso haja a necessidade de refazer uma avaliação o custo com consumo de materiais não é alterado.

Vamos fazer o cálculo para 500 avaliações para determinação do Limiar Anaeróbio e com o Lactímetro de análise fotoelétrica (que é o equipamento mais barato que existe) e o Espirômetro sem Analisados de gases:

Teste com 4 amostras dará um custo com fitas de amostra de aproximadamente R\$ 28,00  
 $28 \times 500 = R\$ 14.000,00$



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

Impressionante !!!

Percebemos que é barato inicialmente, porém seu custo de amostragens é extremamente alto

## Quais são os critérios para se determinar o Limiar Anaeróbio?

### Na técnica Invasiva:

a) **4 mMol** - preconiza que quando um indivíduo atinge uma concentração de 4 mMol de lactato por litro de sangue ele está no limiar anaeróbio. Qualquer intensidade acima dessa será interpretada como sendo intensidade anaeróbia ou intensidade acima do Limiar Anaeróbio.

b) **Aumento desproporcional da Concentração de Lactato** - o Limiar Anaeróbio é determinado numa intensidade onde ocorre um aumento muito grande da concentração de lactato no sangue, pode ser acima ou abaixo da concentração fixa de 4 mMol de lactato sanguíneo.

### Na técnica não invasiva

**Aumento desproporcional da Ventilação** - o limiar Anaeróbio é determinado numa intensidade onde ocorre um aumento muito grande do volume de ar expirado quando comparado com as intensidades de exercício mais baixas (Ponto de quebra da Ventilação).

**Aumento desproporcional da Produção de Dióxido de Carbono** - o limiar Anaeróbio é determinado numa intensidade onde ocorre um aumento muito grande da produção de Dióxido de Carbono quando comparado com as intensidades de exercício mais baixas.

**Aumento desproporcional na Relação entre VE e VO2** - o limiar é determinada na intensidade onde ocorreu o aumento desproporcional nessa relação quando comparado com as intensidades de exercício mais baixas. Essa relação é calculada dividindo-se o valor da VE pelo valor do VO2

**Aumento desproporcional na Relação entre VE e FC** - o limiar é determinada na intensidade de exercício onde ocorreu o aumento desproporcional nessa relação quando comparado com as intensidades mais baixas. Essa relação é calculada dividindo-se o valor da VE pelo valor da FC.

Partindo do princípio de que a Frequência Cardíaca mantém relação direta com o VO2 entendemos que tanto VO2 como FC são referências fisiológicas compatíveis para, quando relacionadas à VE, determinar o Limiar Anaeróbio



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

## Quais os protocolos mais indicados para determinação de Limiar Anaeróbio?

São utilizados vários protocolos, esses protocolos são escolhidos de acordo com os equipamentos disponíveis e preferência do Avaliador, segue alguns protocolos que podem ser utilizados (vale lembrar que nenhum dos protocolos é infalível, todos possuem sua margem de erro)

Existem várias metodologias para a determinação do Limiar Anaeróbia. Dizer que uma seja melhor que a outra talvez não seja sensato, pois existe muita controvérsia sobre o assunto. O que realmente importa para quem faz utilização prática desse índice fisiológico é a sua aceitação no meio científico esportivo como sendo um critério adequado para prescrição de treinamento

Esses testes são medidas diretas. O Invasivo é uma medida direta de Lactato sanguíneo e o não Invasivo uma medida direta de ventilação. Essa característica dá ao avaliador uma flexibilidade muito grande para escolher ou adaptar o protocolo às individualidades do avaliado. Pois como vai medir diretamente as variáveis não necessita se prender à rigidez de determinados protocolos.

É sempre interessante lembrar que protocolos diferentes podem apresentar resultados diferentes, portanto o profissional de Educação Física deve ter um conhecimento sobre o assunto que permita fazer uma análise adequada sobre o tema.

“O LA, dentro da história recente da fisiologia do exercício, é considerado polêmico e controverso, sendo inúmeros os conceitos e critérios para sua determinação, o que tem dificultado sua padronização (Wasserman e cols., 1973; Hagberg e cols., 1982; Beaver e cols., 1986; Gaesser & Poole, 1986; Gomes, 1989).

Entretanto, há algumas razões práticas que justificam sua aferição. De acordo com Shimizu e cols. (1991) alguns fatores são responsáveis pela variabilidade do LA.

Eles verificaram que em 82% dos casos analisados, a variação era devida ao tipo de protocolo utilizado, em 14% aos vários métodos e critérios de determinação e finalmente, em 4% a variabilidade devia-se a experiência dos Especialistas.”

(Silva, Yasbek Jr., Romano, Cordeiro & Battistella - 1997)



# LIMIAR ANAERÓBIO



---

## ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE LIMIAR ANAERÓBIO

O Limiar Anaeróbio é aceito como o melhor índice fisiológico para a prescrição de treinamento e previsão de resultado.

Até pouco tempo esse era um índice que cabia apenas aos grandes Laboratórios de Universidades fornecerem, hoje graças ao desenvolvimento e barateamento dos equipamentos necessários para sua determinação esse conceito está sendo utilizado numa escala muito maior. As grandes Academias e Clubes já estão se utilizando dele, pois tem em suas salas de avaliação equipamentos que possibilitam sua verificação.

O Limiar Anaeróbio é baseado no comportamento que as concentrações de lactato sanguíneo apresentam em diferentes intensidades de esforço. Existe uma intensidade de esforço até onde os processos de produção e remoção de ácido láctico estão equilibrados não existindo acúmulo. Quando essa intensidade de esforço é excedida passa a existir um acúmulo de Lactato o que provoca a fadiga mais rapidamente.

A grosso modo é por isso que a perna fica mais pesada quando corremos numa intensidade mais forte.

Cada componente do metabolismo reage de maneira específica ao aumento das intensidades de exercício. A seguir vamos comentar o comportamento de alguns componentes.

### **VO2 - Consumo de Oxigênio**

O VO2 aumenta progressivamente e de maneira proporcional à intensidade de exercício. Num teste de esforço aumenta da primeira carga até às últimas cargas.

Quando o teste é levado à exaustão verificamos que não ocorre aumento do VO2 na última carga, isso é um indicativo de que o Consumo Máximo de Oxigênio já foi atingido.

Mesmo aumentando a carga o indivíduo não consegue consumir maiores volumes de Oxigênio apesar de sua Ventilação Minuto ter aumentado. Essa é uma das características que coloca que o VO2 max não é limitado pelo Volume de Ar Inspirado

Verificamos que quando o aumento de carga é progressivo, e sempre na mesma magnitude, o VO2 possui um aumento linear.

### **Ácido Láctico ou Lactato sanguíneo**

Nas primeiras cargas a concentração do ácido láctico permanece pouco alterada, muito próxima aos níveis de repouso permanecendo assim até um determinado ponto quando então passa a aumentar desproporcionalmente em relação ao que vinha acontecendo nas cargas anteriores.



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

Mesmo quando o aumento de carga é progressivo, e na mesma magnitude, o Ácido Láctico possui um aumento linear até certo ponto passando a aumentar de maneira mais intensa

## **Produção de Dióxido de Carbono - VCO<sub>2</sub>**

A produção de CO<sub>2</sub> tem um comportamento muito parecido ao do lactato, ou seja, tem um aumento linear e progressivo, até um certo ponto quando então perde essa condição de linearidade e passa a ter um aumento mais acentuado. Essa produção de CO<sub>2</sub> tem uma relação de causa e efeito (que não está bem estabelecida) para com o ácido láctico, ou seja, quando existe um aumento muito acentuado da produção de ácido láctico os níveis do pH sanguíneo são alterados produzindo uma acidose metabólica. Mediante essa condição os mecanismos de homeostase tentam tamponar (equilibrar) essa acidez metabólica promovendo uma hiperventilação como forma de eliminar o CO<sub>2</sub> que foi produzido, para que as condições orgânicas voltem ao normal.

Verificamos que o comportamento da Produção de CO<sub>2</sub> é igual ao comportamento do ácido láctico, e o que mais chama a atenção é que o aumento mais acentuado desses dois itens ocorre na mesma carga, no mesmo VO<sub>2</sub> e na mesma Frequência Cardíaca, é o que justifica muitos autores se utilizarem do Limiar Ventilatório com prognóstico para determinação do Limiar de Lactato.

## **Ventilação Minuto - VE**

Podemos verificar que a ventilação minuto tem o mesmo comportamento da produção de CO<sub>2</sub>. Se esses dois itens possuem o mesmo comportamento há de se presumir que exista alguma relação entre os dois, e existe. Quando a produção de CO<sub>2</sub> é elevada os receptores para CO<sub>2</sub> transmitem uma informação para o Sistema Nervoso Central que dá uma resposta para que se promova uma hiperventilação com o objetivo de fazer com que o CO<sub>2</sub> seja eliminado do sangue o mais rápido possível.

Quando uma pessoa fica ofegante em uma determinada intensidade é sinal de que a produção de CO<sub>2</sub> foi aumentada e não de que ela precisa de mais oxigênio.

Sempre que um indivíduo tem sua ventilação aumentada desproporcionalmente em relação à intensidades de exercício mais fracas é sinal de maior produção de CO<sub>2</sub> e também de Lactato

O limiar anaeróbio pode ser aumentado com o treinamento. Tomando como exemplo exemplo um nadador que no período pré treinamento possuía seu limiar anaeróbio numa velocidade abaixo de 1,0 m/s. Após 5 meses de treinamento verificamos o aumento desse limiar, ou seja, a ocorrência do acúmulo do lactato se processou numa velocidade de nado maior, em torno de 1,2 m/s.

**Qual o significado prático disso?** Se na fase pré treinamento ele nadasse numa velocidade de 1,0 m/s ele já teria altas concentrações de lactato nos primeiros minutos da atividade. Na Fase pós treinamento verificamos que uma velocidade de 1,2 m/s ele ainda não tem sua concentração de lactato aumentada. Ou seja o processo de fadiga por grandes concentrações



# LIMIAR ANAERÓBIO



---

de lactato não será instalado pois produção e remoção do lactato estão equilibradas, ele conseguirá nadar mais rápido por mais tempo sem entrar em fadiga. Por essa figura podemos verificar que as concentrações máximas de lactato permaneceram inalteradas. A conclusão que podemos chegar é que o que podemos alterar com o treinamento são as concentrações submáximas de lactato e não as máximas, são considerações que merecem mais estudos.

Verificamos também que o Limiar Anaeróbio Ventilatório aumenta com o treinamento. Quando realizamos um teste num período pré treinamento a hiperventilação do avaliado ocorre numa intensidade de exercício mais leve quando comparada a um teste realizado a alguns meses após o início do treinamento.

Em intensidades de nado baixas as concentrações de lactato permanecem próximas às de repouso, a partir de um certo ponto passa a existir um aumento acentuado das concentrações, isso ocorre mesmo que o aumento da intensidade ocorra na mesma proporção ao que vinha acontecendo.

## Prescrição de treinamento pela Idade X Limiar Anaeróbio

A fórmula  $220 - \text{idade}$ , ou qualquer outra que utilize a FC max estima pela idade, é de extrema importância para a prescrição da atividade física.

Esses valores foram encontrados através de análises estatísticas para se determinar onde está a maioria das pessoas da amostragem.

Esse gráfico é aceito no mundo todo como referência para a prescrição da atividade física.

Assim como todo processo de medida indireta sua margem de erro é muito maior que qualquer medida direta, podemos estar incorrendo em erro.

Podemos fazer a seguinte analogia, esdrúxula, porém de fácil memorização:

Se para medirmos uma parede utilizarmos o palmo como unidade teremos um número X de palmos. Sabendo que cada palmo mede 15 centímetro vamos calcular quantos metros tem a parede.

Se compararmos essa medida de palmos com uma medida feita por trena, qual das duas será mais precisa? A medida direta sempre será superior à medida indireta do ponto de vista de precisão.

Nós sabemos que existem pessoas que estão acima e outras que estão abaixo da média, ou mesmo num grupo de pessoas que esteja na média existem aqueles que estão no nível superior e outros que estão no nível inferior da média





# LIMIAR ANAERÓBIO



---

Podemos verificar isso num exemplo de 10 pessoas com a mesma idade, porém com níveis de condicionamento diferentes. Essa exemplificação foi feita da seguinte maneira: foram colhidos dados de teste Ergoespirométrico de 10 pessoas, todas com 40 anos de idade.

Se optarmos pela prescrição da atividade física pela fórmula da Idade, teremos o seguinte cálculo:

$$220 - 40 = 180$$

Portanto a FC máxima estimada pela idade é 180 bpm - para todos  
Esse cálculo despreza possíveis diferenças individuais

A faixa onde o treinamento é mais sensível está entre 65 e 85 % da FC Máxima, portanto entre 117 (65%) e 153 (85%).

Valores acima de 85% da FC Máxima correspondem a exercícios acima do Limiar Anaeróbio e valores abaixo de 65% da FC Máxima correspondem a intensidades de exercício abaixo de um Limiar de treinabilidade, o que não provocaria melhora significativa do metabolismo aeróbio.

O que chama a atenção é que todos teriam basicamente a mesma prescrição de treinamento quando falamos em frequência cardíaca, ou seja a frequência cardíaca de treinamento seria igual para todo mundo - estaria dentro da faixa de 117 a 153, onde 153 bpm seria considerado o "Limiar Anaeróbio" de todas essas pessoas.

No entanto quando pegamos pessoas para trabalhar individualmente nem sempre esses valores de frequência cardíaca estimados pela idade correspondem. Temos casos que o indivíduo não consegue manter o ritmo de exercício por mais que alguns minutos numa frequência cardíaca de 70% da FC máxima estimada pela idade, enquanto outro sente que o esforço dessa mesma frequência cardíaca está sendo muito fraco.

Quando estimamos as FCs de treinamento pela idade temos os mesmos valores para todos os indivíduos que tenham a mesma idade

Para esse grupo tínhamos os resultados do teste Ergoespirométrico, portanto verificamos qual foi a FC máxima real atingida no teste, esses valores foram diferentes entre os indivíduos, alguns estavam acima do valor estimado pela idade, outros abaixo enquanto outros tinham o valor muito próximo ao estimado pela idade. De posse das FC máximas verificamos quais eram os valores correspondentes a 65 e 85%. Percebemos que passou a existir uma diferença entre os indivíduos.

Quando estimamos o Limiar Anaeróbio pela FC Máxima real passamos a perceber que existe uma diferença em relação ao Limiar Anaeróbio pela FC estimada pela idade (85%). O Limiar Anaeróbio passa a ser diferente entre os indivíduos, um determinado indivíduo pode passar a Ter uma zona alvo diferente quando à calculamos a partir da FC Máxima estimada pela idade e quando calculamos pela FC Máxima real



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

## ALGUNS TRECHOS DA LITERATURA SOBRE O LIMIAR ANAERÓBIO

"À medida em que a atividade torna-se mais intensa, a produção de ácido láctico extrapola a capacidade de metabolização intracelular da fibra, passando a difundir em maior quantidade para o sangue. Essa concentração, atingindo determinados patamares (pela própria limitação da capacidade de metabolização do organismo como um todo), pode diminuir drasticamente a duração da atividade gerando pontos de acúmulo comumente chamados de "limiares". A denominação que recebem dependerá da corrente de autores adotada: podemos encontrá-los na literatura descritos como limiar anaeróbio, limiar de lactato, OBLA ou ainda aeróbio, ..."  
(Farinati & Monteiro - 1.992)

"... o treinamento pode alterar marcadamente as respostas de produção e remoção de lactato de um grupo muscular face a um trabalho específico, sem que com isso haja reflexos significativos no VO<sub>2</sub> máx, mais influenciado por fatores centrais. Pode-se, assim, ter dois indivíduos com a mesma capacidade máxima de consumo de O<sub>2</sub> que, trabalhando numa mesma intensidade relativa de consumo tenham concentrações bem diferentes de lactato sanguíneo..."  
(Farinati & Monteiro - 1.992)

"... Estudos contemporâneos têm demonstrado que o LA é uma variável mais precisa que o VO<sub>2</sub> max, quando se objetiva avaliar a capacidade de rendimento em provas de predominância aeróbia..."  
(Balakian - 1996)

"Autores têm sugerido que a intensidade de treinamento se baseie na velocidade ou VO<sub>2</sub> que coincida com o limiar aeróbio ou com o limiar anaeróbio (KARLSSON & JACOBS, 1982).  
Balakian - 1996)

"A utilização da intensidade de exercício de recuperação expresso relativamente ao LA, demonstra uma melhor resposta de remoção de lactato em contraste com a intensidade expressa como porcentagem do VO<sub>2</sub> max (STAMFORD et alli, 1.981)  
(Balakian - 1996)

"O sucesso em atividades de endurance dependem do seguinte:

- Alto valor de VO<sub>2</sub>max
- Alto Limiar Anaeróbio ou OBLA
- Alta economia de Esforço, ou baixo valor de VO<sub>2</sub> para uma mesma intensidade de trabalho
- Alta porcentagem de fibras musculares de contração lenta"

(Wilmore & Costill - 1994) - 113

"O ponto de quebra da Ventilação é o ponto no qual a ventilação aumenta abruptamente, enquanto o consumo de oxigênio não. Este aumento reflete a necessidade de remoção do excesso de Dióxido de Carbono."  
(Wilmore & Costill - 1994) - 207



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

"O limiar anaeróbio pode ser determinado pela identificação do ponto no qual VE/VO<sub>2</sub> mostra um aumento enquanto VE/VCO<sub>2</sub> se mantém relativamente estável. O Limiar Anaeróbio tem sido usado como uma técnica não Invasiva para estimar limiar de lactato."  
(Wilmore & Costill - 1994) - 207

"Uma das maneiras de se detectar o limiar anaeróbico consiste, evidentemente, em medir periodicamente o ácido láctico sanguíneo durante exercícios contínuas e progressivamente maiores, como aquelas suportadas numa bicicleta ergométrica ou numa esteira acionada por motor. Entretanto, essa técnica implica na coleta de amostras de sangue, além de exigir um certo tempo para a análise dessas amostras. Uma maneira mais rápida e confortável para se detectar o limiar anaeróbio consiste em observar a ventilação minuto e outras variáveis das trocas gasosas, como a produção de dióxido de carbono, durante um teste de exercício progressivo. Essas variáveis aumentam linearmente, isto é, à semelhança de uma linha reta, com cargas de trabalho cada vez maiores, até se alcançar o limiar Anaeróbio. Nesse ponto, seu ritmo de aumento é grandemente acelerado; isso é mostrado na ... ..Observe como VE e VCO<sub>2</sub> começam a subir acentuadamente no limiar anaeróbio. Observe também como essas variações coincidem com o aumento brusco no ácido láctico sanguíneo. Assim sendo, vemos que a ventilação-minuto é um indicador fidedigno e relativamente fácil de obter o início do metabolismo anaeróbio durante o exercício."  
(Fox & Mathews - 1986 ) 135

"...a ventilação em intensidade alta de exercício aumenta curvilinearmente com o aumento da frequência de trabalho. A intensidade de trabalho (ou intensidade de consumo de oxigênio) em que a resposta respiratória ao exercício gradual primeiro parte da linearidade é o limiar anaeróbio ventilatório (LAV). Embora os mecanismos fisiológicos que norteiam o LAV não estejam completamente compreendidos, LAV geralmente ocorre em uma carga de trabalho que corresponde ao momento em que o ácido láctico começa a se acumular no sangue. O rápido aumento da ventilação ocorre durante um exercício intenso acima do LAV... "  
(ACSM - 1994) 50

"Para exercícios de intensidade acima do LAV, uma rápida acumulação de ácido láctico no sangue e nos músculos pode impedir uma atividade prolongada. Portanto, os participantes de programas aeróbios de exercícios são condicionados a manter a intensidade de exercício abaixo do LAV."  
(ACSM - 1994) 51

"Para homens e mulheres, a intensidade do exercício no ponto de IALS constitui um prognosticador constante e poderoso do desempenho no exercício aeróbio. Isso é ilustrado claramente em um estudo de pedestrianistas competitivos. Aí, a velocidade da marcha e o consumo de oxigênio no qual o lactato sanguíneo começava a aumentar evidenciavam uma alta correlação para um desempenho de 20 km. De fato, a velocidade da marcha para o início do acúmulo de lactato no sangue prognosticava o desempenho na competição com uma aproximação de 0,6% do tempo real! Por outro lado, o VO<sub>2</sub> max. do indivíduo era um



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

prognosticador precário do desempenho real. ainda mais, modificações no desempenho de endurance com o treinamento costumam estar relacionadas mais intimamente às modificações induzidas pelo treinamento no nível do exercício para IALS do que à mudanças no VO2 máx." (McArdle & Katch & Katch - 1992) 181

"Embora ainda exista muita polêmica em torno das metodologias e terminologias empregadas para identificar as respostas do lactato durante o exercício progressivo, diferentes estudos têm mostrado que a utilização dos limiares (LL, OPLA, Lan, Opla, IAT e LV), é o índice mais adequado, superando inclusive o VO2max, para a prescrição da intensidade do exercício (a carga se tornando mais relativa à capacidade individual de cada sujeito), controle dos efeitos do treinamento e predição da performance." (Denadai - 1995) 74

"A determinação do limiar anaeróbio através de um método não invasivo torna-se necessária, uma vez que a mensuração do lactato necessita de coletas programadas de sangue arterial ou arterializado." (Baboglouian, Mahseredjian, Sencini & Barros - 1996) 5

"O LA, dentro da história recente da fisiologia do exercício, é considerado polêmico e controverso, sendo inúmeros os conceitos e critérios para sua determinação, o que tem dificultado sua padronização (Wasserman e cols., 1973; Hagberg e cols., 1982; Beaver e cols., 1986; Gaesser & Poole, 1986; Gomes, 1989). Entretanto, há algumas razões práticas que justificam sua aferição. De acordo com Shimizu e cols. (1991) alguns fatores são responsáveis pela variabilidade do LA. Eles verificaram que em 82% dos casos analisados, a variação era devida ao tipo de protocolo utilizado, em 14% aos vários métodos e critérios de determinação e finalmente, em 4% a variabilidade devia-se a experiência dos Especialistas." (Silva, Yasbek Jr., Romano, Cordeiro & Battistella - 1997)

Em experimento realizado pelo Laboratório de Performance Humana da Universidade Estadual de Ball, Muncie, Indiana, Usa, sob coordenação do Dr. Costill sobre Limiar Anaeróbio verificamos a seguinte afirmação:

"No significant difference was noted between the lactate threshold estimated directly or by the VE (fig. 1)."

"Não foi notada diferença significativa entre o Limiar de lactato estimado diretamente ou pela VE" International Journal Sports Medicine 2 (1981) 139-142

Em experimento realizado no Laboratório de Performance Humana da Universidade da California, Usa, por Davis, Caiozzo, Lamarra, Ellis, Vandagriff, Prietto e McMaster sobre Limiar Anaeróbio - Trocas gasosas e concentrações fixas de Lactato, verificamos a seguinte conclusão:



# LIMIAR ANAERÓBIO



---

"In conclusion, we have demonstrated, using our testing format, that the ventilatory and gas exchange alterations that occur at the anaerobic threshold coincide with the systematic increase in blood lactate concentration, and not with absolute blood lactate concentration of 2 or 4 mM."

"Em conclusão, demonstramos, usando nosso formato de teste, que as alterações da ventilação e da troca gasosa que ocorrem no limiar anaeróbio coincidem com o aumento sistemático na concentração do lactato sanguíneo, e não com valores absolutos na concentração de lactato de 2 ou 4 mM."

International Journal Sports Medicine 4 (1983) 89-93



# LIMIAR ANAERÓBIO



---

## UTILIZAÇÃO PRÁTICA DO LIMIAR ANAERÓBIO

### Como o Limiar Anaeróbio pode ser utilizado de maneira prática?

A grosso modo o Limiar Anaeróbio é um ponto (limite), de divisão entre metabolismo essencialmente aeróbio e metabolismo essencialmente anaeróbio

O limiar Anaeróbio indica até que ponto o 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.

Sempre que as Fonte Anaeróbias entram em ação por mais de 10 segundos temos formação de ácido láctico de maneira acentuada.

Para saber mais:

Fox & Matews

McArdle

Astrand

ou qualquer teste de fisiologia do exercício que trate sobre fontes energéticas

### O que o Limiar Anaeróbio tem de prático ?

Quando falamos em treinamento físico a primeira coisa que devemos saber é qual a fonte energética que deve ser desenvolvida. Isso já está convencionado no seguinte quadro:

Fonte Energética	Tempo	Provas	
ATP	2 segundos	Movimentos de explosão	Anaeróbia Aláctica
ATP-CP	10 segundos	Corrida de 100 m	Anaeróbia Aláctica
Glicólise Anaeróbia acima	de 10s até 3 min	Corridas de 200 a 1500 m	Anaeróbia Láctica
Glicólise Aeróbia	acima de 3 min	Corridas 5000 m p/ mais	Aeróbia Aláctica

Esses valores de tempo e distância referem-se à intensidades de exercícios máximas ou muito próximas às máximas.

Um corredor de 100 m faz essa distância numa velocidade de 10 m/s ou 36 km/h, no entanto ele não consegue mantê-la por um período de tempo muito maior, pois 10 segundos é o tempo que leva para essa fonte energética (ATP-CP - Anaeróbia Aláctica) se esgotar e outra fonte entrar em ação e essa outra fonte é incapaz de manter esse ritmo de corrida.

Um corredor de 800 metros faz essa distância numa velocidade de 8,0 m/s ou 28,8 km/h, no entanto não consegue mantê-la por um período maior que 1 minuto e quarenta segundos a dois minutos, pois a velocidade de produção do ácido láctico nesse ritmo de corrida é muito alta e a capacidade do organismo removê-lo é bem mais baixa, como consequência temos o acúmulo de ácido láctico. Esse acúmulo é a principal causa de fadiga nessa prova.

Para a prova de 800 metros o atleta se utilizará basicamente de fontes energéticas Anaeróbias Lácticas (Glicólise Anaeróbia).





# LIMIAR ANAERÓBIO

---

Um corredor de maratona faz a distância de 42 km numa velocidade média de 5,2 m/s ou 19 km/h, nessa prova o atleta se utiliza da fonte energética aeróbia e não acumula grandes quantidades de ácido láctico.

A partir do quadro anterior sei qual fonte energética treinar. Porém não sei qual é a carga adequada para o treinamento.

A partir de tabelas já convencionadas eu sei qual a fonte energética predominante naquela atividade. Portanto eu sei qual fonte energética preciso treinar e desenvolver. No entanto não sei como o organismo de um indivíduo reage a determinadas cargas de treinamento, pois uma mesma carga de treinamento pode estar exigindo mais do metabolismo aeróbio de uma pessoa ou do metabolismo anaeróbio de outra. Complicado? Um pouco.

Exemplificando:

Preciso treinar dois indivíduos para uma maratona.

	Indivíduo 1	Indivíduo 2
Idade	25 anos	35 anos
Sexo	M	M
Peso	70 kg	75 kg
FC Max	195 bpm	185 bpm
VO2 Max	50 ml/kg/min	55 ml/kg/min
LA - FC	175 bpm	170 bpm
LA - % VO2max	75%	80%
LA - Km/h	11 km/h	13 km/h

**Preciso fazer algumas perguntas**

**Qual a fonte energética exigida pela maratona?**

R: Fonte energética aeróbia

**Qual fonte energética preciso treinar?**

R: Fonte energética aeróbia

**Como posso saber se estou treinando aquela fonte energética?**

R: Nós já sabemos que o limiar anaeróbio é um "ponto de divisão" entre metabolismos, portanto sabemos onde termina um e começa outro (a grosso modo). Limiar Anaeróbio do indivíduo 1 está numa frequência Cardíaca de 175, portanto o ritmo de corrida onde sua frequência cardíaca esteja acima de 175 estará exigindo predominantemente o metabolismo anaeróbio, com formação de ácido láctico, e o ritmo de corrida que estiver abaixo de 175 estará exigindo predominantemente o metabolismo aeróbio. Idem para o indivíduo 2, porém a FC de referência será 170. Se numa determinada sessão de treinamento eu quero desenvolver o



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

metabolismo aeróbio só preciso saber se aquele ritmo de corrida mantém a FC do indivíduo abaixo do Limiar Anaeróbio. Se em outra sessão ou outro momento qualquer quero trabalhar o metabolismo anaeróbio láctico, basta verificar se o indivíduo atinge uma frequência cardíaca acima do Limiar Anaeróbio

## **Como posso saber se a carga do meu treinamento está correta?**

R: O procedimento mais adequado é a realização de avaliações periódicas para se monitorar o desenvolvimento da performance e se o indivíduo está caminhado em direção às metas previamente estabelecidas

## **Qual a referência que posso utilizar para aplicar e monitorar a carga de treinamento?**

R: A referência mais prática para aplicação de cargas de treinamento do metabolismo Aeróbio e metabolismo Anaeróbio Láctico é a Frequência Cardíaca

Essa apostila tem como objetivo apresentar alguns subsídios para uma melhor interpretação de resultados de avaliação e sua utilização na prática. Aplicação de métodos de treinamento e cargas de treinamento aconselhamos consultas a bibliografias específicas

Respondidas essa perguntas vamos para a aplicação prática

## **Qual a utilidade prática do Limiar Anaeróbio?**

Saber até qual carga, Frequência Cardíaca ou VO<sub>2</sub>, o metabolismo energético de uma pessoa está utilizando energia de fontes aeróbias, e a partir de qual carga, Frequência Cardíaca ou VO<sub>2</sub> o metabolismo passa a utilizar predominantemente energia de fontes anaeróbias e como consequência está acumulando ácido láctico (poderoso inibidor da contração muscular e o principal causador da fadiga muscular).

De posse dessa referência posso ter algumas aplicações práticas:

1. Aplicar o meu treinamento sabendo se o meu aluno está abaixo, sobre ou acima do limiar Anaeróbio
2. Qual ritmo de corrida está exigindo mais do metabolismo aeróbio
3. Qual ritmo de corrida está exigindo mais do metabolismo anaeróbio
4. Se está ou não acumulando ácido láctico
5. Se vai ou não ter problemas de fadiga por acúmulo de ácido láctico durante uma atividade (prova)
6. Qual a intensidade de aquecimento adequada
7. Qual a intensidade de recuperação adequada
8. Estimativa de tempo para a conclusão da prova
9. Velocidade média da prova
10. Traçar a estratégia da prova
11. Qual a melhor intensidade para perda de gordura
12. O próprio atleta/aluno saberá se monitorar e dosar o seu próprio ritmo, e o mais importante por que está fazendo aquilo



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

Aplicar o meu treinamento sabendo se o meu aluno está abaixo, sobre ou acima do limiar Anaeróbio

Perfeito controle sobre as intensidades de atividade física que exigem o metabolismo aeróbio.

Exigência do Metabolismo

O conhecimento do Limiar Anaeróbio nos permite saber se a intensidade de exercício está exigindo mais do metabolismo aeróbio ou mais do Anaeróbio.  
E qual o ritmo de corrida que deve ser empregado.

Se está ou não acumulando ácido láctico

Se aquela intensidade de exercício está acumulando ácido láctico ou não.

Se aquele ritmo ou FC vai causar problemas de acúmulo de ácido láctico durante aquela atividade ou prova

- Intensidades acima do Limiar Anaeróbio causam acúmulo de ácido láctico e podem causar problemas no decorrer da prova
- Interrupção por fadiga precoce
- Diminuição de ritmo por fadiga precoce
- Diminuição do controle neuromotor ( diminuição da coordenação motora)
- Diminuição da Eficiência mecânica (comprometimento da técnica)

Conhecimento de intensidades adequadas para desenvolvimento da técnica

Intensidades sobre ou acima do Limiar Anaeróbio não são eficazes para o realização de atividades que visem o desenvolvimento de técnicas de execução de movimentos.  
Fundamentos não devem ser realizados após uma sessão de treinamento onde as intensidades foram acima do Limiar Anaeróbio.

Recuperação após o exercício

Após um exercício existe um período de recuperação que é o tempo que o organismo leva para retornar o seu trabalho metabólico aos níveis de repouso. Nesse período de recuperação temos:

- o retorno do VO<sub>2</sub>
- o retorno da frequência cardíaca
- o retorno das concentrações de ácido láctico
- entre outros



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

Essa recuperação pode se processar de duas maneiras:

**recuperação passiva** - onde o indivíduo termina o exercício e não faz mais nenhum tipo de atividade física (Ex. toma banho, se troca e vai embora)

**recuperação ativa** - onde o indivíduo termina o exercício e realiza uma atividade física aeróbia leve

Qual a diferença entre uma e outra?

Em ambos os casos a FC e o VO2 voltarão aos valores de repouso quase que na mesma velocidade, no entanto os níveis de lactato sanguíneo serão removidos de maneira mais acelerada quando o indivíduo realiza a recuperação ativa.

Para que essa recuperação ativa seja mais eficaz é interessante que eu saiba qual o Limiar Anaeróbio do sujeito para que possa determinar a FC corresponde a melhor intensidade de recuperação (65 a 75% da FC do Limiar)

## Para o nosso exemplo:

Ao final da sessão de treinamento ou prova tanto indivíduo 1 como indivíduo 2 deverão se exercitar entre 20 e 30 minutos numa frequência cardíaca entre 65 e 75% da FC do seu Limiar Anaeróbio para que metabolizem o lactato excedente de maneira mais rápida.

## Aquecimento

Da mesma maneira que é importante conhecermos qual o limiar anaeróbio para aplicação da recuperação ativa é importante para aplicarmos o aquecimento.

O aquecimento deve estar numa intensidade inferior ao limiar anaeróbio. Caso o realizemos acima ou muito próximo ao limiar corremos o risco de colocar aquele indivíduo numa atividade já com acúmulo de lactato considerável, o que fatalmente causará a fadiga precoce, obrigando o indivíduo a diminuir o seu ritmo na atividade ou mesmo interrompê-la.

Tanto o indivíduo 1 como o indivíduo 2 devem realizar seus aquecimentos numa frequência cardíaca inferior à FC do Limiar

## Estimativa de tempo para a conclusão da prova

O Limiar Anaeróbio nos permite fazer um prognóstico do tempo que um indivíduo levará para percorrer determinada prova de longa duração.

Por exemplo:

O indivíduo 1, que possui seu limiar anaeróbio numa velocidade de 11 km/h, não poderá desenvolver uma velocidade superior aos 11 km/h de média numa prova de longa duração. Portanto o tempo estimado para que realize uma prova de 20 km não será menor que 1 hora e 49 minutos aproximadamente.

O indivíduo 2 que possui seu limiar anaeróbio numa velocidade de 13 km/h não poderá desenvolver uma velocidade superior aos 13 km/h de média numa prova de longa duração.



# LIMIAR ANAERÓBIO



---

Portanto o tempo estimado para que realize uma prova de 20 km não será menor que 1 hora e 32 minutos aproximadamente.

para que ambos consigam fazer a prova em 1 hora e 20 minutos necessitariam ter uma velocidade média de pelo menos 15 km/h e um Limiar Anaeróbio também em torno de 15 km/h para mais. Portanto, como ambos têm seu limiar anaeróbio inferior a 15 km/h dificilmente conseguirão fazer a prova em 1 hora e 20 minutos. Com esses valores de Limiar que possuem é praticamente impossível que consigam fazer esse resultado, a não ser que melhorem seus valores de Limiar com o treinamento.

Devemos sempre levar em consideração que existem pessoas que suportam, durante mais tempo, grandes concentrações de lactato quando comparadas a outras pessoas com os mesmos valores de VO2 e Limiar Anaeróbio. Portanto elas conseguem realizar provas numa concentração média de lactato ou velocidade ligeiramente acima do limiar (desde que essa prova não seja muito longa, como por exemplo uma maratona)

## **Traçar a estratégia da prova**

Conhecendo o Limiar Anaeróbio podemos planejar qual a velocidade ou frequência cardíaca que devemos impor nos primeiros quilômetros, em subidas, em descidas, no meio da prova, em qual momento aplicar um sprint, a partir de quando aplicar o sprint final, etc.

O próprio atleta/aluno saberá monitorar e dosar o seu ritmo frente às adversidades impostas pela prova

O preparador vai traçar a estratégia. A prova poderá ser realizada seguindo à risca um plano previamente traçado, discutido e testado.

Nem sempre é possível que o treinador esteja junto de seu atleta ou aluno para que monitore as sessões de treinamento, portanto delimitações claras são muito importantes para que o seu atleta saiba dosar a sua sessão de treinamento, independente da presença de seu treinador. O Limiar pode apresentar essas delimitações.

O indivíduo que está sendo treinado saberá o que tem que fazer até onde pode ir, quanto tempo tem que ficar naquele ritmo de corrida ou naquela frequência cardíaca - e o que é mais importante saberá o que está acontecendo com seu organismo e o que aquilo pode ocasionar.

## **Melhor intensidade para perda de gordura**

Próximo ao limiar anaeróbio sabemos que a fonte energética utilizada com predominância é a fonte aeróbia e o substrato energético utilizado é o carboidrato, portanto baseadas no limiar anaeróbio são mais adequadas para a perda de gordura.

Vale lembrar que a perda de gordura é promovida de maneira mais eficiente pelo gasto energético total, ou seja, gastou mais energia “perdeu” mais gordura. Portanto o limiar anaeróbio permite que seja programada uma sessão de treinamento bastante intensa e por um tempo relativamente longo, promovendo assim um gasto energético total maior.



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

## Dosagem do ritmo

O próprio atleta saberá dosar o seu ritmo e porque está fazendo aquilo.

## Diminuição da Coordenação Motora

Atividades acima do Limiar Anaeróbio contribuem para que a fadiga se instale de maneira mais rápida, portanto exercícios acima do limiar favorecem à uma diminuição da coordenação motora durante aquela atividade.

## Um probleminha a ser resolvido

Se um indivíduo possui VO<sub>2</sub> max de 60 ml/kg/min e o outro 70 ml/kg/min, qual dos dois chegará primeiro numa prova de 20 km? Considerando que todas as outras variáveis são iguais.

Resposta: Se todas as variáveis são iguais vencerá o que tiver maior VO<sub>2</sub>, ou seja o segundo - VO<sub>2</sub> Máximo de 70 ml/kg/min

Se o Limiar Anaeróbio do primeiro estiver a 80% do VO<sub>2</sub> Máximo e do segundo a 60% do VO<sub>2</sub> Máximo? Qual dos dois chegará primeiro?

Resposta: O primeiro pois consegue manter um VO<sub>2</sub> maior durante toda a prova, sem ter acúmulo de lactato. Enquanto o primeiro tem seu Limiar Anaeróbio a 80% do máximo = 48 ml/kg/min o segundo terá seu Limiar a 60% do máximo = 42 ml/kg/min.

Durante todo o percurso o Sujeito 1 apesar de ter um VO<sub>2</sub> Máximo menor consegue absorver mais oxigênio sem acúmulo de lactato que o Sujeito 2.

Desse exemplo podemos tirar as seguintes conclusões:

O VO<sub>2</sub> máximo não é determinante de resultado mas o Limiar Anaeróbio pode ser.

Quanto maior o VO<sub>2</sub> do Limiar melhor será o resultado numa prova de longa duração, as outras variáveis também contribuem. De nada adiantaria um Limiar anaeróbio extremamente alto se o atleta não possui a coordenação motora que o tipo de esporte exija. Por exemplo no futebol de nada adianta um jogador ter um VO<sub>2</sub>max ou Limiar anaeróbio alto se não possui uma coordenação visual motora adequada.

Portanto Limiar Anaeróbio é simplesmente um dos itens que devem ser considerados no processo de treinamento, porém é um item fundamental

Em alguns casos o seu conhecimento pode não ajudar, porém o seu desconhecimento com certeza atrapalhará em todos os casos.

O Limiar Anaeróbio é um índice que pode tornar o processo de treinamento mais eficaz, economizando tempo e melhorando resultados.





# LIMIAR ANAERÓBIO



---

## Quem tem um Limiar Mais alto o Velocista de 100 metros ou o Maratonista?

Quanto mais longa é a prova maior será o Limiar Anaeróbio. Concluímos que quanto maior é a distância ou o tempo da prova maior será a importância de um Limiar Anaeróbio mais alto.

Para performances de curta duração e alta potência são exigidas as fibras musculares de contração rápida, que tem baixo poder oxidativo e alto poder de gerar energia a partir de fontes anaeróbias tanto aláctica como láctica. Para performances de longa duração são exigidas fibras musculares de contração lenta que tem um alto poder oxidativo, alto poder para gerar energia a partir de fontes aeróbias

Quanto mais fibras musculares de contração rápida uma pessoa possui maior será sua produção de ácido láctico - portanto pessoas com essa característica podem não se dar muito bem em provas de longa duração pois como tem poucas fibras de contração lenta necessitará de uma grande ajuda das fibras de contração rápida durante a prova. Como essa prova é longa terá um acúmulo muito grande de ácido láctico, caso queira imprimir um ritmo forte, exigindo que ele diminua sua velocidade ou mesmo pare no meio do caminho.

Podemos afirmar o contrário para quem tem mais fibras de contração lenta. Em atividades que envolvam eventos de explosão ou grande velocidade por um período de tempo curto podem não se dar muito bem, pois para ajudar as fibras de contração rápida as fibras de contração lenta entrarão em ação, no entanto essas fibras não possuem grande poder de explosão ou potência. Mas em eventos de longa duração as fibras de contração lenta são mais eficientes pois se utilizam da energia gerada aerobiamente e não produzem grandes quantidades de ácido láctico, portanto podem permanecer se contraindo por mais tempo.

Comparando um sedentário, um atleta amador e um atleta profissional. Verificamos que o sedentário atinge seu limiar anaeróbio em uma carga de trabalho (intensidade de exercício) menor, seguido pelo atleta amador que atinge o seu limiar numa carga maior que o sedentário porém menor que o atleta profissional.



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

## CITAÇÕES

**ARAÚJO, Cláudio Gil Soares de, LEITE, Paulo Fernando & BARROS, Sérgio Amauri; Fisiologia do Esporte e do Exercício; Health; Belo Horizonte; 1996**

---

**(15) Por que o sistema glicogênio-ácido láctico é limitado?**

Embora esse sistema forneça proteção imediata contra as conseqüências da insuficiência de oxigênio, pode continuar apenas temporariamente. À medida em que o ácido láctico se acumula no sangue durante o exercício, pode diminuir o pH em um nível que interfira com a ação enzimática, levando à fadiga. Além disso, a quantidade de ATP, produzida através da glicólise, é muito pequena se comparada com a disponível através do ciclo de Krebs. O substrato para essa reação é restrito à glicose fornecida pelo açúcar do sangue ou pelos estoques de glicogênio no músculo. O glicogênio hepático contribui para o açúcar presente no sangue, mas é limitado em quantidade. O glicogênio muscular não é capaz de se transferir através da corrente sangüínea, de forma que a capacidade anaeróbica de cada músculo é limitada ao seu próprio conteúdo de glicogênio.

A limitação no uso desse sistema para o fornecimento de energia é, principalmente, a quantidade de ácido láctico que a pessoa pode tolerar em seus músculos e em seus líquidos corporais. O ácido láctico provoca extrema fadiga, o que funciona como uma auto limitação para o uso adicional desse sistema, para o suprimento de energia. A quantidade de tempo para a recuperação desses sistemas, portanto, é determinado pela rapidez com que a pessoa pode eliminar o ácido láctico de seu corpo. Na maioria das condições, isso é realizado com um meio tempo da ordem de 20 a 30 minutos. Por conseguinte, após uma hora do uso pelo atleta do sistema glicogênio láctico em sua plenitude, esse sistema metabólico ainda não terá recuperação total.

**(18) O que é o limiar de lactato?**

Limiar de lactado pode ser definido como a intensidade de exercício em um esforço com incremento progressivo de sua intensidade, a partir da qual existe um acúmulo significativo de lactato no sangue. Essa intensidade de exercício é preferencialmente medida em %VO<sub>2</sub> máximo, embora eventualmente seja prático quantificá-la como carga de cicloergômetro em watts, ou velocidade de corrida em esteira ou em pista (m/s ou km/h). Níveis elevados de limiares de lactado tendem a ser observados em atletas especializados em provas de longa duração. Correspondem ainda, em geral, à intensidade máxima de esforço que o atleta consegue manter por um período prolongado de exercício.

- Aproximadamente, em que nível do V<sub>O2</sub> máximo o nível sangüíneo de Lactado é baixo?

O nível sangüíneo de lactado continua relativamente baixo durante um exercício em ritmo estável (steady-state), com cerca de 55% da captação máxima de oxigênio. À medida em que nos aproximamos do V<sub>O2</sub> Máximo, observa-se um aumento acentuado na quantidade de ácido láctico no sangue.

OBS: O nível de lactado sangüíneo constitui o indicador mais comum da ativação do sistema de energia a curto prazo.

**(26) Como é removido o ácido láctico durante período de recuperação?**



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

O ácido láctico acumulado no sangue e nos músculos durante o exercício é removido durante o período de recuperação. A velocidade dessa remoção depende do fato de se ficar em repouso durante recuperação (repouso-recuperação) ou de realizar um exercício leve (30 a 65% do  $\text{VO}_2$  max.) durante a recuperação (exercício-recuperação). O ácido láctico é removido mais rapidamente durante o exercício-recuperação. O destino do ácido láctico, e (3) oxidação para  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  pelo sistema aeróbico. O destino principal é a oxidação, que se processa principalmente no músculo esquelético, mas que ocorre também nos tecidos cardíaco, renal, hepático e cerebral.

## **(39) Qual a importância da medida da frequência cardíaca na educação física moderna?**

Como a frequência cardíaca (FC) aumenta linearmente com cargas de trabalho ou  $\text{VO}_2$  ela pode ser utilizada para estimarmos a intensidade do exercício. A medida da FC, no laboratório, através de monitores de FC ou pela contagem de pulso, é relativamente simples. Essa simplicidade, mais as relações com o  $\text{VO}_2$  com a carga de trabalho e com o treinamento, fizeram da FC o índice da função circulatória usado mais comumente durante o exercício.

É importante salientar que as respostas da FC ao exercício variam muito de um indivíduo para o outro, por isso, as interpretações devem ser individualizadas

## **(52) Quais as respostas respiratórias normais ao exercício físico dinâmico?**

Durante exercícios dinâmicos prolongados deve existir uma constante transferência de  $\text{O}_2$  desde o ar atmosférico até as células musculares e de  $\text{CO}_2$  o sentido inverso. O maior consumo de  $\text{O}_2$  ( $\text{VO}_2$ ) e produção de  $\text{CO}_2$  ( $\text{VCO}_2$ ) resultam da resposta fisiológica integrada da musculatura esquelética com os sistemas cardiovascular e respiratório.

Em relação ao sistema respiratório, observamos que, durante um exercício dinâmico de intensidade crescente, ocorre um incremento da ventilação pulmonar total, junto com um aumento proporcional da ventilação alveolar, i.é, uma menor relação volume do espaço morto/volume corrente ( $V_p/V_t$ ). A hiperpnéia (aumento da ventilação pulmonar sem redução da pressão parcial de  $\text{CO}_2$  no sangue arterial) decorre da contribuição proporcionalmente maior do aumento do volume corrente no exercício menos intenso e da frequência respiratória e em intensidades maiores de esforço.

Um incremento progressivo na intensidade do esforço promove, inicialmente, um aumento proporcional e paralelo da ventilação pulmonar (VE), do  $\text{VO}_2$  e do  $\text{VCO}_2$ . A partir de uma certa intensidade, uma participação mais significativa da via anaeróbica láctica pode provocar acidose metabólica. Entretanto, o pronto tamponamento dos íons hidrogênio pelos íons bicarbonato mantém o pH formando moléculas de ácido carbônico. Esta reação, por sua vez, adiciona ao organismo moléculas de  $\text{CO}_2$  não produzidas metabolicamente, mas oriundas do efeito tampão do bicarbonato. A partir deste ponto, chamado de limiar anaeróbico, observamos um aumento curvilíneo da ventilação pulmonar proporcional ao  $\text{VCO}_2$  mas em desproporção ao  $\text{VO}_2$ .

## **(53) Qual a diferença básica no significado fisiológico do $\text{VO}_2$ máximo e do limiar anaeróbico?**

Se por um lado o  $\text{VO}_2$  máximo representa a taxa máxima de utilização de  $\text{O}_2$  desenvolvida por um indivíduo, e por isso traduz a intensidade máxima de esforço possível, o limiar anaeróbico, por sua vez, marca a "endurance" de um indivíduo, i.é, a capacidade de realizar trabalhos submáximos por períodos



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

prolongados de tempo sem desenvolver acidose metabólica. Quanto mais próximo ao  $\text{VO}_2$  máximo estiver o limiar anaeróbico, mais intenso poderá ser o exercício executado, sem que ocorra acúmulo de ácido láctico na circulação. Em intensidades de esforço superiores àquela correspondente ao limiar anaeróbico, ocorrerá uma progressiva acidose intramuscular que, inibindo a atividade da fosfofrutoquinase (uma enzima-chave da via glicolítica) e a afinidade do cálcio pela troponina (proteína reguladora da interação entre actina e miosina para a contração muscular), produzirá fadiga localizada, com diminuição da performance. É interessante observar, contudo, que o limiar anaeróbico é mais sensível ao treinamento físico do que o  $\text{VO}_2$  máximo, resultando daí seu uso crescente no acompanhamento e avaliação de resultados de programas de treinamento físico, tanto em atletas como em pacientes.

## **(56) Como indivíduos percebem o limiar anaeróbico ventilatório (LAV) durante o exercício?**

Muitos indivíduos, que se exercitam regularmente, são capazes de perceber o LAV como a intensidade do exercício em que a respiração se torna mais trabalhada e o ato de falar torna-se difícil. Pelo fato de que o LAV e o acúmulo de ácido láctico sanguíneo ocorrem em uma intensidade similar de exercício em muitas pessoas, o LAV consiste em uma marca conveniente para delimitar superiormente a intensidade de exercício aeróbico nos programas de treinamento. Para exercícios de intensidade acima do LAV, uma rápida acumulação de ácido láctico no sangue e nos músculos pode impedir uma atividade prolongada. Portanto, os participantes de programas aeróbicos de exercícios são condicionados a manter a intensidade de exercício abaixo do LAV.

## **(57) Como podemos detectar o limiar anaeróbico?**

Limiar anaeróbico é definido como a intensidade de trabalho ou o consumo de oxigênio em que o metabolismo anaeróbico é acelerado. Um aumento no metabolismo anaeróbico resulta em acúmulos de ácido láctico nos músculos e no sangue; o ácido láctico representa o principal suspeito como causador da fadiga muscular. Isso, mais o fato de o limiar anaeróbico ser consideravelmente diferente para indivíduos treinados e destreinados, gerou algum interesse em suas aplicações ao treinamento atlético, particularmente ao treinamento de "endurance".

Uma das maneiras de detectar o limiar anaeróbico consiste, evidentemente, em medir periodicamente o ácido láctico sanguíneo durante cargas de exercício contínuas e progressivamente maiores, como aquelas suportadas numa bicicleta ergométrica ou numa esteira rolante acionada por motor. Entretanto, essa técnica exige a coleta de múltiplas amostras de sangue, o que pode ser desconfortável para os indivíduos e requer um certo tempo para análise química das amostras. Uma maneira mais rápida e confortável para identificar o limiar anaeróbico consistem em observar a ventilação-minuto e outras variáveis das trocas gasosas, como a produção de dióxido de carbono, durante um teste com exercício progressivo. Essas variáveis aumentam linearmente, isto é, à semelhança de uma linha reta, com cargas de trabalho cada vez maiores, até alcançar-se o limiar anaeróbico. Nesse ponto, seu ritmo de aumento é grandemente acelerado.

## **(95) Quais as prováveis modificações do limiar de lactato com o treinamento aeróbico? Descreva a relação entre a velocidade de corrida e o acúmulo de lactato sanguíneo.**

O treinamento aeróbico determina adaptações metabólicas que tornam o músculo mais eficiente na utilização de oxigênio, minimizando a participação da via glicolítica para uma dada intensidade de esforço. Sendo assim, observa-se que o nível de exercício, a partir do qual existe acúmulo de lactato no sangue (limiar de lactato) em um exercício de intensidade crescente, é apreciavelmente aumentado como



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

fruto do treinamento aeróbico específico. Desta forma, esforços significativamente mais intensos podem ser feitos (ex.: correr ou nadar a uma velocidade maior) sem que haja alteração apreciável do metabolismo ácido-básico. Quando a relação entre laticidemia e intensidade de esforço é plotada, verifica-se um desvio da curva exponencial típica para a direita após um período de treinamento aeróbico. Esse conhecimento tem sido eventualmente empregado na monitorização e acompanhamento do treinamento de atletas de alto nível de diferentes modalidades desportivas.

---

## **ASTRAND, Per-Olof & RODAHL, Kaare; Biblioteca de Educação Física: Tratado de Educação Física; vol. 1; 2<sup>a</sup>; Interamericana; Rio de Janeiro; 1980**

---

(270)

Figura 9-3. (a) Durante os primeiros minutos de exercício, a captação de oxigênio aumenta, e a seguir se estabiliza à medida que a captação de oxigênio alcança um nível adequado para preencher a demanda dos tecidos. Ao término do exercício, ocorre um declínio gradual na captação de oxigênio, à medida que a "dívida de oxigênio" está sendo paga. (h) Demonstração esquemática do aumento da captação de oxigênio durante um exercício na bicicleta ergométrica com diferentes cargas de trabalho (assinaladas dentro o da área sombreada) realizado durante 5 a 6 minutos.

Captação de oxigênio nas experiências acima mencionadas, medida após 5 minutos e "pontilhada em relação com a carga de trabalho. Observar que 250 W (1.500 kpm/min) trouxeram a captação de oxigênio para o máximo desse indivíduo e que 300 W não conseguiram aumentar a captação de oxigênio; a maior carga de trabalho era possível graças aos processos anaeróbios. Potência aeróbia máxima = 3,5 litros/min. (Para simplificação, a carga de trabalho suficiente para trazer a captação de oxigênio ao máximo do indivíduo, neste caso de 250 W, pode ser enunciada por (CT<sub>máx.O2</sub>). Foram incluídas as concentrações máximas de ácido láctico no sangue em cada experiência.

---

## **FOX , Edward L. & MATHEWS, Donald K.; Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos; 3<sup>a</sup>; Guanabara; Rio de Janeiro; 1986**

---

(135 e 136) Ventilação e Limiar Anaeróbico

Limiar anaeróbico é definido como a intensidade de trabalho ou o consumo de oxigênio em que o metabolismo anaeróbico é acelerado. 11, 2 11, 2 9 No Cap. 2 vimos que um aumento no metabolismo anaeróbico resulta em acúmulo de ácido láctico nos músculos e no sangue; no Cap. 5 vimos que o ácido láctico representa o principal suspeito como causador da fadiga muscular. Isso, mais o fato de o limiar anaeróbico ser consideravelmente diferente para indivíduos treinados e destreinados, gerou algum interesse em suas aplicações ao treinamento atlético, particularmente ao treinamento de endurance. 15 Essas aplicações serão discutidas posteriormente na Seção 4. Agora interessa-nos abordar a relação entre o limiar anaeróbico e a ventilação-minuto.

Uma das maneiras para se detectar o limiar anaeróbico consiste, evidentemente, em medir periodicamente o ácido láctico sanguíneo durante cargas de exercício contínuas e progressivamente maiores, como aquelas suportadas numa bicicleta ergométrica ou numa esteira acionada por motor. Entretanto, essa técnica implica a coleta de amostras de sangue, além de exigir um certo tempo para a análise dessas amostras. Uma maneira mais rápida e confortável para se detectar o limiar anaeróbico consiste em





# LIMIAR ANAERÓBIO

---

observar a ventilação-minuto e outras variáveis das trocas gasosas, como a produção de dióxido de carbono, durante um teste com exercício progressivos. Essas variáveis aumentam linearmente, isto é, à semelhança de uma linha reta, com cargas de trabalho cada vez maiores, até se alcançar o limiar anaeróbico. Nesse ponto, seu ritmo de aumento é grandemente acelerado; isso é mostrado na Fig. 8-3. Observe como VE e VCO<sub>2</sub> começam a subir acentuadamente no limiar anaeróbico. Observe também como essas variações coincidem com o aumento brusco no ácido láctico sanguíneo.

Assim sendo, vemos que a ventilação-minuto é um indicador fidedigno e relativamente fácil de obter para o início do metabolismo anaeróbico durante o exercício. O significado fisiológico da maior ventilação-minuto no limiar anaeróbico tem algo a ver com o tamponamento das maiores quantidades de ácido láctico e será discutido mais detalhadamente no Cap. 21.

## **(260) Sistema do Ácido Láctico (Glicólise Anaeróbica)**

As mulheres tendem a possuir menores níveis de ácido láctico no sangue após um exercício máximo, em comparação com os homens. 6,17,20,31,52,67. Esses baixos níveis de ácido láctico sugerem fortemente que a capacidade do sistema do ácido láctico também é menor nas mulheres. Isso pode ser visto na Fig. 14-6, na qual a capacidade do sistema AL é mostrada para homens e mulheres, tanto treinados quanto destreinados. Os valores, apesar de enunciados como cal/kg de peso corporal total, baseiam-se nos níveis sanguíneos de ácido láctico após um exercício máximo.

A semelhança do sistema ATP-PC, uma das razões para a menor capacidade AL na mulher é a menor massa muscular total. Se os valores fornecidos na Fig. 14-6 fossem enunciados por kg de massa muscular total, a diferença entre os sexos seria menor. Entretanto, ao examinar as relações de desempenho, fica bastante claro que as piores provas, tanto na corrida quanto na natação, implicam tempos de desempenho de entre 1 e 4 minutos (400 a 1.500 metros para a corrida e 100 a 400 metros para a natação). Essas provas dependem essencialmente do sistema AL para a produção de ATP. Essa informação indica que as mulheres ficariam em ligeira desvantagem ao competirem nas provas que dependem em grande parte do sistema L. Em vista disso, sugere-se que as atletas poderão beneficiar-se com os programas de treinamento que estimular sistema AL (Quadros 12-13, pág. 208).

## **BALIKIAN Júnior, Pedro; Utilização da Freqüência Cardíaca para a Determinação da Intensidade de Esforço Correspondente ao Limiar Anaeróbico no Ciclismo de Campo; Universidade Estadual Paulista; Rio Claro; 1996**

### **(15 a 21) Utilização do limiar anaeróbico**

O VO<sub>2</sub> max, que é uma boa medida de caráter geral dos fatores cardiorrespiratórios e metabólicos que afetam a capacidade máxima do organismo em captar, transportar e utilizar o oxigênio. foi durante muito tempo considerado o melhor índice para determinar a performance em esportes de longa duração (TAYLOR et alli, 1955; ASTRAND, 1956).

Entretanto, estudos contemporâneos têm demonstrado que o LA é uma variável mas precisa que o VO<sub>2</sub>max, quando se objetiva avaliar a capacidade de rendimento em provas de predominância aeróbia (COSTILL et alli, 1973). DAVIS et alli, 1979).

GOLLNICK & SALTIN (1982) propõem que o VO<sub>2</sub> max e a capacidade de resistência em exercícios submáximos são limitados por diferentes mecanismos. ou seja, o VO<sub>2</sub> max parece estar relacionado com fatores cardiovasculares, como o débito cardíaco máximo, enquanto o exercício submáximos está mais relacionado à fatores metabólicos, como, por exemplo, a atividade das enzimas oxidativas. Deste modo, pode-se propor que o VO<sub>2</sub>max e o LA são determinados por diferentes mecanismos. Enquanto o LA está





# LIMIAR ANAERÓBIO

---

mais relacionado com o estado metabólico (capacidade oxidaria) dos músculos, O  $V_{O2max}$  é mais dependente dos fatores cardiovasculares.

Estudos têm encontrado estreita relação entre a performance alcançada durante competições de endurance de ciclismo e o L.N (COYLE Et alli, 1988, BARBEAU et alli). 1993, DENADAI & BALIKIAN. 1995: BALIKIAN & DENADAI, 1995). sendo que esta variável também é capaz de detectar, principalmente durante um acompanhamento longitudinal, a existência ou não de adaptações fisiológicas a um treinamento de endurance (KOHRT Et alli, 1989). CHICHARRO & ARCE (1991) determinaram que a identificação do LA é fundamental para discriminar capacidade aeróbia, performance, efeitos do treinamento aeróbio e prescrição do treinamento aeróbio.

O  $V_{O2max}$  pode ser utilizado para identificar altos níveis de talento no ciclismo, sendo porém que o mesmo não consegue prever performance quando os atletas apresentam níveis similares de potência aeróbia máxima (BARBEAU et alli. 1993-. COYLE. 1995). BARBEAU, " et a]]] (1993) determinaram que o  $V_{O2max}$  não distingue estado de treinamento em ciclistas de elite, e que as adaptações fisiológicas durante exercícios de intensidade sub-máxima, proporcionam melhores informações sobre estado de treinamento em ciclistas.

Um parâmetro que possa prever a maior frequência metabólica, na qual possa ser mantida uma atividade física por longos períodos de tempo, apresenta uma grande aplicação no treinamento esportivo (DAVIS. 1985). Em intensidades baixas de exercício prolongado de carga constante, a concentração de lactato sanguíneo aumenta nos primeiros minutos de esforço, podendo voltar aos valores de repouso conforme o exercício continua. Em intensidades moderadas, a concentração de lactato pode manter-se elevada e, durante exercício 'intenso, ocorre um acúmulo contínuo de lactato no sangue (WASSERNIAN & McILROY. 1964). O Colégio Americano de Medicina do Esporte tem recomendado que a intensidade de treinamento se situe entre 60-90% da FC max ou entre 50-80% do  $V_{O2max}$ . Entretanto tais parâmetros são aplicados à população geral, uma vez que sujeitos treinados podem não responder da mesma maneira (CHICHARRO & ARCE, 1991).

HERMANSEN & STENSVOLD (1972) observaram que a percentagem do  $V_{O2max}$  em que estas alterações nas concentrações de lactato ocorrem durante o exercício em estado de equilíbrio, variava entre diferentes indivíduos]. Desta forma, a um determinado percentual do  $V_{O2max}$ , um indivíduo pode apresentar concentrações elevadas e crescentes de lactato sanguíneo, enquanto outro indivíduo pode apresentar concentrações semelhantes às do repouso. As respostas metabólicas e a utilização de substratos energéticos destes dois indivíduos seriam divergentes, resultando em um desempenho completamente diferente nesta mesma intensidade relativa de esforço. Esta possível variabilidade na resposta do mesmo indivíduo de lactato sanguíneo a um determinado percentual do  $V_{O2max}$ , resultou na proposição de que os limiares sejam utilizados como pontos de referência para expressar velocidades submáximas de esforço (COSTILL. 1971- MADER et alli, 1976; KINDERMAN et alli. 1979). Autores têm sugerido que a intensidade de treinamento se baseie na velocidade ou  $V_{O2}$  que coincida com o limiar aeróbio ou com limiar anaeróbio (K-ARI-SSON & JACOBS, 1982).

Segundo SADN' (1981), a intensidade de esforço é importante para se controlar o metabolismo do lactato durante o exercício. Embasado pelo princípio de sobrecarga, estudos têm sugerido a necessidade de uma elevada intensidade de exercício para se provocar um processo de estresse na produção de lactato e assim promover uma adaptação (MASSERMAN et alli. 1967). Autores determinaram que uma intensidade de treinamento que provoque uma concentração de lactato de 4mM é ótima para reduzir a concentração deste composto a taxas submáximas de trabalho (HOLLMAN, 1959-, MADER Et alli. 1976).

Na prática, verificou-se que a prescrição de esforços de treinamento com intensidades inferiores a velocidade correspondente a 4 mM, utilizando-se o método de duração intensivo e extensivo, mostrou-se bastante eficaz, necessitando de pequenas adaptações para uma melhor individualização das cargas (OLIVEIRA et alli, 1994). Estudos determinaram que o treinamento predominantemente aeróbio, sem acúmulo considerável de lactato deverá ser prescrito relativamente as seguintes intensidades:

duração intensivo - 91-97% da velocidade de limiar - tempo de atividade entre 30min e 1 h.

duração extensivo - 85-90% da velocidade de limiar - tempo de atividade entre 1 h e 1 h e 30 min.

3) recuperativo ou aquecimento - abaixo de 85% da velocidade de limiar 1h30min.



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

Sendo que os trabalhos realizados dentro da faixa 1 e 2 são considerados como estímulos ótimos para o aperfeiçoamento da capacidade aeróbia e que, cargas na faixa normalmente, não provocam adaptações e melhoria do condicionamento, sendo preferencialmente usadas na manutenção da capacidade aeróbia, na recuperação ou no retorno de períodos de inatividade. Em relação a trabalhos realizados em intensidades acima do LA, determinou-se genericamente três zonas de acidose:

- acidose baixa: correspondente a uma intensidade ligeiramente superior ao limiar anaeróbio onde ainda é possível verificar aumentos no  $\dot{V}O_2$ . Sendo utilizada como referência para o treino da potência aeróbia.

- acidose média: pouco específica. Utiliza-se como referência para o treino misto.

- Acidose elevada - corresponde a uma solicitação fundamentalmente anaeróbia láctica, sendo que nos limites inferiores inscrevem-se os exercícios de capacidade e nos limites superiores os exercícios de potência láctica (PEREIRA, 1989-. OLIVEIRA et al], 1994).

WELLS (1957) sugeriu a utilização da concentração de lactato durante um exercício de estado estável para estabelecer a carga de treinamento. Este autor desenvolveu três classificações de intensidade de esforço relativas à concentração de lactato em repouso:

1 trabalho leve que não aumenta o lactato.

2 trabalho pesado que provoca um aumento de 1,5 - 2 vezes.

3 trabalho muito pesado, que provoca aumentos de até 5 vezes.

LENZI (1986), por sua vez, elaborou um esquema de aplicação de cargas de trabalho baseado em dados relacionados a percentagens do Limiar Anaeróbio:

103%	- intervalado intensivo
100%	- intervalado extensivo
93'-97%	- contínuo intensivo
90%	- contínuo extensivo
85%	- contínuo extensivo
80%	- contínuo extensivo

Embasado no conceito de expressar intensidades de esforço em função dos limiares, MADER et alii (1976) desenvolveram um método empírico para prescrever intensidades de treinamento em função de concentrações sanguíneas de lactato. Baseado neste sistema, conforme o objetivo do programa de treinamento, o indivíduo treina de forma a atingir uma concentração predeterminada de lactato no sangue. Os autores sugeriram como limite superior de treinamento aeróbio em equilíbrio metabólico, a velocidade correspondente a concentração de lactato de 4mM.

HOLLNAN (1985) apresentou dados que demonstravam um maior efeito do treinamento de resistência em sujeitos que treinavam a uma concentração de lactato de 4mM, em comparação com aqueles que treinavam a 95% do  $\dot{V}O_2$  max. SJODIN et alii] (1982) prescreveram um treinamento a corredores de meia e longa distância, à uma velocidade correspondente a 4mM. Durante as sessões os atletas foram capazes de manter a concentração de lactato preestabelecida e após um período de treinamento, a velocidade correspondente a 4mM aumentou. Entretanto, esta concentração ótima de lactato pode diferir entre indivíduos e STEGNIANN et alii (1981) determinaram que o limiar anaeróbio pode variar a partir de concentrações de lactato de 1,4 à 7,5 mM.

Estudos têm demonstrado que a recuperação ativa aumenta a remoção de lactato a partir da circulação. A identificação de uma ótima intensidade de exercício de recuperação, tem sido alvo de várias pesquisas, apresentando resultados conflitantes, sugerindo uma intensidade ótima com uma variação de 22-63% do  $\dot{V}O_2$ max (HENIENSEN & STENSVOLD, 1972-, JACOBS, 1986). A utilização da intensidade de exercício de recuperação expresso relativamente ao LA, demonstra intensidade de exercício de recuperação expresso relativamente ao LA, demonstra uma melhor resposta de remoção de lactato em contraste com a intensidade expressa como porcentagem do  $\dot{V}O_2$ max (STANIFORD et alii, 1981).



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

A determinação periódica dos limites aeróbio e anaeróbio (entre 40 e 60 dias), quando convenientemente relacionados ao programa de treino, fornece importantes indicações para a intervenção no campo. Este procedimento, quando conta com a colaboração do treinador, reveste-se de extrema importância e eficácia, uma vez que permite estabelecer, uma relação causa/efeito entre as cargas de treino administradas e as repercussões metabólicas das mesmas, e por outro lado, possibilita uma prescrição mais correta do exercício (PEREIRA, 1989).

---

## **ACSM, American College of Sports Medicine; Prova de Esforço e Prescrição de Exercício; 1ª; Revinter Ltda.; Rio de Janeiro; 1994**

---

### **(50 e 51) Limiar Anaeróbio Ventilatório (LAV)**

Como descrevemos anteriormente (Fig. 7-2), a ventilação em intensidade alta de exercício aumenta curvilinearmente com o aumento da frequência de trabalho. A intensidade de trabalho (ou intensidade de consumo de oxigênio) em que a resposta respiratória ao exercício gradual primeiro parte da linearidade é o limiar anaeróbio ventilatório (LAV). Embora os mecanismos fisiológicos que norteiam o LAV não estejam completamente compreendidos, LAV Oralmente ocorre em uma carga de trabalho que corresponde ao momento em que o ácido láctico começa a se acumular no sangue. O rápido aumento da ventilação que ocorre durante um exercício intenso acima do LAV pode refletir a ação do sistema-tampão do bicarbonato que ajuda a manter o pH do sangue por um "soprar para fora" o dióxido de carbono produzido não metabolicamente.

Muitos indivíduos que se exercitam regularmente são capazes de perceber o LAV como a intensidade do exercício em que a respiração se torna mais trabalhada e o ato de falar se torna difícil. Pelo fato de que o LAV e o acúmulo de ácido láctico sanguíneo ocorrem em uma intensidade similar de exercício em muitas pessoas, o LAV consiste em uma marca conveniente para delimitar superiormente a intensidade de exercício aeróbio nos programas de treinamento. Para exercícios de intensidade acima do LAV, uma rápida acumulação de ácido láctico no sangue e nos músculos pode impedir uma atividade prolongada. Portanto, os participantes de programas aeróbios de exercícios são condicionados a manter a intensidade de exercício abaixo do LAV.

---

## **ARAÚJO, Claudio Gil Soares de; Manual de Teste de Esforço; 2ª; Ao Livro Técnico S/A; Rio de Janeiro; 1984**

---

### **(39) OUTRAS VARIÁVEIS**

Outros parâmetros são menos frequentemente medidos, mas podem oferecer valiosas informações clínicas; recentemente tem sido demonstrado que a determinação do débito cardíaco durante o esforço é de utilidade clínica no diagnóstico de coronariopatias, já que tem sido constatado que alterações da função ventricular frequentemente precedem a angina e a depressão do segmento ST, podendo ser detectadas na avaliação da resposta desta variável.

O limiar anaeróbico, que se baseia na relação VE/V02 ou na curva do lactato sanguíneo, demonstra a carga onde o esforço físico passa a possuir um grande componente anaeróbico para um dado indivíduo.



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

Matsuniura et alli. propuseram que o limiar anaeróbico, refletido pelo percentual do V02 máximo em que a ventilação perde a sua relação linear com o VO<sub>2</sub>, pode ser uma alternativa válida para a avaliação da capacidade funcional em coronariopatias, desde que o valor deste índice é significativamente diferente entre grupos de pacientes em classes funcionais distintas.

Além disso, é difícil aceitar a idéia de que um teste tenha sido realizado até a exaustão voluntária do indivíduo, quando não se observa a quebra de linearidade da relação ventilação/consumo de oxigênio ou um nível de lactato sanguíneo superior a 4 mMol.l<sup>-1</sup>.

## **KISS, Maria Augusta Peduti Dal'Molin; Avaliação em Educação Física: Aspectos Biológicos e Educacionais; 1<sup>a</sup>; Manole Ltda.; São Paulo; 1987**

---

### **(102 a 107) Lactacidemia e limiar de lactato**

O ácido láctico é produzido ao nível da fibra muscular branca que realiza trabalho, sendo utilizado no local pela fibra vermelha e, por isso, levando um determinado tempo até atingir níveis elevados no sangue arterial, ou arterializado, onde normalmente é medido (BROOKS, 1984). Por isso, o seu valor máximo é obtido geralmente na fase de recuperação entre o 2.0 e o 4.0 minuto após a pausa. A dosagem de ácido láctico no sangue (lactacidemia) é realizada através de métodos bioquímicos complexos, que precisam ser executados por pessoal habilitado para fornecerem dados fidedignos. A coleta de sangue poderá ser feita na veia que drena a musculatura que estiver trabalhando, no lóbulo da orelha, após colocarmos pomada rubefaciente para possibilitar coleta sem pressão do local, ou, no caso da mão, após imergi-la em água quente.

A lactacidemia atinge diferentes níveis, conforme a intensidade do exercício (Fig. 54), bem como para uma mesma intensidade (velocidade), conforme o tipo contínuo ou. intermitente.

Outro fator determinante da intensidade que a lactacidemia passa, a subir mais rapidamente é o tipo de ergômetro, bem como a intensidade relativa de carga e a condição física aeróbica individual

A grande importância prática do estudo da lactacidemia está, atualmente, na elevada correlação que apresenta com a "forma física" ou condição física e principalmente para prescrição individualizada de treinamento, em substituição à determinação direta do consumo máximo de oxigênio.

Assim, vemos na Figura 57 a trabalho básico de LONDEREE, onde são analisadas as relações entre o aumento de ácido láctico no sangue; por um lado, as porcentagens de V02 Máx em que isso ocorre e, por outro, as frequências cardíacas em que ocorre. Esses valores foram estudados em três grupos de indivíduos como baixa, média e boa condição física. O nível de condição física foi estudado através de enquête sobre a atividade física nos últimos 6 meses que precederam os testes. Devemos frisar que cada indivíduo (adulto) foi submetido a inúmeros testes de esteira, com diversas velocidades, mantidas durante 15 minutos. Media-se a frequência cardíaca e o VO<sub>2</sub> Máx para cada carga; este era expresso como porcentagem do V02 Máx daquela pessoa; a (lactacidemia era medida no 10.0 e no 15.0 minuto de carga. Assim, para a frequência cardíaca de 160 bpm podemos verificar, em adultos de graus ,diversos de treinamento, valores bem diferentes de ácido láctico.

COSTI L cita que os maratonistas conseguiram correr tendo valores de 4,4 mMol/l de lactato durante a prova. Por outro lado, os valores venosos de repouso de lactato, para LONDEREE, eram de 0,9 a 1,6 mMol/i. Por isso, LONDEREE (Figura 58) propôs que o limiar "anaeróbico", atualmente proposto como





# LIMIAR ANAERÓBIO

---

(limiar de lactato (BROOKS, 1984), seria o ponto de mudança brusca da inflexão da curva de lactacidemia corresponderia não mais a 2,2 mMol/l, mas a 4,4 mMol/l.

Através dos estudos de MADER, LIESEN e HOLLMAN (1979), apresentados por LIESEN, para alunos de pós-graduação da Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo em outubro de 1985, comparando níveis de lactato arterializado com condições de assimilação de habilidades técnicas e aproveitamento de situações táticas de jogo, concluiu-se que:

- níveis de até 2 mMol/l são favoráveis à aquisição de novas técnicas, ou à sua variação, bem como à prática de elementos táticos;
- níveis de até 6 mMol/l são menos favoráveis, dependendo de boa resistência e potência muscular;
- níveis acima de 6 mMol/l comprometem a percepção e as respostas são, antieconômicas sob o ponto de vista energético.

A determinação do limiar de lactato deve ser feita individualizadamente, através de teste em pista de atletismo, correndo etapas de 5 minutos em diferentes velocidades, de 4,0 a 6,1 O m/s, por exemplo, conforme a Figura 59.

## **FARINATTI, Paulo de Tarso V. & MONTEIRO, Wallace David; Fisiologia e Avaliação Funcional; 1ª; Sprint; Rio de Janeiro; 1992**

---

### ***(150 e 151)***

Essa relação conduz à abordagem de um importante conceito. A medida em que a atividade torna-se mais intensa, a produção de ácido láctico extrapola a capacidade de metabolização intracelular da fibra, passando a difundir em maior quantidade para o sangue. Essa concentração, atingindo determinados patamares (pela própria limitação da capacidade de metabolização do organismo como um todo), pode diminuir drasticamente a duração da atividade, gerando pontos de acúmulo comumente chamados de "limiares". A denominação que recebem dependerá da corrente de autores adotada: podemos encontrá-los na literatura descritos como limiar anaeróbio, limiar de lactato, OBLA ou ainda aeróbio, numa discussão cujos motivos não cabem aqui serem abordados (Brooks, 1985a, 1985b; Davis, 1985a, 1985b; Weitman, 1989; Montgomery, 1990).

As razões pelas quais isso ocorre ainda não estão completamente esclarecidas, mas trazem grandes implicações à prescrição do exercício. Por relacionarem-se muito mais a fatores periféricos que a centrais o treinamento pode alterar marcadamente as respostas de produção e remoção de lactato de um grupo muscular face a um trabalho específico, sem que com isso haja reflexos significativos no  $\dot{V}O_2$  máx, mais influenciado por fatores centrais. Pode-se, assim, ter dois indivíduos com mesma capacidade máxima de consumo de  $O_2$  que, trabalhando numa mesma intensidade relativa de consumo tenham concentrações bem diferentes de lactato sanguíneo (Dennis e col, 1982; Hur(ey e col, 1984).

Isso significa que, ao levarmos em conta apenas o  $\dot{V}O_2$  máx como indexador da prescrição da atividade, corremos o risco de submeter os dois indivíduos do item anterior a desgastes completamente diversos por estarem exibindo pontos de acúmulo distintos, apesar da mesma intensidade relativa frente à capacidade máxima de consumo (Katch e Col, 1978). Tal fato traz muitas conseqüências aos efeitos provocados pelo treinamento que está sendo proposto.



# LIMIAR ANAERÓBIO



---

## **MCARDLE, William D. & KATCH, Frank I. & KATCH, Victor L.; Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano; 3ª; Guanabara Koogan; Rio de Janeiro; 1991**

---

### **ENERGIA IMEDIATA: Sistema ATP-CP**

As provas de curta duração e alta intensidade tipo corrida de 100 metros, a prova de natação de 25 metros ou o levantamento de pesos exigem um fornecimento imediato e rápido de energia. Essa energia é proporcionada quase exclusivamente pelos fosfatos de alta energia (ATP e CP) armazenados dentro dos músculos específicos ativados durante o exercício.

Cerca de cinco milimoles (mmol) de ATP e 15 mmol de CP estão armazenados dentro de cada quilograma de músculo.' Para uma pessoa com 70 kg que possui uma massa muscular de 30 kg, existem entre 570 e 690 mmol de fosfatos de alta energia. Se admitirmos que 20 kg de músculo são ativados durante o exercício, nesse caso existe energia armazenada na forma de fosfato suficiente para andar rapidamente por um minuto, para realizar uma corrida através dos campos (cross-country) por 20 a 30 segundos, ou para realizar exercícios de intensidade máxima, tipo piques de corrida ou natação por cerca de seis segundos.' Por exemplo, na prova de 100 metros, o corpo não consegue manter uma velocidade máxima por um período superior a esse e, em verdade, os corredores reduzem sua velocidade na última parte da prova. Nessa situação, a quantidade de fosfato intramuscular pode influenciar muito a capacidade do indivíduo gerar energia intensa por um curto período de tempo.

Todos os desportos exigem a utilização dos fosfatos de alta energia, porém muitas atividades contam quase exclusivamente com esse meio para a transferência de energia. Por exemplo, o sucesso no futebol americano, no levantamento de pesos, em várias provas de campo, no beisebol e no vôlei exige um esforço breve e máximo durante o desempenho. É difícil imaginar um pique final no futebol ou um salto com vara sem a capacidade de gerar energia rapidamente a partir dos fosfagênios armazenados. Para um exercício contínuo e para a recuperação após um esforço de intensidade máxima, deverá ser gerada energia adicional para o reabastecimento de ATP. Com essa finalidade, os carboidratos, as gorduras e as proteínas armazenados estão prontos continuamente para recarregar o reservatório de fosfatos.

Espectroscopia por ressonância magnética para estudar o metabolismo muscular durante o exercício. A espectroscopia por ressonância magnética constitui um método incruento novo e interessante, capaz de medir continuamente as concentrações relativas dos compostos fosfato de alta energia no músculo, assim como outros eventos metabólicos durante o exercício. A Fig. 7. 1A ilustra o método durante um exercício com flexão do punho. Os músculos utilizados primariamente durante o exercício são colocados sobre um magneto supercondutor e o indivíduo realiza o exercício sob condições que controlam a produção de tensão, a velocidade de contração e a duração do exercício. Ao aplicar pulsos específicos de radiofrequência dentro do poderoso campo magnético, é possível determinar as concentrações dos vários compostos bioquimicamente ativos. A Fig. 7. 1 B mostra os resultados para ATP, CP (PCr) e o fosfato inorgânico durante o repouso e um exercício de intensidade baixa a moderada. Com a espectroscopia por ressonância magnética, as áreas debaixo dos picos correspondem às concentrações relativas dos compostos com fósforo livre, incluindo os três átomos de fósforo de ATP. Estudos sobre a relação entre o fosfato inorgânico e a fosfocreatina conseguem avaliar o ritmo da respiração mitocondrial. Atualmente, essa técnica está sendo aplicada para estudar a lesão muscular, o metabolismo glicolítico e os efeitos do treinamento sobre as complexidades da função metabólica muscular.

### **ENERGIA A CURTO PRAZO: Sistema do Ácido Lático**





# LIMIAR ANAERÓBIO

Os fosfatos de alta energia devem ser ressintetizados continuamente num ritmo rápido, para que o exercício extenuante possa continuar além de um curto período de tempo. Num exercício tão intenso, a energia para fosforilar ADP provém principalmente da glicose e do glicogênio armazenado durante o processo anaeróbico da glicólise, com subsequente formação de ácido láctico. De certa forma, esse mecanismo de formação do ácido láctico "poupa tempo". Toma possível a formação rápida de ATP pela fosforilação do substrato, mesmo quando o fornecimento de oxigênio é insuficiente ou quando as demandas energéticas ultrapassam a capacidade para a ressíntese aeróbica de ATP. Essa energia anaeróbica para a ressíntese de ATP pode ser considerada como um combustível de reserva, que será utilizado para o atleta "percorrer" a última parte de uma corrida de 1.500 m. É também de importância crítica para fornecer a energia rápida acima daquela disponível a partir dos fosfagênios armazenados durante uma corrida de 400 metros ou de uma prova de natação de 100 metros.<sup>1</sup> O acúmulo mais rápido e os níveis mais altos de ácido láctico são alcançados durante um exercício que pode ser sustentado por 60 a 180 segundos. À medida que a intensidade do exercício "máximo" diminui, aumentando assim o período de trabalho, observa-se uma redução correspondente tanto na intensidade do acúmulo quanto no nível final de ácido láctico.<sup>1</sup>

Acúmulo de lactato. O ácido láctico não se acumula necessariamente em todos os níveis de exercício. A Fig. 7.2 ilustra a relação geral entre o consumo de oxigênio, enunciado como percentual de seu valor máximo, e o ácido láctico sanguíneo durante o exercício leve, moderado e intenso nos atletas de endurance e nas pessoas destreinadas. Durante o exercício leve e moderado, as demandas energéticas de ambos os grupos são satisfeitas adequadamente por reações que utilizam oxigênio. Em termos bioquímicos, o ATP para a contração muscular torna-se disponível predominantemente através da energia gerada pela oxidação do hidrogênio. Qualquer ácido láctico formado no exercício leve é oxidado rapidamente. Assim sendo, o nível sanguíneo de ácido láctico se mantém bastante estável, até mesmo quando o consumo de oxigênio aumenta.

O ácido láctico começa a se acumular e eleva-se de maneira exponencial para aproximadamente 55% da capacidade máxima para o metabolismo aeróbico dos indivíduos saudáveis, porém destreinados.<sup>8</sup> A explicação habitual para o aumento no ácido láctico baseia-se na suposição de uma hipoxia tecidual relativa no exercício intenso. Argumenta-se que, nessas condições de deficiência de oxigênio, a demanda de energia é atendida parcialmente por uma certa predominância da glicólise anaeróbica à medida que a liberação de hidrogênio começa a ultrapassar sua oxidação através da cadeia respiratória. Conseqüentemente, hidrogênios em excesso são transferidos para o ácido pirúvico e o ácido láctico acumula-se.<sup>8</sup> Esse aumento no ácido láctico torna-se maior à medida que o exercício se torna mais intenso e as células musculares não conseguem satisfazer aerobicamente as demandas adicionais de energia. Esse padrão é essencialmente semelhante para o indivíduo treinado, exceto que o limiar para o acúmulo de ácido láctico, denominado limiar anaeróbico, ou mais precisamente limiar do lactato sanguíneo, ocorre num percentual mais alto da capacidade aeróbica do atleta. Essa resposta favorável poderia ser devida aos dotes genéticos do atleta de endurance (tipo de fibra muscular) ou a adaptações locais específicas induzidas pelo treinamento e que poderiam favorecer a produção de menos ácido láctico,<sup>8</sup> assim como a um ritmo mais rápido de remoção para qualquer nível em

\*Uma explicação alternativa para o acúmulo de ácido láctico baseia-se em estudos que utilizam rastreadores radioativos para rotular o carbono na molécula do carboidrato.<sup>1,21</sup> Esses estudos mostram que o ácido láctico é formado continuamente em repouso e durante o exercício leve. Entretanto, em condições aeróbicas, a formação de ácido láctico é igual ao seu ritmo de remoção, de forma que a concentração de ácido láctico continua bastante estável. Com um treinamento aeróbico, a remoção de ácido láctico mantém paralelismo com sua produção; seu acúmulo só ocorre com níveis mais altos de exercício.<sup>21</sup>



# LIMIAR ANAERÓBIO

---

particular de exercício." Por exemplo, ficou bem documentado que a densidade capilar, o tamanho e o número das mitocôndrias aumentam com o treinamento de endurance, o mesmo ocorrendo com a concentração de várias enzimas e agentes de transferência implicados no metabolismo aeróbico, sendo que essa resposta ao treinamento pode não ser afetada pelo processo de envelhecimento. Essas alterações aprimoram certamente a capacidade da célula em gerar ATP aerobicamente, em especial através da desintegração dos ácidos graxos, podendo ampliar o percentual do máximo de uma pessoa que pode ser sustentado antes do início do acúmulo de lactato no sangue. Os atletas treinados em endurance, por exemplo, trabalham com intensidades dos exercícios que representam cerca de 80 a 90% de sua capacidade máxima para metabolismo aeróbico.

Foi sugerido também que o lactato formado em determinada parte de um músculo ativo pode ser oxidado por outras fibras no mesmo músculo ou por tecido muscular vizinho menos ativo.",", "Essas ajustagens e adaptações ao treinamento ajudam certamente a manter baixos os níveis de lactato durante o exercício e poderiam proporcionar também um meio importante para a conservação da glicose no trabalho prolongado." O conceito do limiar do lactato sanguíneo e sua relação com o desempenho de endurance são desenvolvidos mais plenamente no Cap. 14.

**Capacidade produtora de lactato.** A capacidade de gerar um alto nível de ácido láctico no exercício máximo aumenta com um "treinamento anaeróbico" específico, sendo reduzido subsequente com o destreinamento. Atletas bem treinados demonstraram que, após realizarem um exercício máximo de curta duração, o nível sanguíneo de lactato é de 20 a 30% mais alto que nos indivíduos destreinados sob circunstâncias semelhantes. O mecanismo para essa resposta é desconhecido, porém pode ser devido às grandes diferenças no nível de motivação que acompanham o estado treinado, assim como a um aumento de aproximadamente 20% nas enzimas envolvidas na glicólise, mais especificamente a fosfofrutocinase, observado como resultado do treinamento tipo anaeróbico. Como o ácido láctico é removido continuamente durante e após um exercício com um ritmo variável entre os diferentes indivíduos, é improvável que o lactato sanguíneo medido num determinado momento no transcorrer da recuperação forneça um quadro completo da capacidade do metabolismo anaeróbico de um indivíduo.<sup>2</sup> É igualmente provável que as maiores reservas intramusculares de glicogênio que acompanham o estado treinado venham a permitir uma contribuição maior da energia através da glicólise anaeróbica." Aumento nas enzimas da via anaeróbica foram relatados com o treinamento tipo velocidade, porém essas alterações não parecem ser tão impressionantes quanto as mudanças observadas nas enzimas aeróbicas com um treinamento de endurance.