

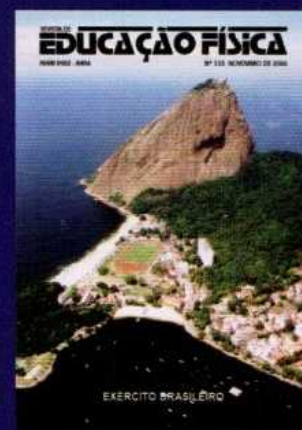
REVISTA DE  
**EDUCAÇÃO FÍSICA**

ISSN 0102 - 8464

Nº 136 MARÇO DE 2007



1932 - 2007



EXÉRCITO BRASILEIRO



## *Nossa Capa*

*Capa Comemorativa*

*75 anos*

*da*

*Revista de Educação Física*

## **SUMÁRIO**

### **PÁG**

- 3 EDITORIAL
- ARTIGOS:
- 6 ASPECTOS FISIOLÓGICOS E DE TREINAMENTO DE *MOUNTAIN BIKERS* BRASILEIROS  
*Vitor Pereira Costa, Fábio Yuzo Nakamura, Fernando Roberto de Oliveira*
- 13 COMPARAÇÃO DOS TESTES DE COOPER E DA UNIVERSIDADE DE MONTREAL COM O TESTE DE MEDIDA DIRETA DE CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO  
*Leonardo Maurmann Speck, Hélio Gonçalves Chagas de Macedo, Guilherme Bottrel Carvalho, Sylvio R. Nunes Neto, Antonio C. da Silva Barbosa Jr, Wilmar Marconggine Forquim Jr, Thiago Rodrigues Alves, Jose Luiz Andrade Jr, André Valentim Siqueira Rodrigues.*
- 22 COMPARAÇÃO ENTRE A PUXADA POR TRÁS E A PUXADA PELA FRENTE DE ACORDO COM A ATIVAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA  
*Carlos Sandro Coelho Carpenter, Jefferson Novaes, Luiz Alberto Batista*
- 30 COMPARAÇÃO DE MÉTODO INVASIVO E NÃO INVASIVO PARA DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA EM NADADORES  
*Sandro Fernandes da Silva, Alessandro Henrique Machado de Assis, Cíntia Campolina Duarte Rocha, José Antonio de Paz*
- 39 RELAÇÃO DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS E FATORES DE RISCO CARDIOVASCULARES  
*José Mário de Souza-e-Sá Júnior, Marcos Alexandre Monteiro-Gomes, Carla Cristina Pimenta Alcaraz, José Carlos Meireles de Sousa, Francisco Harrisson de Souza, Cynthia Torres França da Silva, Marcos de Sá Rego Fortes, Eduardo Camillo Martínez*
- 48 HOMEOSTASE DE COBRE E ATIVIDADE FÍSICA  
*Josely Correa Koury, Carmen Marino Donangelo*
- 58 A POLÍTICA NOS JOGOS OLÍMPICOS  
*José Maurício Capinussú*
- 66 EQUAÇÕES NACIONAIS PARA A ESTIMATIVA DA GORDURA CORPORAL DE BRASILEIROS  
*Marcelo Salem, Cândido Simões Pires Neto, William Waissmann*



A Revista de Educação Física é uma publicação de divulgação científica do Exército Brasileiro, através da Diretoria de Pesquisa e Estudos de Pessoal (DPEP) e de suas unidades subordinadas, Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCEx) e da Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx).

**CORPO CONSULTIVO MILITAR:**

**DIRETOR DA DPEP:**

Gen Bda Sérgio Tavares Carneiro

**VICE-PRESIDENTE EXECUTIVO DA CDE**

Cel Valder Freire Mesquita

**DIRETOR DO IPCEx:**

Ten Cel Dinaldo Sabino de Figueiredo

**COMANDANTE DA EsEFEx**

Ten Cel Antonio Ruy Costa Júnior

**EDITOR-CHEFE:**

Ten Cel Marcelo Salem

Contatos: Tel. (021) 2295-5340 / e-mail: secretaria@revistadeeducacaofisica.com.br

[www.revistadeeducacaofisica.com.br](http://www.revistadeeducacaofisica.com.br)

**CORPO CONSULTIVO:**

**Prof. Ms. André Valentim Siqueira Rodrigues**  
Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército

**Prof. Dr. Antônio Carlos Gomes**

Universidade Estadual de Londrina

**Prof. Dr. Antônio Cláudio Lucas da Nóbrega**

Universidade Federal Fluminense

**Prof. Ms. Antônio Fernando Araújo Duarte**  
Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército

**Prof. Dr. Attila Jozsef Flegner**

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Prof. Dr. Cândido Simões Pires Neto**

Universidade Tuiuti do Paraná

**Prof. Dr. Cláudio Gil Soares de Araújo**

Universidade Gama Filho

**Profª. Drª. Fátima Palha de Oliveira**

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Prof. Dr. José Maurício Capinussú de Souza**

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Universidade Salgado de Oliveira

Universidade Gama Filho

**Prof. Ms. Josué Morisson de Moraes**  
Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército

Universidade Bennet

**Prof. Dr. Lamartine Pereira da Costa**

Universidade Gama Filho

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército

**Prof. Dr. L.C. Cameron**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

**Profª. Ms. Leticia Azen Alves**

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército

Universidade Estácio de Sá

**Prof. Dr. Luiz Antonio dos Anjos**

Universidade Federal Fluminense

**Prof. Dr. Luiz Alberto Baptista**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Universidade Castelo Branco

**Prof. Dr. Luiz Carlos Scipião Ribeiro**

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército

**Prof. Dr. Manoel Gomes Tubino**

Universidade Castelo Branco

Centro Universitário Augusto Mota - UNISUAM

Presidente da FIEP

**Prof. Dr. Márcio Antônio Babinski**

Universidade Federal Fluminense

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

**Prof. Dr. Marcos de Sá Rego Fortes**

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército

**Prof. Dr. Maurício Leal Rocha**

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Prof. Dr. Paulo Sérgio Chagas Gomes**

Universidade Gama Filho

**Profª. Drª. Renata de Sá Osborne da Costa**

Universidade Salgado de Oliveira

**Profª. Ms. Renata Rodrigues Teixeira de Castro**

Sociedade de Medicina do Esporte do Rio de Janeiro

Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos

Laboratório de Reatividade Autonômica e Cardiovascular do Hospital

Pró-Cardíaco do Rio de Janeiro

**Prof. Dr. Sérgio Bastos Moreira**

Centro Universitário Augusto Mota - UNISUAM

**Prof. Dr. Valdir José Barbanti**

Universidade de São Paulo

**Prof. Dr. Wallace Davi Monteiro**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Núcleo do Instituto de Ciências da Atividade Física

Periodicidade: Quadrimestral / Distribuição gratuita

Accita-se permuta

Produção Gráfica e Publicidade: Faer Editora e Publicidade Ltda.

Impressão: Gráfica e Editora Ltda.

Capa / Tiragem: 5.000 exemplares

Diagramação: Anério Ferreira Matos

Os artigos assinados são de inteira responsabilidade de seus autores.

É permitida a reprodução de artigos, desde que citada fonte.

**Ficha catalográfica**

Revista de Educação Física. Ano 1 nº 1 (1932)- . -

Rio de Janeiro: DPEP 2007

v.: il.

Quadrimestral.

Órgão oficial do: Exército Brasileiro.

ISSN 0102-8464.

1. Educação Física - Periódicos. 2. Desportos. 3. Psicologia. 4. Aptidão Física. 5. Medidas e Avaliação. 6. Saúde e Pesquisa. 7. Fisioterapia - Periódicos. I. Brasil. Exército Brasileiro. CDD 796.05

## EDITORIAL

Coincidentemente, no ano em que a Revista de Educação Física completa 75 anos, acontece, no Rio de Janeiro, em julho, o maior evento esportivo das Américas, os XV Jogos Pan-americanos.

Nossa revista fomentou, ao longo de seus 75 anos, a Educação Física como qualidade de vida, de saúde e como fator preponderante para a melhoria e para o incremento da operacionalidade das Forças Armadas. Além de ser a primeira revista brasileira dedicada à Educação Física, é, hoje, a única totalmente digitalizada desde o seu primeiro número, datado de 1932.

Como Comandante da Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx), berço da Educação Física brasileira, é uma honra e um prazer muito grande poder escrever o editorial desta edição histórica.

O cenário promissor da realização dos Jogos Pan-americanos, no Brasil, tem uma parcela considerável de responsabilidade do “Calção Preto”, como carinhosamente é conhecido o graduado pela EsEFEx, por sua dedicação ao ensino, à pesquisa, à consolidação de uma doutrina brasileira, enfim, à Educação Física.

A participação do “Calção Preto” na história da Revista de Educação Física e dos Jogos Pan-americanos é facilmente constatada quando são citados nomes como: Adhemar Ferreira, João do Pulo, Sylvio Padilha, Cláudio Coutinho, Maria Lenk, entre tantos outros.

Nomes que, por si só, já são suficientes para ratificar a grande responsabilidade de todos nós, integrantes do complexo da Fortaleza de São João, que trabalhamos em prol da Educação Física: Diretoria de Pesquisa e Estudos de Pessoal (DPEP), EsEFEx, Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCEx), Comissão de Desportos do Exército (CDE) e Bateria Estácio de Sá.

Os 75 anos desta Revista e a realização dos XV Jogos Pan-americanos também exigirão uma nova visão dos conceitos de administração desportiva, de organização de eventos esportivos, do incremento do uso da tecnologia como apoio ao treinamento e à pesquisa, de medidas *antidoping* e do conceito de ética voltado ao desporto e à pesquisa.

Este ano marca, também, para nós, o início de uma nova era, após ingressarmos oficialmente na Rede do Centro de Excelência Nacional do Esporte, confirmando a seriedade com que sempre tratamos os diversos protocolos de avaliação e como encaramos a Educação Física e o desporto de alto rendimento.

Todos nós, integrantes deste esplendoroso complexo da Urca, estamos conscientes da responsabilidade e estamos aptos a encarar os desafios do último quartil para os cem anos desta revista.

Parabéns, “Calção Preto”, pelos 75 anos deste poderoso veículo de difusão do conhecimento científico da Educação Física brasileira.

Boa leitura a todos.

Ten Cel **ANTONIO RUY COSTA JÚNIOR**  
Comandante da Escola de Educação Física do Exército

Artigo Original

## ASPECTOS FISIOLÓGICOS E DE TREINAMENTO DE *MOUNTAIN BIKERS* BRASILEIROS

Vitor Pereira Costa<sup>1</sup>, Fábio Yuzo Nakamura<sup>2</sup>, Fernando Roberto de Oliveira<sup>3</sup>

- 1 - Laboratório de Pesquisa Morfo-Funcional, Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos - Universidade do Estado de Santa Catarina - Florianópolis - SC - Brasil.  
2 - Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento - Universidade Estadual de Londrina - Londrina - PR - Brasil.  
3 - Núcleo de Estudos do Movimento Humano - Universidade Federal de Lavras - Lavras - MG - Brasil.

### Resumo

As decisões sobre estratégias de treinamento requerem o conhecimento sobre as variáveis determinantes da *performance* e das características dos atletas. No *Mountain Bike* (MTB), verifica-se um crescimento do número de atletas e de competições de alto nível, restando a necessidade de uma descrição de variáveis associadas a esta evolução. O objetivo deste estudo foi descrever aspectos fisiológicos, nutricionais e de treinamento desportivo em *mountain bikers* brasileiros. Vinte e nove *mountain bikers* receberam um questionário com perguntas sobre nutrição e treinamento desportivo. Em seguida, foram submetidos a um teste progressivo no ciclo-simulador, com 90 – 110 rpm (rotações por minuto), com carga inicial de 100 W e incremento de 30 W a cada três min, até a exaustão. A frequência cardíaca (FC) foi registrada durante todo o teste.

As características dos participantes revelam que o grupo apresenta os valores de carga máxima aeróbia ( $W_{\text{máx}} 315,6 \pm 34,7$  W) e carga no ponto de deflexão da frequência cardíaca (WPDFC  $258,2 \pm 35,6$  W) inferiores aos atletas da elite internacional no MTB. Muitos atletas não apresentam acompanhamento de profissional habilitado, além de não serem submetidos à avaliação física, o que implica na baixa utilização de variáveis fisiológicas para prescrição e controle do treinamento. 83% utilizam suplementos alimentares sem uma prescrição profissional. Apesar da evolução e da quantidade de informação específica sobre o MTB, os dados obtidos indicam que grande parte dos *mountain bikers* brasileiros continua treinando de forma artística, em discordância com o treinamento desportivo contemporâneo.

**Palavras-chave:** *Mountain Bike*, Treinamento Desportivo, Frequência Cardíaca.

Original Article

### PHYSIOLOGICAL AND TRAINING ASPECTS OF BRAZILIAN MOUNTAIN BIKERS

### Abstract

The decision about training strategies require the knowledge of determining variables of performances

and the characteristics of athletes. In Mountain Bike (MTB), it has been checked a growth in the number of athletes and competitions of high level, remaining the necessity of a description of variables associated to this evolution. The goal of this study was to describe physiological, nutritional and training aspects of brazilian mountain bikers. Twenty-nine mountain bikers received a questionnaire about nutrition and sports training. Then, they were submitted to a progressive test in the cycle-simulator, with 90 – 110 rpm (rotations per minute), with an initial charge of

Recebido em 29.05.2006. Aceito em 09.11.2006.



100 W and an increase of 30 W in every three minutes, until they got exhausted. Heart frequencies were registered during the whole test. The characteristics of the participants show that the group presents the numbers for maximum aerobic charge ( $W_{max}$  315,6 + 34,7 W) and charge at the deflection point of the heart frequency (WDPHF 258,2 + 35,6 W) inferior to the international elite athletes of MTB. Many athletes are not advised by professionals; besides, they are not submitted to a physical evaluation, which implies a low utilization of physiological variables to the prescription

and control of trainings. 83% of them make use of food supplements without the help of a professional. In spite of the evolution and the quantity of specific information about MTB, the collected data indicate that a big amount of brazilian mountain bikers keep training artistically, disagreeing with contemporary sports trainings.

**Key words:** Mountain Bike, Sports Training, Heart Frequency.

## INTRODUÇÃO

O *mountain bike* (MTB) é uma expansão das modalidades do ciclismo, sendo as principais competições mundiais organizadas pela União Ciclista Internacional (UCI). Dentre as modalidades disputadas, o *cross-country* (XC) é um dos eventos mais populares. As competições são realizadas em circuito fechado, com trechos estreitos e sinuosos (*single tracks*), e/ou estradas abertas, geralmente com a presença de erosões, pedras, cascalhos, troncos, árvores e travessia em trechos com lama (Pfeiffer e Kronish, 1995). A duração do evento está, em geral, entre duas a três horas para homens e 1h e 45 min a 2 h e 25 min para as mulheres (Baron, 2001), com grande exigência aeróbia e utilização de aproximadamente 90% da frequência cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ) (Impellizzeri et al., 2002). Em nível internacional, o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) destes atletas está acima de 75  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  (Lee et al., 2002; Impellizzeri et al., 2005 b). No conjunto, estes dados sustentam a necessidade de elevada aptidão aeróbia para que o atleta suporte a demanda competitiva durante todo o evento.

No Brasil, dados do Laboratório de Pesquisa Morfo-Funcional - Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos, da Universidade do Estado de Santa Catarina (Costa, 2006) mostram que os atletas de XC são submetidos, quando participam de etapa de Copa do Mundo, a um estresse fisiológico similar ao de atletas profissionais de nível internacional, apesar de disporem de menores valores de  $VO_{2max}$  - 68,6 ± 4,3  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ , bem como sugerem deficiências no treinamento empregado por estes atletas (Costa et

al., 2004). Na literatura nacional sobre XC, existe uma lacuna relativa às características morfofuncionais dos atletas, informações básicas de treinamento e aspectos nutricionais da preparação dos mesmos. A partir desta constatação, o objetivo desse estudo foi descrever algumas características morfofuncionais, nutricionais e de treinamento em *mountain bikers* brasileiros.

## METODOLOGIA

A amostra foi do tipo não probabilística intencional, sendo os atletas acessados a partir de contatos telefônicos. Vinte e nove *mountain bikers*, participantes de campeonatos estaduais, nacionais e internacionais, provenientes da categoria juvenil até sênior, participaram do estudo. Os dados foram obtidos após assinatura do consentimento informado, com metodologia aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado de Santa Catarina (número 017/05 - Florianópolis - Brasil).

Primeiramente, os participantes responderam a um questionário que apresenta perguntas, de múltipla escolha e discursivas, referentes à experiência e ao volume semanal de treinamento, ao acompanhamento e à prescrição por parte de profissionais habilitados sobre aspectos nutricionais e suplementação desportiva. O questionário foi respondido individualmente, em uma sala, sendo que, a qualquer dúvida dos participantes, houve livre consulta ao pesquisador responsável.

Em seguida, foi realizada avaliação antropométrica, com medidas de estatura (estadiômetro - Sanny®), massa corporal (balança eletrônica - Toledo®) e

dobras cutâneas (compasso - Cescorf®). Foram feitas medidas das dobras cutâneas nas regiões do tórax, abdômen e coxa, com percentual de gordura (%G) estimado através da equação de Jackson e Pollock (1978), sendo utilizada a padronização de Lohman et al. (1988). Em conjunto, também foi realizado o somatório de dobras cutâneas ( $\Sigma$  DC).

Posteriormente, os participantes foram submetidos a um teste progressivo, realizado na própria bicicleta do atleta, acoplada a um ciclo-simulador (CompuTrainer™ RacerMate 8000, Seattle WA). Os atletas realizaram aquecimento com duração de oito minutos, com carga de 50 watts (W), para posterior calibração do ciclo-simulador. Durante todo o teste, os atletas mantiveram frequência no pedal entre 90 – 110 rotações por minuto (rpm). A falta de sustentação da cadência do pedal entre estes intervalos foi o critério utilizado para a interrupção do teste.

O teste foi iniciado com carga de 100 W e incrementos de 30 W a cada três minutos, até exaustão. Durante o teste, a relação pé de vela/cassete foi fixada em 44/17 para todos os atletas.

Quando a carga do estágio não foi completada, a carga máxima ( $W_{\text{máx}}$ ) foi determinada segundo o método de Kuipers et al. (1985):

$$W_{\text{máx}} = Pf + (t/180 \times 30)$$

onde: Pf é a carga em W do último estágio, t é o tempo(s) do estágio incompleto, 180 é o tempo(s) proposto para cada carga e 30 W é o valor do incremento das cargas.

A frequência cardíaca (FC) foi monitorada durante todo o teste através de cardio-freqüencímetros Polar® (S610i). O ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) foi identificado pelo método  $D_{\text{máx}}$ , através do emprego de um ajuste polinomial de terceira ordem e determinação de uma reta, utilizando dois pontos para a sua determinação: o primeiro valor superior ou igual a 140 bpm e a  $FC_{\text{máx}}$ . O PDFC foi considerado como o ponto mais distante entre a reta e a curva ajustada (Kara et al., 1996), sendo determinadas a carga e a FC correspondente. A percepção subjetiva de esforço (PSE) foi medida no final de cada estágio a partir da escala razão de 10 pontos de Borg (1982).

Os dados foram descritos em forma de média, desvio padrão e distribuição de frequências (GraphPad Prism® 4.0).

## RESULTADOS

Na TABELA 1, são apresentados os valores descritivos das características dos participantes do estudo.

TABELA 1

### CARACTERÍSTICAS DOS PARTICIPANTES DO ESTUDO.

Variáveis	Média (DP)	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	25,2 ± 7,6	14,0	50,0
Massa corporal (kg)	67,1 ± 5,4	54,8	76,5
Estatura (cm)	175,5 ± 5,5	164,0	187,0
%G	7,2 ± 2,8	3,2	15,0
$\Sigma$ DC (mm)	25,5 ± 7,7	14,4	46,6

n = 29 mountain bikers.

Na TABELA 2, são apresentados os valores descritivos de variáveis máximas e sub-máximas dos participantes do estudo obtidas no teste progressivo.

TABELA 2

### VARIÁVEIS MÁXIMAS E SUB-MÁXIMAS DOS PARTICIPANTES DO ESTUDO.

Variáveis	Média (DP)	Mínimo	Máximo
$FC_{\text{máx}}$ (bpm)	191,0 ± 9,0	171,0	211,0
$W_{\text{máx}}$ (W)	315,6 ± 34,7	250,0	380,0
$W_{\text{máx}}/\text{kg}$ ( $W \cdot \text{kg}^{-1}$ )	4,7 ± 0,4	3,6	5,4
$PSE_{\text{máx}}$	9,0 ± 1,4	6,0	10,0
PDFC (bpm)	169 ± 11	151	190
WPDFC (W)	258,2 ± 35,6	313,0	175,0
PDFC (% $FC_{\text{máx}}$ )	88,3 ± 5,1	77,0	94,1
WPDFC (% $W_{\text{máx}}$ )	82,4 ± 7,2	67,8	93,1

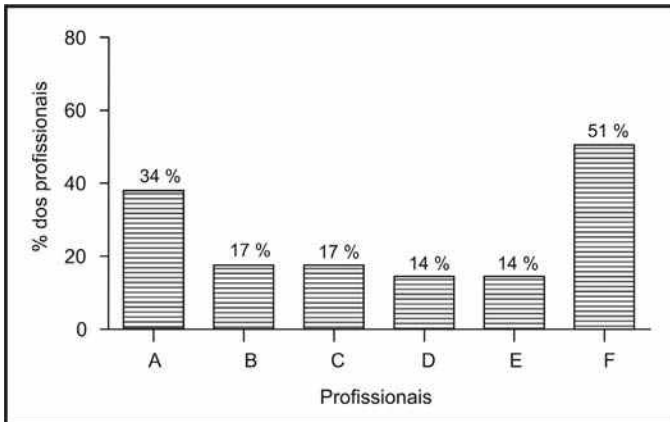
$FC_{\text{máx}}$  (frequência cardíaca máxima),  $W_{\text{máx}}$  (carga máxima),  $W_{\text{máx}}/\text{kg}$  (carga máxima relativa),  $PSE_{\text{máx}}$  (percepção subjetiva de esforço máxima), PDFC (ponto de deflexão da frequência cardíaca), WPDFC (carga no ponto de deflexão da frequência cardíaca), % (percentuais do esforço máximo), n = 29

mountain bikers.

O questionário revelou que 90% dos atletas recebiam algum tipo de apoio ou patrocínio, sendo que 83% já pensaram em abandonar o esporte por falta de incentivo financeiro. No GRÁFICO 1, está a descrição dos profissionais habilitados que auxiliam na preparação física dos atletas.

GRÁFICO 1

DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS PROFISSIONAIS QUE AUXILIAM NA PREPARAÇÃO DOS ATLETAS.



Legenda: A (treinador), B (nutricionista), C (psicólogo), D (massagista), E (fisioterapeuta) e F (nenhum).

Sobre a experiência de treinamento, em média o grupo treina há  $6,4 \pm 4,1$  anos, sendo que 76% dos *mountain bikers* pedalam entre cinco a seis dias semanais. Em adição, 34% pedalam entre seis a 10 horas e 52% entre 10 a 15 horas semanais. Todos os atletas descansam pelo menos um dia na semana. Ao final da temporada, 79% escolhem entre 15 a 30 dias de período de transição.

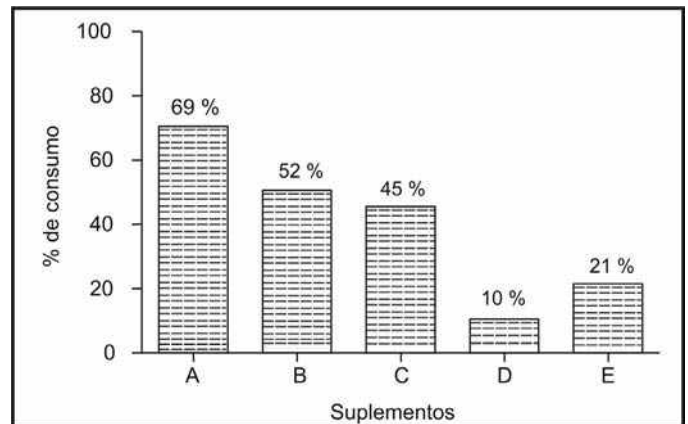
Apenas 34% dos participantes já foram submetidos a avaliações laboratoriais e de campo, sendo que 24% utilizam as variáveis identificadas para o controle do treinamento. Sobre a organização do treinamento, somente 24% utilizam periodização das cargas utilizadas. Sobre o treinamento complementar, 38% realizam alongamentos, 34% musculação, 24% corrida e apenas um sujeito pratica natação. Além disto, 24% praticam dois ou mais exercícios físicos complementares, e 39% apenas praticam MTB.

Em relação à nutrição, 86% dos *mountain bikers* realizam entre quatro a seis refeições diárias, sendo

que 79% se alimentam até uma hora após as sessões diárias de treinamento. Aproximadamente 83% dos atletas ingerem suplementos alimentares (GRÁFICO 2). Apenas 14% não ingerem nenhum suplemento, enquanto 62% utilizam dois ou mais suplementos alimentares.

GRÁFICO 2

DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE SUPLEMENTOS ALIMENTARES CONSUMIDOS PELOS MOUNTAIN BIKERS.



Legenda: A (carboidratos), B (aminoácidos), C (vitaminas e sais minerais), D (creatina) e E (outros).

## DISCUSSÃO

As características dos atletas indicam que o grupo apresenta reduzida massa corporal. Estes achados estão de acordo com a literatura, que registra valores de  $67,0 \pm 6,1$  e  $66,4 \pm 5,7$  kg (Costa et al., 2005; Impellizzeri et al., 2005 b). Em adição, o baixo percentual de gordura estimado, a despeito das diferentes técnicas utilizadas de uma forma geral, também é semelhante ao reportado em outros estudos (Lee et al., 2002; Costa et al., 2005). As características morfológicas encontradas nestes atletas representam informações que podem auxiliar no desempenho, pois os parâmetros fisiológicos são frequentemente normalizados em relação à massa corporal (Lee et al., 2002).

Impellizzeri et al. (2005a,b) afirmam que os fatores mais importantes que afetam o desempenho nas competições de XC são os indicadores de potência e capacidade aeróbia, ambos normalizados pela massa



corporal. Segundo os autores, as fortes correlações encontradas podem ser explicadas pelas repetidas subidas encontradas nos circuitos. Lee et al. (2002) compararam as características morfo-fisiológicas entre ciclistas e *mountain bikers*, sendo que os valores foram significativamente maiores para o grupo de *mountain bikers* quando os parâmetros foram expressos relativos à massa corporal. Assim, percebe-se que o peso corporal, associado ao reduzido %G, constitui condição relevante para os atletas que buscam aprimorar seu desempenho no XC.

Em relação às variáveis máximas, o grupo de atletas avaliados pelo teste progressivo apresenta nível funcional ( $W_{máx} - 315,6 \pm 34,7 W$ ) inferior em relação ao reportado na literatura internacional para atletas de calibre internacional. Lee et al. (2002) avaliaram um grupo de *mountain bikers* profissionais australianos, verificando valores de  $413 \pm 36 W$  na  $W_{máx}$ . O protocolo utilizado empregou incrementos de 50 W a cada cinco minutos. Lucia et al. (2001) sugerem que ciclistas profissionais atingem a  $W_{máx}$  mais elevada em protocolo com incremento de carga e estágios reduzidos. Neste sentido, fica evidente a discrepância de aptidão entre os atletas brasileiros, neste estudo investigados, em relação aos apresentados por Lee et al. (2002).

Quando a  $W_{máx}$  foi normalizada por alometria, percebe-se novamente que os valores são inferiores ( $4,7 \pm 0,4 W.kg^{-1}$ ) aos atletas da elite internacional. Wilber et al. (1997) avaliaram atletas de XC norte-americanos que se destacam em competições da Copa do Mundo, sendo que os valores encontrados são de  $5,9 \pm 0,3 W.kg^{-1}$ . Impellizzeri et al. (2005 b) investigaram *mountain bikers* italianos que disputam os principais campeonatos internacionais, sendo que os valores estão próximos a  $6,4 \pm 0,6 W.kg^{-1}$ . Desta forma, percebe-se que a potência relativa imprimida pelos atletas brasileiros, aqui investigados, é reduzida.

A variável sub-máxima investigada foi o PDFC, que, normalmente, é referenciado como um indicador de capacidade aeróbia (Kara et al., 1996; Boadner e Rhodes, 2000), como método alternativo e não-invasivo para a estimativa do segundo limiar de transição metabólica (LTM2) (Ribeiro et al., 1985). Neste sentido, os valores percentuais encontrados no PDFC são ligeiramente inferiores aos verificados no segundo limiar de lactato em atletas internacionais,

sendo de  $93,3 \pm 1,5\%$  (Impellizzeri et al., 2002). Por outro lado, Lee et al. (2002) utilizaram o método  $D_{máx}$  modificado para identificação de LTM2 na curva de lactato sanguíneo, sendo que o valor percentual em relação a  $W_{máx}$  foi semelhante ao encontrado no presente estudo ( $82 \pm 4 \%$ ).

Apesar dos percentuais de intensidade do PDFC e da WPDFC serem, de uma forma geral, semelhantes aos reportados em outros estudos, os valores absolutos e relativos à massa corporal são significativamente inferiores aos de atletas internacionais. Em alguns casos, verifica-se que a carga alcançada no LTM2 é mais elevada que a  $W_{máx}$  atingida pelos atletas brasileiros (Wilber et al., 1997; Lee et al., 2002; Impellizzeri et al., 2005 a,b). Dessa forma, percebe-se que o nível de aptidão aeróbia dos *mountain bikers* brasileiros, ora analisados, está inferior aos de profissionais americanos, europeus e australianos.

Em relação ao questionário avaliado, verifica-se que 51% dos atletas não recebem algum tipo de acompanhamento de um profissional habilitado na área esportiva. Os resultados indicam escassa participação de técnicos, de nutricionistas, de psicólogos e de outros profissionais, no processo pedagógico de treinamento. Apesar da reduzida orientação, o grupo de atletas pode ser caracterizado como experiente, dado o tempo de prática dos mesmos ( $6,4 \pm 4,1$  anos). Além disso, grande parte pedala acima de cinco dias, entre 10 a 15 horas por semana, e realiza algum tipo de treinamento complementar, o que se enquadra dentro do esperado para estes atletas. Em adição, poucos foram submetidos a algum tipo de avaliação e poucos utilizam variáveis fisiológicas para o controle das sessões de treinamento (24%). Dessa forma, percebe-se que grande parte da programação do treinamento realizada ao longo dos anos foi efetuada sem a detecção de variáveis determinantes de *performance*, em oposição aos modernos métodos de treinamento apresentados para modalidades esportivas com características similares.

Em recente estudo, Costa et al. (2004) avaliaram, por meio de questionário, aspectos nutricionais e de treinamento de 50 *mountain bikers* que competiram em diferentes categorias na "Volta de Santa Catarina". Os dados obtidos, em grande parte, corroboram com nosso estudo atual, sugerindo que muitos atletas treinam de forma não orientada, a despeito das informações científicas disponíveis na atualidade.

No presente estudo, apesar de apenas 17% dos participantes relatarem o acompanhamento de um nutricionista, muitos utilizam suplementos nutricionais como recurso ergogênico durante a temporada de treinamento e/ou competições. Percebe-se a predominância na utilização de carboidratos, sendo que muitos também utilizam aminoácidos e complexos vitamínicos com sais minerais. Cramp et al. (2004) investigaram o efeito da ingestão prévia de carboidratos no desempenho de praticantes de MTB em simulação laboratorial. Os resultados sugerem que a ingestão de 3.0 g.kg<sup>-1</sup> de massa corporal, três horas antes de 93 min de MTB não apresenta diferença significativa em relação à ingestão de 1.0 g.kg<sup>-1</sup> de massa corporal. No entanto, o ganho de apenas 3% no desempenho pode ser significativo durante uma competição de XC. O MTB requer uma alta demanda da potência aeróbia, dada pela alta porcentagem da FC<sub>máx</sub> durante as provas, o que suporta a idéia de uma participação predominante de carboidratos e fadiga associada a esta depleção, justificando o empenho em suplementação adicional de carboidratos nos mais diversos períodos de treinamento e competição.

A falta de conhecimento específico sobre a correta ingestão de nutrientes necessária aos *mountain bikers*, pode explicar, em parte, a utilização de diferentes tipos de substâncias. Foi, também, descrita a utilização de aminoácidos (52%) e de creatina (10%). A participação de aminoácidos como substrato energético, apesar de ser proporcionalmente pequena, ocorre em atividades de longa duração (Brooks, 1987). Em adição, pouco se conhece sobre a participação dos diferentes aminoácidos na reestruturação das fibras musculares pós-treinamento aeróbio, apesar de serem verificados ganhos em hipertrofia pós-treinamento de força (Tipton et al., 1999), sendo, talvez, uma das justificativas para a sua utilização pelos atletas de XC.

Muito se discute sobre a utilização de creatina

em atividades de potência e capacidade anaeróbia. No entanto, pouco se conhece sobre os benefícios em modalidades predominantemente aeróbias de longa duração como no XC. Volek e Rawson (2004) apresentam as bases científicas e os aspectos práticos para a suplementação de creatina em atletas. Verifica-se que os estudos são controversos em relação aos ganhos de *performance*, explicados em parte pelo aumento da massa corporal. No entanto, pelas características das provas de XC, com trechos de subidas e descidas, resta a necessidade da verificação se os possíveis ganhos fisiológicos do emprego da creatina suplantam as possíveis perdas provocadas pelos ganhos de massa corporal envolvidos nesta suplementação.

## CONCLUSÕES

Foi demonstrado que alguns indicadores fisiológicos máximos e sub-máximos de *mountain bikers* brasileiros apresentam valores absolutos e relativos reduzidos em comparação à elite internacional. Em adição, grande parte dos atletas não apresenta orientação específica de profissionais habilitados, como treinadores especializados e nutricionistas, com possíveis perdas na qualidade do treinamento empregado. Estes achados podem explicar parte da desigualdade de nível competitivo dos nossos atletas com relação aos *mountain bikers* de nível internacional.

### Endereço para correspondência:

Vitor Pereira Costa  
Laboratório de Pesquisa Morfo-Funcional  
Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos  
Universidade do Estado de Santa Catarina  
Rua Pascoal Simone, nº 358 - Coqueiros  
Florianópolis - SC - Brasil - CEP 88080-350  
e-mail: costavp@nextwave.com.br

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARON R. Aerobic and anaerobic power characteristics of off-road cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 1387-93.

BOADNER ME, RHODES EC. A review of the concept of the heart rate deflection point. *Sports Med* 2000; 30(1): 31-46.

- BORG GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise* 1982; 14: 377-81.
- BROOKS GA. Amino acid and protein metabolism during exercise and recovery. *Med Sci Sports Exerc* 1987; 19: S150-6.
- COSTA VP, FERNANDES TC, ADAMI F, DELLA-GIUSTINA M, DE-OLIVEIRA FR. Aspectos nutricionais e de treinamento de mountain bikers brasileiros. *Revista Brasileira Ciência e Movimento* 2004; 12: 270.
- COSTA VP, FERNANDES TC, ADAMI F, CARMINATTI LJ, LIMA-SILVA AE, DE-OLIVEIRA FR. Ponto de inflexão como estimativa dos limiares de lactato em mountain bikers. *Anais do I Encontro Mineiro de Fisiologia do Exercício*. Juiz de Fora: UFJF, 2005.
- COSTA VP. Variáveis fisiológicas determinantes de performance em mountain bikers. Dissertação de Mestrado em Ciência do Movimento Humano. Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos. Universidade do Estado de Santa Catarina: Florianópolis, 2006.
- CRAMP T, BROAD E, MARTIN D, MEYER BJ. Effects of preexercise carbohydrate ingestion on mountain bike performance. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 1602-09.
- IMPELLIZZERI FM, MARCORA SM, RAMPININI E, MOGNONI P, SASSI A. Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. *Br J Sports Med* 2005 b; 39: 747-51.
- IMPELLIZZERI FM, RAMPININI E, SASSI A, MOGNONI P, MARCORA S. Physiological correlates to off-road cycling performance. *J Sports Sci* 2005 a; 23: 41-7.
- IMPELLIZZERI FM, SASSI A, RODRIGUEZ-ALONZO M, MOGNONI P, MARCORA S. Exercise intensity during off-road cycling competitions. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 1808-13.
- JACKSON AL, POLLOCK ML. Generalized equations for prediction body density of men. *Br J Nutr* 1978; 40: 497-504.
- KARA M, GÖKBEL H, BEDIZ C, ERGENE N, ÜÇÖK K, UYSAL H. Determination of the heart rate deflexion point by the D<sub>max</sub> method. *J Sports Med Phys Fitness* 1996; 36: 31-4.
- KUIPERS H, KEIZER HA, DE VRIES T, VAN RIJTHOVEN P, WIJTS M. Comparison of heart rate as a noninvasive determinant of anaerobic threshold with the lactate threshold when cycling. *Eur J Appl Physiol* 1988; 58: 303-6.
- LEE H, MARTIN DT, ANSON JM, GRUNDY D, HAHN AG. Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *J Sports Sci* 2002; 20: 1001-8.
- LOHMAN TG, ROCHE AF, MATORELL R. Anthropometric standardization reference manual. Champaign: Human Kinetics, 1988.
- LUCIA A, HOYOS J, CHICHARRO J. Physiology of professional road cycling. *Sports Med* 2001; 31 (7): 325-37.
- PFEIFFER RP, KRONISH RL. Off-road cycling injuries: an overview. *Sports Med* 1995; 19 (5): 311-25.
- RIBEIRO JP, FIELDING RA, HUGHES V, BLACK A, BOCHESE MA, KNUTTGEN HG. Heart rate break point may coincide with the anaerobic and not the aerobic threshold. *Int J Sports Med* 1985; 6: 220-4.
- TIPTON KD, FERRANDO AA, PHILLIPS SM, DOYLE DJR, WOLFE RR. Post exercise protein net synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am J Physiol End Met* 1999; 276: E628-34.
- VOLEK JS, RAWSON ES. Scientific basis and practical aspects of creatine supplementation for athletes. *Nutr* 2004; 20: 609-14.
- WILBER RL, ZAWADZI KM, KEARNEY JT, SHANNON MP, DISALVO D. Physiological profiles of elite off-road



Artigo Original

## COMPARAÇÃO DOS TESTES DE COOPER E DA UNIVERSIDADE DE MONTREAL COM O TESTE DE MEDIDA DIRETA DE CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO

Leonardo Maurmann Speck<sup>1</sup>, Hélio Gonçalves Chagas de Macedo<sup>1</sup>, Guilherme Bottrel Carvalho<sup>1</sup>, Sylvio R. Nunes Neto<sup>1</sup>, Antonio C. da Silva Barbosa Jr<sup>1</sup>, Wilmar Marcongine Forquim Jr<sup>1</sup>, Thiago Rodrigues Alves<sup>1</sup>, Jose Luiz Andrade Jr<sup>1</sup>, André Valentim Siqueira Rodrigues<sup>2</sup>.

1 - Escola de Educação Física do Exército - Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

2 - Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército - Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

### Resumo

O  $VO_{2máx}$  é parte fundamental da aptidão física e um excelente indicador da saúde cardiovascular de um indivíduo. Sua medida, porém, é de difícil realização pelo alto custo do equipamento e pela dificuldade do teste ser aplicado em grandes efetivos. Daí a existência de protocolos de campo que o avaliam indiretamente, tais como o Teste de Cooper (TC) e o Teste da Universidade de Montreal (TUM). O objetivo deste estudo foi comparar e correlacionar o  $VO_{2máx}$ , medido diretamente em laboratório, com o estimado por meio dos testes de Cooper e da Universidade de Montreal. Foram avaliados 29 homens, voluntários para a pesquisa, fisicamente ativos, com idades entre 23 e 29 anos. Os testes foram realizados dentro de um período de 40 dias e na seguinte ordem: 1) avaliação do  $VO_{2máx}$  através do TC, realizado em pista de atletismo; 2) medida direta do  $VO_{2máx}$  realizado no laboratório em esteira, utilizando o protocolo de rampa; e 3) avaliação do  $VO_{2máx}$  através do TUM. Houve um intervalo superior a uma semana entre os testes e, nas 48 horas precedentes aos mesmos, houve a orientação para a não realização de atividades físicas. Durante as três avaliações,

Recebido em 11.11.2006. Aceito em 17.01.2007.

a frequência cardíaca foi monitorada, a fim de se comprovar o esforço máximo de cada indivíduo. Foram obtidos os seguintes resultados (média  $\pm$  desvio padrão) de  $VO_{2máx}$ : em laboratório,  $49,97 \pm 4,18$   $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ; no TC,  $57,30 \pm 4,20$   $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ; no TUM,  $59,6 \pm 4,11$   $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . Através da ANOVA *one way* e o *post hoc* de Tukey, foram verificadas diferenças significativas entre os testes de campo e o laboratorial ( $p=0,000$ ), mas não houve diferença entre os testes de campo ( $p=0,096$ ). Foi, ainda, verificado que a correlação de Pearson entre TC e a medida direta foi  $r = 0,548$ , com  $p = 0,002$  e entre o TUM e o consumo direto foi  $r = 0,618$  com  $p=0,000$ . Para a amostra em questão, os resultados indicaram diferenças significativas entre os testes de campo e o de laboratório. As correlações entre os testes de campo e o de laboratório, apesar de significativas, apresentaram-se abaixo do que os artigos originais sugerem. Recomenda-se que sejam realizados estudos mais amplos, com uma amostra maior e mais heterogênea no que diz respeito à idade, ao gênero e, principalmente, à condição física, a fim de verificar a aplicabilidade de ambos os testes.

**Palavras-chave:** Aptidão Física,  $VO_{2máx}$ , Teste de Cooper, Teste da Universidade de Montreal.

Original Article

## COMPARISON OF TESTS OF COOPER AND THE UNIVERSITY OF MONTREAL WITH THE DIRECT MEASUREMENT TEST OF OXYGEN CONSUME

### Abstract

The  $VO_{2max}$  is a fundamental part of physical aptitude and an excellent indicator of cardiovascular health of an individual. Its measurement, however, is of difficult realization for the high costs of equipments and also for the difficulty of the test to be applied in big groups. Thus, we have the existence of protocols of field that evaluate it indirectly like the Test of Cooper (TC) and the Test of the University of Montreal (TUM). This study aims to compare and correlate the  $VO_{2max}$ , measured directly at a laboratory, with the estimated by means of tests of Cooper and the University of Montreal. Twenty-nine men were evaluated, volunteers to the research, physically active, aging between 23 and 29. The tests were done within a period of 40 days, in the following order: 1) evaluation of  $VO_{2max}$  through the TC, realized in the tracks - track and field; 2) direct measure of  $VO_{2max}$  realized on the belt conveyor in the laboratory, using the ramp protocol; and 3) evaluation of  $VO_{2max}$  through the TUM. There was a break for more than a week between tests and,

in the 48 hours before the tests, the volunteers were told not to have any kind of physical activity. During three evaluations, the heart frequency was monitored in order to prove the maximum effort of each individual. The following results of  $VO_{2max}$  were taken (average  $\pm$  standard deviation): at a laboratory,  $49,97 \pm 4,18 \text{ mlO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ; in the TC,  $57,30 \pm 4,20 \text{ mlO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ; in the TUM,  $59,6 \pm 4,11 \text{ mlO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Through the ANOVA one way and the post hoc of Tukey, significant differences between the tests of field and the laboratory ones were checked ( $p=0,000$ ), but there was no difference between the field tests ( $p=0,096$ ). It was still checked that the Pearson correlation between the TC and the direct measurement was  $r = 0,548$ , with  $p = 0,002$  and between the TUM and the direct consume was  $r = 0,618$  with  $p = 0,000$ . To the referred sample, the results indicated significant differences between field tests and the laboratory ones. The correlations between field tests and the lab ones, although significant, presented lower results than what the original articles suggest. It is recommended that more in-depth studies be realized, with a bigger and more heterogeneous sample taking into account age, genre and mainly the physical condition, in order to verify the applicableness of both tests.

**Key words:** Physical Aptitude,  $VO_{2max}$ , Test of Cooper, Test of the University of Montreal.

## INTRODUÇÃO

Os testes cardiorrespiratórios, quer sejam de laboratório ou de campo, são utilizados na mensuração do  $VO_{2max}$ , sendo importantes no planejamento do treinamento esportivo, no diagnóstico e na promoção da saúde pública. Além disso, estes testes são utilizados como componentes em baterias de avaliação física de acordo com propostas de diferentes instituições (ACSM, 2006; Brasil, 2005).

O  $VO_{2max}$  é aceito como o melhor instrumento verificador do limite funcional da capacidade do sistema cardiovascular (Basset e Howley, 2000) e, também, é excelente indicador de morbidade e de mortalidade (Myers, 2002; Blair, 2002). Cada pessoa tem uma possibilidade máxima para aproveitar

o oxigênio, sendo esta possibilidade limitada por fatores genéticos. No entanto, a maioria dos seres humanos, habitualmente, se encontra bem abaixo de seus limites. O treinamento permite que se consiga aproximar deles (Moreira, 1996).

A medida direta do consumo de oxigênio, durante um teste de exercício máximo, fornece a avaliação mais precisa da potência aeróbia máxima, sendo utilizada como referência frente a vários testes de campo. Seus custos, entretanto, são elevados devido à alta qualificação dos profissionais necessários para a sua realização e à avançada tecnologia dos meios, tornando sua aplicação inviável ou improvável para grandes populações. Por essas razões, métodos indiretos são aplicados para suplantar os óbices dos diretos,

sem que haja erro significativo na quantificação do  $VO_{2máx}$  apurado (Léger e Boucher, 1980).

Vários fisiologistas defendem a realização dos testes diretos como imprescindíveis para uma avaliação de um atleta visando a prescrição de um treinamento. Sem desmerecer a importância dos estudos de laboratório como ferramentas essenciais para a pesquisa científica no desporto, o princípio da especificidade do treinamento desportivo alerta para o fato de que um ergoespirômetro não simula, em todas as suas variáveis, os desníveis do terreno ou a influência da temperatura ambiente que serão encontrados no local da prova.

O  $VO_{2máx}$  de um atleta é fator determinante de sua capacidade de desempenho em provas com duração entre quatro e 15 minutos. Não é à toa que atletas de meio fundo costumam apresentar os maiores consumos máximos de oxigênio, seguidos de perto pelos fundistas, obrigados a combinar um elevado  $VO_{2máx}$  com uma alta resistência aeróbia (Moreira, 1996).

## OBJETIVO

Comparar os resultados de  $VO_{2máx}$  obtidos entre dois testes de campo, a saber: o Teste de 12 min (Cooper, 1968) e o Teste da Universidade de Montreal (Léger e Boucher, 1980), com os obtidos diretamente por meio do ergoespirômetro em protocolo de rampa (Myers e Bellin, 2000), na esteira.

## METODOLOGIA

### Amostra

O universo do presente estudo foi formado por 29 militares, voluntários, do sexo masculino, estudantes da Escola de Educação Física do Exército, assim caracterizados (média  $\pm$  desvio-padrão): idade de  $26,3 \pm 2,3$  anos; peso corporal de  $71,4 \pm 11,4$  Kg; estatura de  $179 \pm 20,8$  cm; Índice de Massa Corpórea (IMC) de  $24,72 \pm 3,95$   $kg \cdot m^{-2}$ ; e Somatório de Quatro Dobras (Tricipital:  $9,3 \pm 8,7$ ; Subescapular:  $11,7 \pm 9,3$ ; Supra-espinhal:  $10,2 \pm 4,8$ ; Panturrilha:  $8,3 \pm 3,7$ ) de  $39,5 \pm 26,5$  mm. Todos os participantes eram fisicamente ativos (ACSM, 2006). Suas atividades físicas tinham, em média, uma frequência semanal de três sessões, com duração de 45 minutos cada.

Foi critério de inclusão no estudo o diagnóstico médico favorável para a realização de esforço físico, bem como a realização de exercícios periódicos de corrida, em uma frequência mínima de três vezes por semana. Foram considerados critérios de exclusão: a impossibilidade dos indivíduos de realizarem os testes, decorrentes de enfermidades e lesões, assim como a não realização de atividades físicas regulares.

Anteriormente ao início do estudo, todos os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, sendo obedecidas todas as normas éticas de pesquisas com seres humanos (Lei nº196/96 do Conselho Nacional de Saúde).

## Instrumentos

A massa corpórea e a estatura foram medidas utilizando-se uma balança de marca Filizola, modelo Star, com precisão de cinco gramas, e um estadiômetro profissional de parede, marca Sanny, com precisão de 1 mm. Nos testes de Cooper, medida direta (ergoespirômetro) e de Léger-Boucher (Teste da Universidade de Montreal) foram utilizados monitores de frequência cardíaca da marca Polar, modelos S-610 e S-710. Especificamente, para a realização do Teste de Medida Direta, foi utilizada uma esteira multiprogramável, fabricada pela Inbramed, modelo super ATL, e um analisador de gases Medical Graphics, modelo CPX – D.

## Procedimentos

A massa corporal foi medida com os sujeitos descalços, no centro da balança, trajando apenas sunga. A estatura foi mensurada através de um estadiômetro, colocando-se os avaliados de costas para a escala da balança, na posição ereta, com afastamento lateral dos pés, estando a plataforma entre os mesmos. Em seguida, o sujeito foi posto sobre e no centro da plataforma, ereto e com o olhar em um ponto fixo à sua frente (Lohman, Roche e Martorell, 1988).

Objetivando uma coleta de dados, nos testes de campo e esteira, a mais fidedigna possível, os avaliados eram aconselhados a chegar ao local de avaliação com antecedência; estabelecer um intervalo mínimo de duas horas entre a última refeição



e a realização do teste; ter uma noite com seis a oito horas de sono; evitar o uso de sedativos; evitar fumar pelo menos quatro horas antes da realização do teste; evitar qualquer tipo de atividade física no dia do teste; realizar uma atividade física moderada na véspera do mesmo; providenciar vestimenta adequada: camiseta, short e tênis; e comunicar qualquer tipo de alteração no estado de saúde ocorrida nas vinte e quatro horas que antecedem o teste.

### Testes de campo (indiretos)

Na primeira bateria de testes (Teste de Cooper), realizada com temperatura de 24,4°C e umidade do ar (URA) de 75% ± 3%, utilizando camiseta sem mangas, calção de nylon, meias e tênis apropriado para a corrida, os avaliados foram dispostos em uma pista de atletismo de 400m, na marca de chegada dos cem metros rasos, onde dispuseram, então, de 10 min entre alongamento e aquecimento. Ao término deste período, preparavam-se para a largada e, através de um silvo de apito, era dado início à corrida. Ao término dos 12 min, era realizado um silvo de alta intensidade para que os participantes parassem no local onde estivessem. Os controladores, de posse de prancheta e cartões de registradores, apontavam os valores correspondentes às distâncias percorridas.

A segunda bateria de testes (Teste da Universidade de Montreal) foi realizada com a mesma vestimenta da anterior, temperatura 23°C e URA de 70%. A amostra considerada realizou o referido teste, que consiste em acompanhar progressivamente a performance do avaliado através de sua corrida em uma pista de atletismo de 400m, construída em terreno plano, marcada por cones de 50 em 50 metros e incrementos de velocidade de 1 MET a cada 2 minutos. O critério de interrupção do teste implica no indivíduo não conseguir alcançar três cones sucessivos no tempo correspondente. O aplicador se colocou ao centro do campo de futebol, enquanto os controladores de posto, de posse de prancheta e cartão de registrador, procediam à marcação dos níveis de estágios dos seus respectivos avaliados.

### Teste de medida direta

Na terceira bateria de testes (ergoespirômetro), as condições laboratoriais eram: temperatura de

21 a 23°C e URA de 55 a 65% (*American Thoracic Society/American College of Chest Physicians*, 2003). Os avaliados chegaram ao laboratório 30 min antes do início do teste a fim de tomarem as providências necessárias à realização do mesmo: alongamento, aquecimento, colocação do freqüencímetro, mensuração do peso e da altura, bem como recebimento de instruções para a execução.

O protocolo utilizado foi o de rampa (Myers e Bellin, 2000), cujos parâmetros utilizados para a preparação da esteira estiveram de acordo com a anamnese feita com cada indivíduo. Todos os testes duraram entre oito e 12 minutos, sendo critério para a interrupção a manifestação de exaustão voluntária do indivíduo. Em todos os testes, foram obedecidos os critérios que o consideraram máximos ( $RER \geq 1,1$  e  $FC_{m\acute{a}x} \geq$  que 95% da predita para a idade).

Os testes foram realizados na seguinte seqüência: Teste de Cooper, Teste no ergoespirômetro e Teste da Universidade de Montreal. O intervalo mínimo entre cada teste foi de dois dias e o intervalo máximo foi de cinco dias. A duração total da coleta foi de 22 dias.

### Análise estatística

Para a análise dos resultados, foi feito um teste de ANOVA *one way* e o *post hoc* de Tukey para comparar os resultados dos três testes. Para verificar a correlação entre os testes de medida indireta com o teste de medida direta, foi utilizada a correlação de Pearson. O *software* utilizado foi o SPSS 14.0 e toda a estatística foi feita utilizando-se um  $\alpha = 0,05$ .

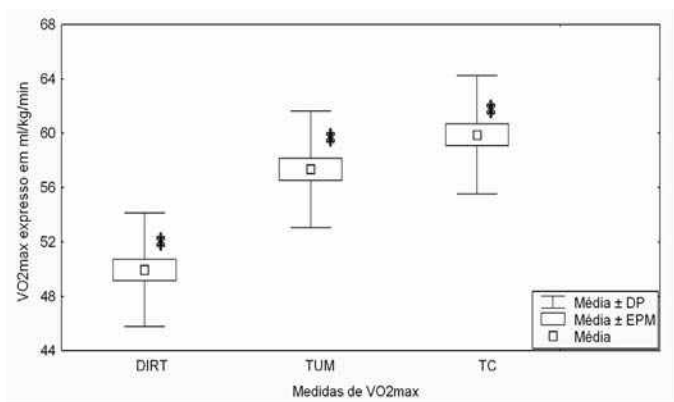
## RESULTADOS

No que diz respeito ao  $VO_{2m\acute{a}x}$  medido diretamente em laboratório, com o estimado por meio dos Testes de Cooper e da Universidade de Montreal, foram obtidos os seguintes resultados (média+desvio padrão): em laboratório, 49,97±4,18 mlO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>; no TUM, 57,30±4,20 mlO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> e no TC, 59,6±4,11 mlO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. Com base na observação do GRÁFICO 1 (resultados observados de  $VO_{2m\acute{a}x}$  nos testes), a ANOVA *one way* e o *post hoc* de Tukey revelaram diferenças significativas entre os testes de campo e o laboratorial ( $p=0,000$ ), mas não houve diferença entre os testes de campo ( $p=0,096$ ). Com a aplicação da correlação de Pearson, foi verificado que a correlação

entre TC e a medida direta foi  $r=0,548$ , com  $p=0,002$  e, entre o TUM e o consumo direto, foi igual a  $r=0,618$  com  $p=0,000$ .

### GRÁFICO 1

#### COMPARAÇÃO ENTRE $VO_{2máx}$ MEDIDO DIRETAMENTE E ESTIMADO ATRAVÉS DE TUM E DO TC.



\* Diferença significativa ( $p=0,000$ ) entre os testes de campo e o de medida direta.

### DISCUSSÃO

O presente estudo objetivou comparar os resultados da mensuração direta do  $VO_{2máx}$ , através da medida direta e por meio de dois protocolos indiretos: o Teste de Cooper (TC) e o Teste da Universidade de Montreal (TUM). As correlações entre os testes mostraram-se significativas,  $p \leq 0,05$ , mas inferiores às obtidas quando da validação dos respectivos testes (Cooper, 1968; Legér e Boucher, 1980). Além disso, houve diferença significativa entre os testes de campo e os laboratoriais, com este apresentando resultados inferiores àqueles.

Apesar das limitações do estudo, sendo uma delas a amostra utilizada ser composta por indivíduos fisicamente ativos e possuidores de  $VO_{2máx}$  elevado, os resultados encontrados colocam em dúvida a aplicação de ambos os testes, uma vez que os testes de campo superestimaram o consumo máximo de oxigênio em quase 20%.

Sob este aspecto, há que se considerar o fato de que a aparelhagem utilizada para a medida direta foi um equipamento CPX-D, da Medical Graphics, que,

segundo Gore, Clark, Shipp, Van Der Ploeg e Withers (2003), subestima o consumo máximo de oxigênio em até 11%. Isto explicaria a maior parte da variabilidade apresentada nos resultados encontrados. O consumo de oxigênio, medido diretamente, apresentou como resultado quase  $50 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  e, se acrescido de 11%, seriam  $55,5 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , bastante parecido com os resultados encontrados no TC e no TUM.

Outra limitação foi o intervalo de tempo da realização dos testes (22 dias), talvez demasiadamente extenso e capaz de refletir em alterações do condicionamento físico dos avaliados. Para minimizar esta limitação, foi realizado um novo Teste de Cooper controle, após a coleta de dados dos testes de campo e do teste de medida direta, sendo constatado, através da realização de um Teste t pareado entre os resultados obtidos em ambos os TC, que não houve diferença significativa entre os testes ( $p = 0,274$ ), o que minimizaria, ou até mesmo evitaria, esta limitação, constatando-se que não houve mudança no condicionamento dos indivíduos.

O TUM apresentou maior correlação com a medida direta de oxigênio do que o Teste de Cooper. Uma explicação para o fato passa pelo princípio da especificidade e pela semelhança que o protocolo de rampa (Myers e Bellin, 2000) guarda com o TUM, uma vez que ambos possuem um incremento progressivo de esforço, ao passo que o TC é, em tese, realizado a uma velocidade mais ou menos constante.

Quando comparados com Grant, Corbett, Amjad, Wilson e Aitchison (1995), os resultados encontrados no presente estudo apresentam a característica de superestimar o  $VO_{2máx}$  mensurado pelo Teste de Cooper com sujeitos fisicamente ativos. Tal fato se explica, em parte, pelo fato dos cálculos utilizados por Cooper, quando da validação do Teste de 12 min, abarcarem uma população maior e mais heterogênea. Logo, a realização do Teste de Cooper por indivíduos possuidores de  $VO_{2máx}$  superiores ao valor médio da população deslocaria a curva normal para a direita, proporcionando valores acima do teste padrão, mas coerentes com o proposto por Cooper (1968).

No entanto, nos achados por Grant et al. (1995), a correlação com o Teste de Cooper apresentou uma correlação de 0,92, enquanto o presente trabalho apresentou um "r" de 0,548. Além dos fatores já expostos, outras possíveis causas que influenciaram os resultados decorrem da eficiência mecânica, das

diferentes especificidades do público que realizou os testes e da motivação da amostra.

O público de melhor eficiência mecânica tende a apresentar melhor desempenho nos testes de campo, com este valor sendo em torno de 15% (Morgan, Martin, Krahenbuhl e Baldini, 1991). Além disso, na esteira, não é a ação do indivíduo que o leva para frente, mas a do equipamento, que apenas simula a atividade. Apesar dos estudos apresentarem populações de idade e  $VO_{2máx}$  semelhantes, a amostra ora empregada é habituada a treinar e a realizar o teste de 12 min. Já os indivíduos que colaboraram com Grant praticavam esporte acíclico: futebol de salão. Logo, para uma mesma mensuração de  $VO_{2máx}$  entre os diferentes grupos, há uma tendência de melhor desempenho, por meio do princípio de especificidade e da eficiência mecânica, dos indivíduos do presente estudo.

Por fim, um fator de difícil mensuração é o grau de motivação, que pode influenciar na mensuração do  $VO_{2máx}$ . Para os indivíduos que participaram do presente estudo, o teste de 12 min a que foram submetidos, além de compor este trabalho, constituía parte integrante da avaliação física militar, imprescindível na valorização e ascensão profissional. Talvez, os indivíduos que realizaram o teste com Grant apresentassem menor grau de motivação, uma vez que não se pode precisar que juízo de valor foi atribuído ao teste de 12 min para este grupo. Além disso, durante a realização dos três testes, foi monitorada a frequência cardíaca dos sujeitos e não houve diferença significativa entre os testes com relação a esta variável, indicando que o esforço deve ter sido o mesmo em todas as situações de testagem.

## CONCLUSÃO

Foram verificadas baixas correlações dos testes de campo com o teste de medida direta, constatando-se

que os testes de campo, para a amostra em questão, superestimaram o consumo máximo de oxigênio em cerca de 20%, o que se traduziu em uma diferença significativa, evidenciada através da comparação das médias de  $VO_{2máx}$  obtidas. No entanto, este resultado não é definitivo, uma vez que a amostra teve caráter homogêneo, não foi representativa da população e tinha qualidades físicas acima da média populacional.

Quanto à aplicabilidade dos testes de campo, é indiscutível a praticidade do Teste de Cooper quando o mesmo é empregado em grandes populações, pois não requer o emprego de equipamentos sofisticados, um alto grau de controle e uma pista ou percurso demarcado. Já o TUM exige o emprego de um áudio, um alto nível de controle durante a execução do teste e uma maior especialidade e prática do aplicador e do executante, o que dificulta sua utilização em larga escala. (Legér e Boucher, 1980).

É importante ressaltar que o  $VO_{2máx}$  é aceito, internacionalmente, como o melhor parâmetro fisiológico para avaliar a capacidade funcional do sistema cardiorrespiratório, sendo parâmetro para prescrever atividades físicas sob a forma de condicionamento físico normal (sedentários, obesos e idosos), especial (cardiopatas, pneumopatas, diabéticos etc.) ou sob a forma de treinamento físico (preparação física de atletas).

Em virtude da relevância do assunto e das restrições acima mencionadas, recomenda-se que sejam realizados outros estudos com uma maior e mais heterogênea população, a fim de que se possa chegar a conclusões mais definitivas sobre o assunto.

## Endereço para correspondência:

André Valentim Siqueira Rodrigues  
Av João Luiz Alves, s/nº (Forte São João) - Urca  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil - CEP 22291-090  
Tel: 21 2543-3323  
e-mail: avsr@click21.com.br

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Guidelines for exercise test and prescriptions. Philadelphia: Ed Lippincott William & Wilkins, 2006.

AINSWORTH BE, HASKELL WL, WHITT MC, IRWIN ML, SWARTZ AM, STRATH SJ et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc 2000;32(Suppl9):S498-516.



AMERICAN THORACIC SOCIETY / AMERICAN COLLEGE of CHEST PHYSICIANS. Statement on cardiopulmonary exercise testing. Am J Respir Crit Care Med 2003; 167:211-77.

BASSET DR, HOWLEY ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Med Sci Sports Exerc 2000; 32(1):70-84.

BRASIL. PORTARIA EME Nº 111, de 23 de agosto de 2005. Diretriz para o Treinamento Físico Militar e sua avaliação. Brasília: EGGCF, 2005.

COOPER KH. A means of assessing maximal oxygen intake: correlation between field and treadmill testing. JAMA 1968; 203: 135-8.

GORE CJ, CLARK RJ, SHIPP NJ, VAN DER PLOEG GE, WITHERS RT. CPX/D underestimates  $VO_2$  in athletes compared with an automated Douglas bag system. Med Sci Sports Exerc 2003; 35(8):1341-7.

GRANT S, CORBETT K, AMJAD AM, WILSON J, AITCHISON T. A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. Br J Sports Med 1995; 29(3):147-52.

LÉGER L, BOUCHER R. An indirect continuous running multistage field test: The Université de Montreal Track Test. Can J Appl Spt Sci 1980; 5(2):77-84.

LOHMAN TG, ROCHE AF, MARTORELL R. Anthropometric satandardization reference manual. Champaign: Illinois Human Kinetics, 1988.

MORGAN DW, MARTIN PE, KRAHENBUHL GS, BALDINI FD. Variability in running economy and mechanics among trained male runners. Med Sci Sports Exerc 1991; 23:378-83.

MOREIRA SB. Equacionando o treinamento: a matemática das provas longas. Rio de Janeiro: Ed Shape, 1996:109-37.

MYERS J, BELLIN D. Ramp exercise protocols for clinical and cardiopulmonary exercise testing. Sports Med 2000; 30 (1):23-9.

MYERS J, PRAKASH M, FROELICHER V, DO D, PARTINGTONS S, ATWOOD JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. N Engl J Med 2002; 14; 346 (11):793 - 801.

Artigo Original

# COMPARAÇÃO ENTRE A PUXADA POR TRÁS E A PUXADA PELA FRENTE DE ACORDO COM A ATIVAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA

Carlos Sandro Coelho Carpenter, Jefferson Novaes, Luiz Alberto Batista

Universidade Castelo Branco - Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi comparar a atividade eletromiográfica entre dois tipos do exercício puxada no *pulley*: Puxada por Trás e Puxada pela Frente. Foram examinadas as atividades dos músculos bíceps braquial, tríceps, latíssimos do dorso, trapézio e peitoral em três condições: cadenciado a 80% de 1 RM (CT80), sem cadência a 80% de 1 RM (SCT80) e sem cadência a 70% de 1 RM (SCT70). Doze sujeitos treinados (78,1±6,6 kg; 176,9±5,6 cm), em ambos os exercícios, foram testados em dois dias diferentes. Foram feitas mensurações do valor Raiz Quadrática Média (RMS) para todo tempo de tensão muscular e comparado, entre si, em cada condição, cadência e

intensidade. O teste paramétrico ANOVA *one way* foi empregado e o *post hoc* de Tukey revelou o resultado da diferença entre as médias ( $p < 0,05$ ). Os resultados sugerem diferença significativa apenas para o músculo trapézio na condição CT80, realizando a Puxada por Trás. Para todos os outros músculos, em qualquer condição, cadência ou intensidade, não foi encontrada diferença significativa. Conclui-se que a Puxada por Trás se mostrou com leve superioridade na ativação elétrica para quase todos os músculos, porém apenas o trapézio apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em uma das condições.

**Palavras-chave:** Puxada por Trás, Puxada pela Frente, Eletromiografia, Treinamento de Resistência.

Original Article

## COMPARISON BETWEEN BACK PULLING AND FRONT PULLING ACCORDING TO THE ELECTROMYOGRAPHIC ACTIVATION

### Abstract

The focus of this study was to compare the electromyographic activity between two types of exercises in the pulley: back pulling and front pulling. The activities of the muscles (biceps brachii, triceps, latissimus dorsi, trapezius, and pectoralis) were examined in three conditions: in cadence at 80% of 1RM (CT80), with no cadence at 80% of 1 RM (SCT80) and at 70% of 1 RM (SCT70). Twelve trained men (78,1 ±

6,6 Kg; 176,9 ± 5,6 cm) in both exercises were tested in two different days. The value of the average square root (ASR) to all muscle tension was measured and compared in each condition, cadence and intensity. The parametric test ANOVA one way and post hoc of Tukey revealed the result as a difference between the averages ( $p < 0,05$ ). The results suggest a significant difference only to the trapezius muscle in the CT80 condition, doing the back pulling. To all the other muscles, at any condition, cadence or intensity, no significant difference was found. Therefore, it is possible to conclude that back pulling has shown a discrete superiority in the electrical activation at almost all muscles, but only trapezius presented a significant difference ( $p < 0,05$ ) at one of the conditions.

**Key words:** Back Pulling, Front Pulling, Electromyography, Resistance training.

Recebido em 28.07.2006. Aceito em 07.11.2006.

## INTRODUÇÃO

Já há algum tempo a eletromiografia vem sendo utilizada como ferramenta de estudo da função muscular, tendo sido, ao que parece, Inman, Saunders e Abbott (1944) os precursores no uso desta técnica, estudando a atividade eletromiográfica dos músculos da cintura escapular.

São cada vez mais presentes, na literatura científica, trabalhos que buscam analisar o comportamento biomecânico de exercícios utilizados em treinamento de força, no que diz respeito às variações cinemáticas, cinéticas e à ativação mioelétrica, na busca de padrões ideais de execução, o que é um indicativo do crescente interesse neste campo de conhecimento. (Escamilla, Fleiseg, Zheng, Barrentine, Wilk e Andrewa, 1998; Escamilla, 2001; Blackard, Jesen e Tebben, 1999; McCaw e Melrose, 1999; Signorille, Zink e Szewed, 2002; Barnett e Kippers, 1995; Glass e Armsntrong, 1997). Em certa medida, estes estudos demonstram, também, que o uso da eletromiografia de superfície, como técnica de verificação da atividade muscular durante os exercícios dinâmicos, constitui estratégia de boa aceitação. A interpretação através da Raiz Quadrática Média (RMS) é uma prática usual dos pesquisadores neste campo, dado as evidências de ser este o parâmetro que mais completamente reflete a fisiologia do comportamento das unidades motoras durante uma contração muscular (Lawrence e De Luca, 1996).

Hanninen, Airaksinen, Karipohj, Manninen, Sihvonen e Pekkarinen (1989) consideram que o valor de RMS do sinal eletromiográfico indica variações na frequência de disparo das unidades musculares e amplitude do sinal mioelétrico, sendo estas variáveis normalmente afetadas no processo da fadiga.

Barnett e Kippers (1995), Glass e Armsntrong (1997) examinaram a atividade elétrica dos músculos que atuam no exercício de supino com barra, em três posições diferenciadas: inclinado, declinado e paralelo. Em seus achados, não foram constatadas as proposições do senso comum, cujo entendimento dava conta de uma maior ativação em determinada porção do peitoral maior, quando a posição do corpo era alterada. Já Finucane, Rafeei, Kues, Lamb, e Mayew (1998) estudaram a utilização do valor RMS, não normalizado, em músculos dos membros inferiores com relação à fidedignidade no teste e no

re-teste, em dias separados. Os resultados foram satisfatórios neste tipo de procedimento.

O exercício de puxada no *pulley*, examinado no presente trabalho, é realizado em posição sedestra com as mãos segurando uma barra horizontal, inicialmente posicionada acima da cabeça do executante. Consiste no tracionamento de um cabo ligado à citada barra, em uma extremidade, e a uma massa na outra, sobre a qual o indivíduo deverá realizar trabalho mecânico. Tradicionalmente, este tipo de exercício pode ser executado de duas formas diferentes: com a barra sendo puxada adiante do corpo ou por trás do corpo. Estudos têm sido realizados com o propósito de examinar o comportamento cinemático bidimensional destas duas formas de exercício. Apesar de não avançarem no exame cinético, estes trabalhos trazem à tona evidências que levaram os autores a identificar diferenças no padrão de movimento, entre uma e outra forma de execução, que podem determinar diferenças, também, em suas capacidades de induzir lesões no sistema músculo-esquelético (Crate, 1997; Decker, Tokish, Ellis, Torry e Hawkins, 2003; Gross, Brender, Esformes e Sonzogni, 1993; Fees, 1998).

O exame da atividade elétrica dos músculos ativados nesta modalidade de exercício faz parte do conjunto de temas tratados. Em estudo recente, pesquisadores compararam quatro variações de puxadas, utilizando o valor RMS normalizado (NrmsEMG), separando a fase concêntrica da excêntrica. O exame de cinco músculos aponta para a Puxada pela Frente como a que ativa, preferencialmente, a ação do latíssimos do dorso e do peitoral (Signorille et al., 2002). Os gestos foram cadenciados e utilizaram dez repetições máximas (10 RM), sendo que apenas as três primeiras foram escolhidas para análise de atividade mioelétrica.

## OBJETIVO

As possíveis variações da ativação elétrica muscular, em diferentes técnicas de execuções dos exercícios de musculação, fazem com que haja interesse peculiar em avaliar estas condutas motoras mais profundamente. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi comparar o valor eficaz (RMS) pelo eletromiograma de superfície (SEMG) de cinco músculos envolvidos no exercício de Puxada por Trás, em relação à Puxada pela Frente.



## METODOLOGIA

Participaram do estudo 12 sujeitos, do gênero masculino, com mais de seis meses de experiência nos exercícios propostos, com idades entre 20 e 35 anos (TABELA 1), sem histórico de lesão na articulação do ombro ou de algias recentes. A todos foi explicado como o experimento seria encaminhado e todos se comprometeram a não realizar qualquer esforço físico durante os dias de testagem, buscando manter a perfeita harmonia física e psicológica. Todos assinaram o Termo de Consentimento aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Castelo Branco - RJ.

TABELA 1  
ESTATÍSTICA DESCRITIVA.

	EST. (cm)	MASSA (kg)	IDADE (anos)	EXPER. (anos)	AMPLIT. (anos)	% G.
Média	177,3	77,9	25,3	4,7	1 a 15	10,2
D.P.	5,5	6,4	4,8	4,5		2,0

Os sujeitos da amostra compareceram três vezes ao laboratório, daqui por diante identificadas como visitas. No primeiro dia, foram realizadas avaliações morfo-funcionais, teste de predição de 1 RM e familiarização com o equipamento. Na segunda e terceira visitas, foram coletados dados da atividade elétrica dos cinco músculos envolvidos nos exercícios: bíceps cabeça curta, tríceps cabeça longa, latíssimos do dorso, trapézio fibras horizontais e peitoral porção esterno costal. Os sujeitos foram escolhidos, de forma aleatória, para executar os exercícios, ou seja, na segunda visita, metade da amostra realizou a Puxada por Trás e a outra metade, a Puxada pela Frente. Na terceira visita, os tipos de execução por grupo foram trocados.

Para aquisição dos dados, os executantes realizaram três séries com máxima repetição, em cada dia de visita, com intervalo, entre séries, de cinco e 10 minutos. Foi utilizado o controle da cadência com 80% de 1 RM em uma das condições. Para tal procedimento, cada sujeito teve seu deslocamento angular de ombros medido previamente. Utilizou-se um metrônomo, da marca Qwik time®, para controle, o que orientou uma cadência de 100 bpm. Desta forma, para cada três toques sonoros, o sujeito deveria executar uma fase da contração do exercício, o que os levou a percorrer cada fase de contração em aproximadamente um segundo e meio.

Para as outras duas condições de coleta (80% e 70% de 1 RM, respectivamente), não foram controladas a cadência do movimento. Desta maneira, cada sujeito foi submetido a três testagens: 80% com controle (CT80), 80% sem controle de cadência (SCT80) e 70% também sem controle de cadência (SCT70).

Para captação dos sinais eletromiográficos, foram utilizados eletrodos de superfície monopolares passivos Ag/AgCl (MedTrace 200), com diâmetro de captação de 1 cm, sendo os mesmos colocados em pares, paralelos em relação às fibras musculares e com distância inter-eletrodos (centro a centro) de 2 cm, segundo as recomendações de Hermes e Seniam (1999). O local de fixação foi, inicialmente, preparado através de uma tricotomia, seguida de limpeza por meio de solução alcoólica, de tal maneira que o rubor na pele ficasse evidenciado. Após a fixação dos eletrodos em par, em cada músculo, um terceiro eletrodo, denominado terra, foi fixado, com o intuito de reduzir a interferência do sinal, tendo sido posto próximo ao par de eletrodos em local mais rígido (sobre o osso). Desta forma, quando os executantes realizavam suas contrações máximas, os movimentos não provocavam ruídos de artefato mecânico, adicionando-os ao sinal mioelétrico.

Para coleta dos sinais mioelétricos, foi utilizado um eletromiógrafo Mega Electronics Kuopio Finland, modelo Mespec 4000, s/n: 984019, de oito canais, com frequência de aquisição de 1980 Hz, e, para recorte, o sinal foi escolhido banda passante (alta e baixa) de 10 a 600 Hz, seguindo os mesmos critérios para aquisição de um sinal com baixo ruído (Corrêa, Santos e Veloso, 1993).

Cada sujeito da amostra, ao chegar ao laboratório, recebeu informações sobre o exercício a ser realizado. Inicialmente, procedeu-se ao teste de predição de 1 RM, utilizando a média de seis equações disponibilizadas na literatura (Cummings e Finn, 1998). Os testes foram realizados em equipamento da marca Iron Tech®, com roldanas simples e correntes de fixação. Após a colocação dos eletrodos, os sujeitos foram instruídos a realizar cada ação muscular na cadência pré-estimulada, até que não mais fosse possível uma repetição completa aceitável.

Os dados de carga utilizados para a execução das condições estão apresentados na TABELA 2.

TABELA 2  
VALORES DE CARGA NAS CONDIÇÕES.

	Carga Máxima (kg)	
	PT	PF
<b>Média</b>	<b>104,6</b>	<b>107,8</b>
<b>DP.</b>	<b>14,6</b>	<b>17,8</b>

$p=0,328$  / PT - puxada por trás / PF - puxada pela frente

Para análise do sinal eletromiográfico, foi utilizado o *software* de aquisição de dados SAD 32, desenvolvido pelo Laboratório de Medições Mecânicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Desta forma, o sinal bruto foi retificado por onda completa, tendo sido identificados os três maiores picos e utilizada a média entre eles para a normalização dos dados. A escolha de não se utilizar uma contração voluntária isométrica máxima (CVIM) para a normalização se fez em função das críticas a este tipo de procedimento, quando do estudo de gestos dinâmicos (Corrêa et al., 1993; Mirka, 1991; Ervilha, Duarte e Amadio, 1998). Após a normalização, foi realizada a identificação do valor eficaz do sinal completo para todas as repetições, pelo janelamento retangular de 990 pontos (0,5 segundos).

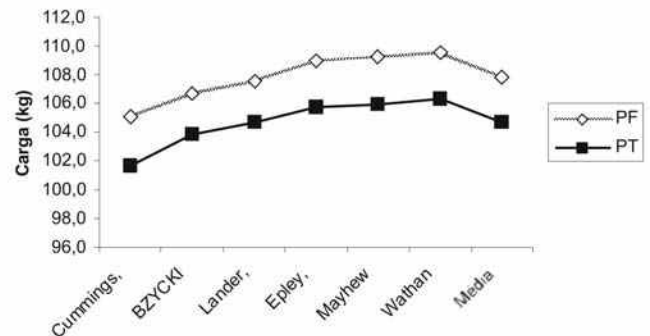
O teste paramétrico ANOVA *one way* para variáveis independentes foi utilizado para comparar a atividade dos músculos de acordo com a condição de exercício, de cadência e de intensidade. Quando necessário, o teste *post hoc* de Tukey foi empregado para revelar o resultado da diferença entre as médias. O critério do nível de alfa foi estipulado em 0,05 (5%) para toda análise estatística.

## RESULTADOS

As equações escolhidas para predizerem os valores de 1 RM foram as que possuem melhores estimativas para homens treinados em exercícios multiarticulares. Como não houve diferença significativa entre as equações Puxada pela Frente (PF) e Puxada por trás (PT) ( $p=0,989$  e  $0,975$ , respectivamente), foi utilizada, então, a média entre elas como parâmetro no delineamento das cargas.

A representação gráfica dos valores de carga, para cada equação de predição, está expressa no GRÁFICO 1.

GRÁFICO 1  
CARGA MÁXIMA DE CADA EQUAÇÃO PREDITIVA (KG).



A TABELA 3 apresenta a tendência central (moda) do número de repetições para cada exercício e condição. Percebe-se que, apesar da diferença entre as três condições impostas, estas estão dentro das condições pré-estabelecidas de treinamento de força (Zatsiorsky, 1999:128).

TABELA 3  
NÚMERO DE REPETIÇÕES PARA CADA CONDIÇÃO.

	Repetições					
	CT80 PT	CT80 PF	SCT80 PT	SCT80 PF	SCT70 PT	SCT70 PF
<b>moda</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>12</b>

A TABELA 4 expressa os valores comparativos entre os dois exercícios, de acordo com a condição, sendo comparado o valor eficaz normalizado para cada músculo.

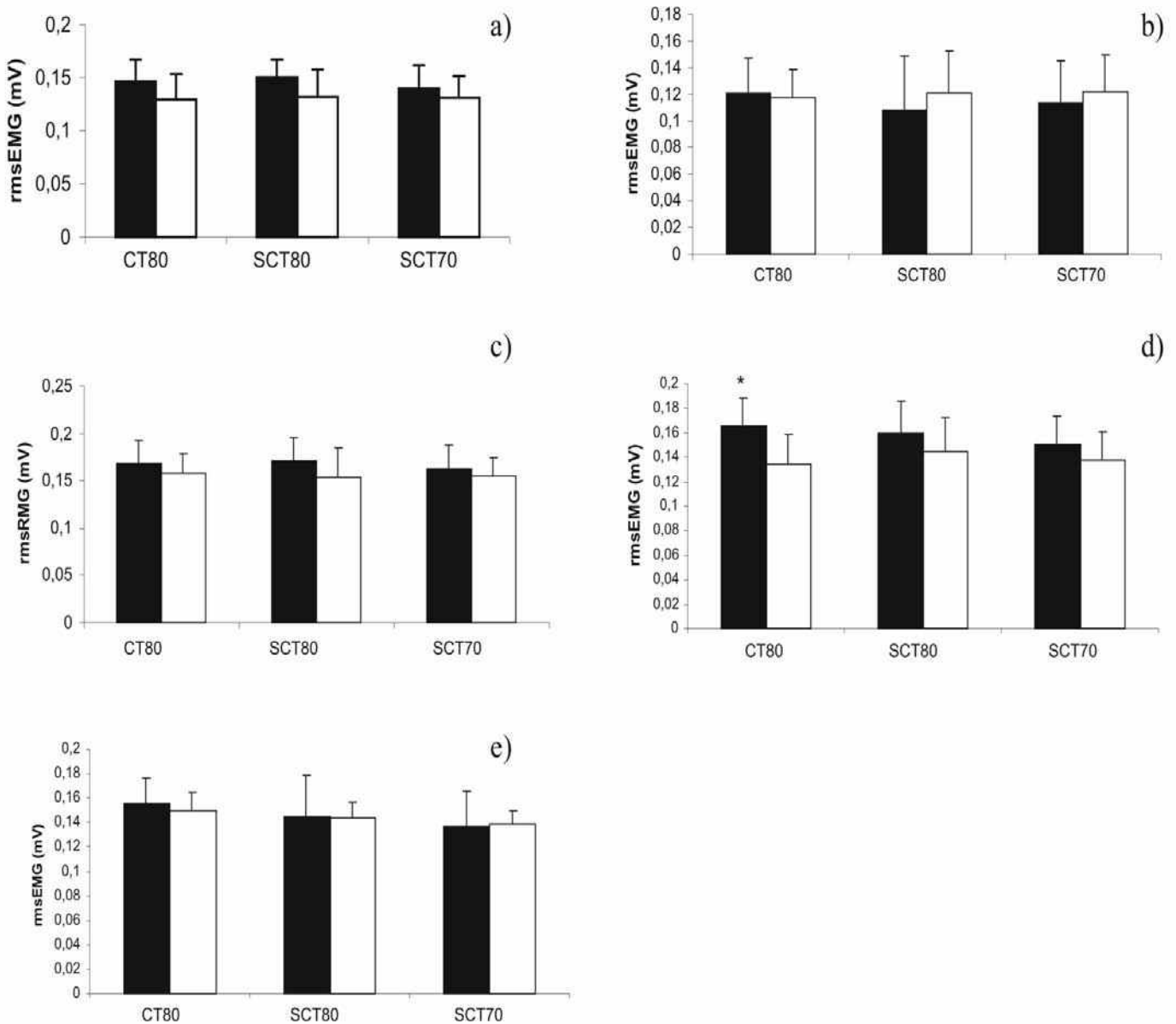
TABELA 4  
VALOR DE "p" PARA CADA MÚSCULO E CONDIÇÃO.

Músculo	Significância		
	CT80	SCT80	SCT70
bíceps	0,076	0,054	0,320
tríceps	0,738	0,397	0,479
latísimos	0,264	0,107	0,467
trapézio	<b>0,004*</b>	0,182	0,177
peitoral	0,432	0,973	0,823

$p<0,05$

A FIGURA 1 apresenta as diferenças dos mesmos músculos, para as três condições de testagem, ilustrando uma tendência à superioridade de ativação eletromiográfica para quase todos os músculos no exercício Puxada por Trás. Somente o trapézio apresentou diferença significativa na condição com controle a 80% de 1 RM.

FIGURA 1  
 MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO VALOR RMS PARA CADA MÚSCULO.



Barra preta (PT) e barra branca (PF). a) bíceps, b) tríceps, c) latíssimos, d) trapézio, e) peitoral.

CT80 = controle de cadência a 80% de 1 RM; SCT80 = sem controle de cadência a 80% de 1 RM; SCT70 = sem controle de cadência a 70% de 1 RM



## DISCUSSÃO

O percentual utilizado para os testes, assim como a cadência, pode influenciar o número de repetições em cada condição. No presente estudo, entretanto, os valores entre estas foram próximos, o que sugere que o grau de fadiga não está relacionado exclusivamente a este fator. LaChance e Hortobagyi (1994) mediram a influência no número de repetições, em função de cadências controladas para exercícios de puxada, assim como para o de empurrar cargas. A cadência utilizada por estes autores correspondia a dois segundos, durante a fase concêntrica, e de dois a quatro segundos para a excêntrica, ou seja, bem inferior aos valores de rapidez, se comparados com os obtidos neste trabalho.

O valor eficaz, utilizado para efeito comparativo entre as condições, mostrou-se similar para quase todas as condições, exceto na condição sem controle com 80% da carga máxima, sendo o trapézio o músculo a apresentar tal diferença, revelando superioridade nos valores para o exercício Puxada por Trás. Provavelmente, alterações no padrão cinemático foram capazes de interferir neste contexto. Carpenter, Novaes e Batista (2006) demonstraram similaridade cinemática para ombro e cotovelo entre os dois exercícios, mas, também, identificaram diferenças em relação à adução da escápula, podendo ser este último o fator determinante para a diferença da atividade da musculatura.

Verificou-se que o tempo para realizar o exercício, na condição controlada, foi superior ao do sem cadência, o que pode ter levado a uma elevação do valor RMS por fadiga, constituindo esta ocorrência fator de determinação das diferenças.

Na terceira condição de testagem, sem controle com 70% de carga máxima, constatou-se os resultados mais conflitantes, devido aos valores serem bem próximos aos das outras condições e não apresentarem diferenças. Observou-se um maior valor para o tríceps e para o peitoral, na condição pela frente, porém não significativo. Isto pode ser devido, provavelmente, ao fato desta condição ter sido, sempre, a da terceira série. Acreditamos que, apesar do intervalo adotado, o executante já realizava o exercício com algum grau de fadiga. Como se sabe, a fadiga aumenta os valores RMS (Gonçalves, 2003; Melo, Torre, Breyer, Loss e Candotti, 2005),

o que pode ter contribuído, sem dúvida alguma, para os dados obtidos, sendo recomendado que outros estudos sejam realizados com o propósito de investigar a magnitude de influência da estratégia adotada.

A carência de estudos cinemáticos mais precisos dificulta comparações e conclusões a respeito dos achados. Contudo, seguramente, como foi escolhido o valor eficaz para todo o tempo de tensão e este valor elevou-se com o aparecimento da fadiga (Melo et al, 2005), acreditamos que os resultados encontrados estão sujeitos a este tipo de variação. Certamente, a opção por esta abordagem se dá pela necessidade de identificação ao longo de todas as repetições, e não de parte destas, contrário ao trabalho de Signorille et al. (2002), pois estes recortaram o sinal para as três primeiras repetições, como forma de evitar a interferência da fadiga.

## CONCLUSÃO

Os dados obtidos no presente estudo sugerem, com uma confiabilidade estatística de 95%, que a atividade elétrica de quatro músculos (bíceps, tríceps, latíssimos do dorso e peitoral) foi similar entre os exercícios para a condição CT80. Para esta mesma condição, com uma confiabilidade estatística de 95%, o músculo trapézio apresentou maior atividade elétrica no exercício Puxada por Trás (PT) Já para as condições SCT80 e SCT70, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para nenhum dos músculos estudados.

O valor eficaz (RMS) da atividade elétrica de bíceps, latíssimos do dorso e trapézio, para todas as condições, não apresentou diferenças significativas, apesar dos valores ligeiramente mais elevados para a Puxada por Trás.

Em função do acervo de informações sobre a atividade elétrica nestes exercícios, na literatura, ser pobre, comparar os resultados ora encontrados com os anteriormente apresentados constituiu estratégia extremamente difícil. O que pode ser constatado é que os resultados do presente estudo divergem daqueles encontrados por Signorille et al. (2002), que indicaram que a Puxada pela Frente, com a pegada aberta, teve prevalência na atividade elétrica de latíssimos do dorso, do peitoral e do tríceps. Porém, há que se ter em conta dois fatos

que podem explicar as diferenças entre os resultados obtidos pelos dois estudos, a saber: a) Signorile et al. (2002) não realizaram avaliação do valor eficaz para todo o sinal, já que foi recortado para apenas as três primeiras repetições, não apresentando, desta forma, fadiga durante a análise; b) o grupo de sujeitos deste trabalho não apresentava diferença significativa para o teste de 1 RM, sendo bastante similar a força máxima para os dois exercícios, o que não ocorreu no estudo de referência, pois a amostra apresentou maior força para a PF do que PT.

Assumindo que a única diferença encontrada entre os exercícios foi na atividade do músculo trapézio, em apenas uma condição (CT80), podemos inferir que os exercícios são praticamente idênticos sobre o ponto de vista eletromiográfico. Logo, qualquer preocupação em relação ao risco articular deverá

ser investigada, tendo-se em conta o papel de outras variáveis, como as anatômicas e, principalmente, cinemáticas.

Sugere-se, também, que os estudos cinéticos sobre esta temática sejam precedidos por estudos cinemáticos mais precisos, de forma que a variável “movimento corporal” possa ser considerada na medida correta da magnitude de sua interferência.

**Endereço para correspondência:**

Romero Zander, 78 apto 203 - Bonsucesso  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil  
CEP: 21040-080  
Tel: 21 2564-9523 / 21 9975-9638  
e-mail: carpentercsc@gmail.com

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARNETT CV, KIPPERS V. Effects of variations of bench press exercise on the EMG activity of five shoulder. *Journal of Strength and Conditioning Research* 1995; 9 (4):222-7

BLACKARD DO, JESEN RL, EBBEN WP. Use of EMG analyses in challenging kinetics chain terminology. *Medicine and Science in Sports & Exercise* 1999; 31 (3): 443-8.

CARPENTER CSC, NOVAES J, BATISTA LA. Comparação cinemática entre os exercícios de puxada por trás e pela frente. Cabo Frio, RJ : X Encontro de Atividade Física e Fisioterapia do Estado do Rio de Janeiro, 2006.

CORREIA PP, SANTOS PMH, VELOSO A. Eletromiografia – fundamentação fisiológica, métodos de recolha e processamento. *Aplicação cinesiológica*. FMH 1993; 23-4.

CRATE T. Analysis of the lat pulldown. Chicago: *Strength and Conditioning*, 1997.

CUMMINGS B, FINN K J. Estimation of a one repetition maximum bench press for untrained women. *Jour Streng And Cond Res* 1998;12(4):262-5.

DECKER MJ, TOKISH JM, ELLIS HB, TORRY MR, HAWKINS RJ. Muscle activity during selected rehabilitation exercises. *The American Journal of Sports Medicine* 2003;31(1):126-34.

ERVILHA UF, DUARTE M, AMADIO AC. Estudo sobre procedimentos de normalização do sinal eletromiográfico durante o movimento humano. *Rev Bras Fisiot* 1998; 3:15-20.

ESCAMILLA FR, FLEISEG GS, ZHENG N, BARRENTINE SW, WILK KE, ANDREWA JR. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Medicine and Science in Sports & Exercise* 1998;30(4): 556-69.

ESCAMILLA RF. Knee biomechanics of the squats exercise. *Medicine and Science in Sports & Exercise* 2001; 33(1):127-41.

FEES M. Upper extremity weight training modifications for the injured athlete. *The American Journal of Sports Medicine* 1998; 26(5):732-41.

FINUCANE SDG, RAFEEI T, KUES J, LAMB RL, MAYEW TP. Reproducibility of electromyographic recordings of submaximal concentric and eccentric muscle contractions in humans. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1998;109(4):290-6.

GLASS SC, ARMSTRONG. Eletromyographycal activity of the pectoralis muscle during incline and decline bench presses. *Journal of Strength and Conditioning Research* 1997;11(3):163-7.

GONÇALVES M. Análise eletromiográfica da fadiga muscular durante teste de levantamento manual de carga. Ouro Preto, MG: X Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2003.

GROSS ML, BRENDER SL, ESFORMES I, SONZOGNI JJ. Anterior shoulder instability in weight lifters. *The American Journal of Sports Medicine* 1993;21(4):599-603

HANNINEN O, AIRAKSINEN O, KARIPOHJA M, MANNINEN K, SIHVONEN T, PEKKARINEN H. On-line determination of anaerobic threshold with rms-EMG. *Biomed. Biochim* 1989; 48 (5/6): S493-S503.

HERMENS HJ, SENIAM. European recommendations for surface electromyography. Roessingh research and development. Enschede, Netherlands: Roessingh Research and Development, 1999.

INMAN VT, SAUNDERS JBDM, ABBOTT L. Observations on the function of the shouder joint. *Journal of Bone and Joint Surgery*1944;26:1-30.

LACHANCE PF, HORTOBAGYI T. Influence of cadence on muscular performance during push-up and pull-up exercise. *Journal Strength and Conditioning Research* 1994; 8(2);76-9.

LAWRENCE JH, DE LUCA CJ. Myoeletric signal vs force relationship in different human muscle. *Journal of Apllied Physiology* 1983;54:1653-9.

MCCAW ST, MELROSE DR. Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squats. *Medicine and Science in Sports & Exercise* 1999;31(3):428-36.

MELO MO, LA TORRE M, BREYER M, LOSS JF, CANDOTTI CT. Comparação da mediana da freqüência e do valor RMS durante contração isométrica sustentada. João Pessoa, PB: XI Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2005.

MIRKA GA. The quantification of EMG normalization error. *Ergonomix* 1991;34(3); 343-52.

SIGNORILLE JF, ZINK AJ, SZEWED SP. A comparative eletromyographical investigation of muscle utilization patterns using various hand positions during the lat pull-down. *Journal of Strenght and Conditioning Research* 2002;16(4); 539-46.

ZATSIORSKY VM. Ciência e prática do treinamento de força. São Paulo, SP: Ed Phorte, 1999:128.



Artigo Original

## COMPARAÇÃO DE MÉTODO INVASIVO E NÃO INVASIVO PARA DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA EM NADADORES

Sandro Fernandes da Silva<sup>1,2,3</sup>, Alessandro Henrique Machado de Assis<sup>4</sup>, Cíntia Campolina Duarte Rocha<sup>2</sup>,  
José Antonio de Paz<sup>3</sup>

1 - Universidade de Itaúna - Itaúna - MG - Brasil.

2 - Centro Universitário de Belo Horizonte(UNI-BH) - Belo Horizonte - MG - Brasil.

3 - Universidad de León - León - Espanha.

4 - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Belo Horizonte - MG - Brasil.

### Resumo

A natação é um dos esportes mais praticados em todo território brasileiro. Em razão disto, o controle do treinamento dentro da natação competitiva se faz necessário para que o rendimento seja efetivo e obtenha os resultados almejados, tanto por treinadores, quanto por atletas. O teste T-30 é um dos meios de controle de treinamento, sendo um método não-invasivo. Outro teste que começa a ser muito utilizado é o teste Vitesse, que avalia o limiar de lactato. A partir destas informações, o presente trabalho se propôs a estudar estes dois tipos de testes, buscando identificar a velocidade crítica dos nadadores, comparando se os dois testes possuem diferenças ou não, em relação à velocidade crítica, descrita em m/s, e no tempo em segundos, em 100 metros. Participaram do estudo oito sujeitos do sexo masculino, com uma idade média de  $21,6 \pm 2,97$  anos, com

---

Recebido em 15.06.2006. Aceito em 12.01.2007.

experiência em natação competitiva de  $9,37 \pm 2,50$  anos. Para o teste Vitesse, os indivíduos realizaram apenas uma série, respeitando-se o estilo de cada nadador. O teste T-30 foi realizado dois dias após o primeiro teste, consistindo em nadar o máximo de distância possível em 30 minutos ou nadar os 3000 metros em menos de 30 minutos. Para comprovação estatística, utilizou-se o teste não paramétrico de Wilcoxon com comparação de médias e  $p \leq 0,05$ . Os resultados demonstraram que não houve diferença significativa entre os testes, tanto em relação à velocidade crítica, expressa em m/s, quanto em relação ao tempo de limiar de lactato para os 100 metros, critério para prescrição de treinamento em natação. Assim, conclui-se que os dois testes utilizados são eficientes para identificar a velocidade crítica e o limiar de lactato na natação com nadadores experientes, todos velocistas.

**Palavras-chave:** Teste T-30, Teste Vitesse, Velocidade Crítica.

Original Article

## COMPARISON BETWEEN INVASIVE AND NON-INVASIVE METHODS TO DETERMINE THE CRITICAL SPEED IN SWIMMERS

### Abstract

Swimming is one of the most practiced sports in all Brazilian territory. So, the control of training inside the competitive swimming is necessary to have a solid output and to obtain expected results, either by coaches or athletes. The T-30 test is one of the ways to control training, being a non-invasive test. Another test that is now a lot used is the Vitesse, which evaluates the limits of lactate. As of these information, the present work aims to study both tests, attempting to identify the critical speed of swimmers, checking whether or not these tests have differences in relation to the critical speed described in m/s, and

at time in seconds, in 100 meters. Eight men took part in the study, average age  $21,6 \pm 2,97$ , competitive swimming experience of  $9,37 \pm 2,50$  years. To the Vitesse test, the individuals realized only one out of the series, regarding each swimmer style. The T-30 test was realized two days after the first test, consisting of swimming as far as possible in 30 minutes or swimming 3000 meters in less than 30 minutes. To prove statistically, it was used the non-parametric test of Wilcoxon with the comparison of averages and  $p \leq 0,05$ . The outcomes demonstrated that there was no significant difference between the tests, neither in relation to critical speed, expressed in m/s, nor in relation to the limit of lactate to 100 meters, criterion to the prescription of training at swimming. Thus, both tests are efficient to identify the critical speed and the limits of lactate in swimming considering experienced speed swimmers.

**Key words:** T-30 Test, Vitesse Test, Critical Speed.

## INTRODUÇÃO

Durante o exercício de baixa intensidade, o piruvato é oxidado no processo do metabolismo aeróbico na mitocôndria, mas, infelizmente, esta não é capaz de oxidar todo o piruvato durante o exercício intenso. Assim, uma parte do piruvato é convertida em lactato no mioplasma (Gladden, 2004). Isto geralmente faz com que o acúmulo de lactato seja diretamente associado com a produção de  $H^+$  e com a queda do pH intramuscular ou acidose (Brokks, 2001). Recentes trabalhos discutem a formação do  $H^+$ , concluindo que não é verdadeira a hipótese de acidose láctica, sendo que o  $H^+$  não é formado diretamente durante a produção de lactato pelo piruvato. Estes mesmos autores propõem que essa formação do  $H^+$  ocorre durante as reações glicolíticas envolvendo a hidrólise de ATP (Robergs et al., 2004; Robergs et al., 2005).

A atividade física prolongada produz uma acumulação do lactato, tanto nos músculos como no sangue, sendo que, nas fibras musculares, o  $H^+$  é eliminado via transportadores de lactato realizados pelas proteínas presentes nas membranas,

principalmente das fibras musculares de contração lenta (Juel, 1997).

O lactato sanguíneo é a resposta do exercício progressivo que relata, também, a *performance* no exercício de *endurance* (Held e Marti, 1999). O limiar de lactato reflete a capacidade de *endurance* do indivíduo, além de prover informações para monitorar a intensidade do treinamento aeróbico. (Held e Marti, 1999; Beneke et al., 2003).

O nível de 4,0 mmol de lactato no sangue, ou OBLA (*Onset Blood Lactate Accumulation*), apresentado por Sjödín et al. (1981), apresenta um alto grau de confiança em relação ao controle de treinamento, principalmente em relação ao desempenho aeróbico (Wakayoshi et al., 1992).

O lactato sanguíneo pode ter a sua concentração modificada pela atividade física, podendo variar de acordo com a duração e a intensidade da carga de trabalho. Sabe-se que a falta de oxigênio acelera o índice de produção de lactato, bem como o aumento de sua concentração no sangue deve-se ao fato de sua entrada exceder o índice de sua eliminação (Lacour et al., 1990; Bret et al., 2003). Portanto, a concentração de lactato sanguíneo em atletas de natação está

diretamente relacionada com o nível de desempenho e com a prescrição de treinamento dos mesmos. Alguns estudos demonstraram que o limiar anaeróbico tem sido empregado, extensivamente, para indicar melhora no desempenho de atletas, não só de natação, como também de outras modalidades. Além disso, o limiar de lactato pode ser utilizado como um parâmetro de controle de treinamento (Baron et al., 2003).

De acordo com Mäestu et al. (2000), a importância do metabolismo oxidativo também é confirmada pela elevada potência aeróbica máxima (consumo de oxigênio) de nadadores, em comparação a outros atletas, fazendo com que o  $VO_{2máx}$  e a intensidade correspondente ao limiar anaeróbico sejam utilizados, com sucesso, na predição do desempenho para nadadores (Dekerle et al., 2005).

Secher (1993) ressalta que o limiar anaeróbico parece ser a variável mais sensível para monitorar a evolução do treinamento, pois, muitas vezes, o  $VO_{2máx}$  não se modifica, mas o limiar anaeróbico aumenta com o treinamento, resultando em melhoria do desempenho (Baron et al., 2003; Dekerle et al., 2004). O teste de lactato, de acordo com Jones e Doust (1998), traz informações importantes sobre a capacidade aeróbica dos nadadores, podendo ser utilizado para verificar os efeitos do treinamento, bem como para determinar a melhora da *performance* em atletas de alto rendimento.

## OBJETIVO

Este estudo procurou demonstrar a importância da identificação da velocidade crítica e do tempo no limiar anaeróbico para atletas de natação, comparando dois testes com diferentes procedimentos, sendo um invasivo (Teste Vitesse) e outro não invasivo (T-30).

## METODOLOGIA

A população deste estudo foi composta de nadadores de elite, do estado de Minas Gerais, federados à Federação Aquática Mineira (FAM), com índice para disputar o Campeonato Troféu José Finkel de Natação/2004. Participaram deste trabalho oito indivíduos do sexo masculino, voluntários, com no mínimo cinco anos de natação competitiva, todos no período básico na periodização de seus treinamentos. A coleta de dados foi realizada no

Centro Universitário de Belo Horizonte (UNI-BH), em uma piscina semi-olímpica (25m), onde a água se encontrava a uma temperatura de 27,5°C. O teste de lactato para determinação do limiar de lactato foi o Teste Vitesse. Para o mesmo, foram utilizadas lancetas descartáveis para cada punção, sendo coletado sangue do dedo indicador de cada participante, após os atletas esterilizarem as mãos a cada teste. A pessoa responsável pelo teste utilizou luvas de borracha, também desinfetadas após cada coleta de amostra de sangue. Foi realizada uma coleta sanguínea total de 25 microlitros para cada análise metabólica pelo lactímetro Accutrend (ROCHE), tendo sido descartada a primeira gota do sangue coletado. A coleta para análise foi realizada ao final de três minutos para que o ácido láctico produzido no músculo fosse reduzido a lactato e, assim, analisado no sangue. Durante a coleta sanguínea, contou-se com a presença de médico e de pessoal autorizado.

Para a realização do teste de lactato sanguíneo, foi realizado o Teste de Sangue Vitesse, onde, segundo Maglischo (2003), temos:

Nadadores de *crawl*, sexo masculino e feminino:

\_ Realizar um tiro de 400 m a 85% em relação ao melhor tempo da temporada.

Nadadores de costas, peito, borboleta e *medley*, sexo masculino e feminino:

\_ Realizar um tiro de 200 m a 80% em relação ao melhor tempo da temporada.

Antecedendo a realização do teste de lactato sanguíneo, todos os atletas realizaram 400m livre para aquecimento, com uma intensidade de 55% do melhor tempo da temporada no nado livre.

O teste de 30 minutos, ou 3000 metros, consiste na tomada de tempo de 30 minutos, onde os nadadores deverão nadar em esforço máximo, com um ritmo regular durante todo o teste. Este teste foi realizado dois dias após os atletas terem realizado o teste de lactato sanguíneo, tendo os nadadores sido orientados a nadar a maior metragem possível durante o tempo estimado. Foi emitido um sinal sonoro indicando cinco minutos para o término do teste, de acordo com o combinado previamente. Antecedendo a realização do teste T-30, todos os atletas realizaram 400 m livres para aquecimento, com uma intensidade de 55% do melhor tempo da temporada no nado livre.

Foi realizada uma análise estatística descritiva, com comparação de médias para identificar a



diferença estatisticamente significativa entre as variáveis, velocidade crítica em m/s e tempo alcançado no limiar anaeróbico relacionado com a distância de 100 metros. Utilizou-se o Teste de Wilcoxon, para amostras não paramétricas, pacote estatístico SPSS 13.0 for Windows, com auxílio da planilha de dados Excel. Para comprovação estatística utilizamos  $p \leq 0,05$ .

Os participantes assinaram o termo de consentimento livre esclarecido.

## RESULTADOS

As TABELAS 1 e 2 demonstram alguns dados metodológicos referentes à composição corporal e ao treinamento dos atletas, com o intuito de analisar a homogeneidade do grupo pesquisado.

TABELA 1  
DADOS METODOLÓGICOS.

n	IDADE (anos)	Peso (Kg)	Altura (cm)	%G	Massa Magra (Kg)
8	21,6 ± 2,97	72,62 ± 5,23	180,56 ± 8,19	7,16 ± 1,32	67,12 ± 5,55

TABELA 2  
DADOS DO TREINAMENTO.

n	Anos de Treinamento (anos)	Horas de Treinamento (Horas)	Horas Semanais (Horas)
8	9,37 ± 2,50	2,47 ± 0,62	14,75 ± 2,18

Na TABELA 3, vê-se as diferenças em relação à velocidade crítica e ao tempo de limiar anaeróbico nos 100 metros nos testes realizados, Teste Vitesse e T-30.

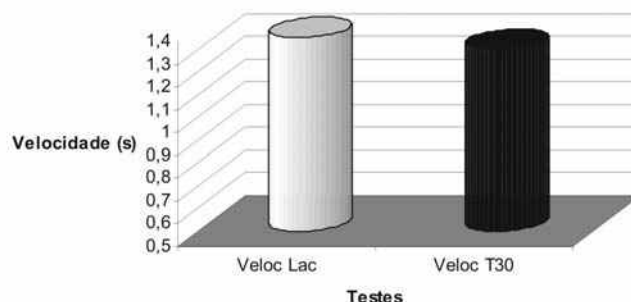
TABELA 3  
VELOCIDADE CRÍTICA E TEMPO NO LIMIAIR ANAERÓBICO.

n	Teste	Velocidade Crítica (m/s)	Tempo nos 100 metros (s)
8	Vitesse	1,35 ± 0,10	74,15 ± 5,62
8	T-30	1,30 ± 0,06	76,97 ± 3,78

Verificou-se que não houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre a velocidade crítica em m/s entre os dois testes. O mesmo ocorreu no tempo de limiar anaeróbico nos 100 metros ( $p \leq 0,05$ ).

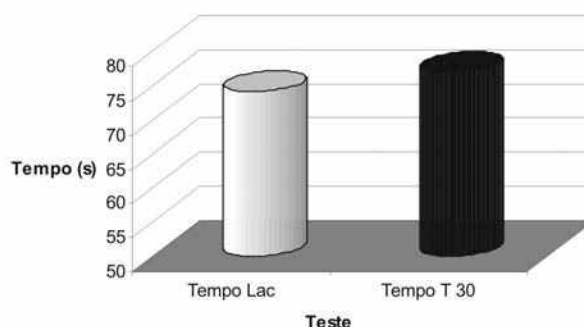
No GRÁFICO 1, mostramos a relação dos dois testes em relação à velocidade crítica dos sujeitos deste estudo, aonde não encontramos diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ).

GRÁFICO 1  
VELOCIDADE CRÍTICA NOS TESTES.



No GRÁFICO 2, vê-se que não foram encontradas diferenças significativas entre os dois testes, em relação ao tempo para os 100 metros ( $p \leq 0,05$ ).

GRÁFICO 2  
TEMPO (S) NOS TESTES.



## DISCUSSAO

Este estudo utilizou um teste com uma única série de natação, determinando os valores de lactato ao final da série, buscando valores similares ou próximos a 4,0 mmol. Os sujeitos do estudo alcançaram o limiar no final do Teste Vitesse entre 3 e 6,8 mmol. Esta variação para determinar o OBLA, bem como para identificá-lo como limiar anaeróbico, é relatada pelos primeiros pesquisadores que identificaram o valor de

4,0 mmol como sendo o limiar (Heck et al., 1985). Vários estudos, entretanto, mostraram que o limiar anaeróbico individual pode ser encontrado acima ou abaixo de 4,0 mmol/L (Baldari e Guidetti, 2000). Segundo os estudos de Olbrecht et al. (1985), o limiar anaeróbico é, geralmente, definido como a intensidade de exercício a uma concentração de lactato de 4,0 mmol/L, já que este valor poderia ser utilizado para estabelecer a intensidade ideal de treinamento. Ao comparar esse valor de lactato com outros estudos realizados com nadadores, vê-se que a variação praticamente não existe, já que os referidos trabalhos utilizaram uma quantidade de lactato fixa em 4,0 mmol (Billat et al., 2003; Greco et al., 2003; Kokubun, 1996; Wakayoshi et al., 1993).

Um fator que, com certeza, limitou este estudo foi a pequena amostra de somente oito sujeitos. Com uma amostra maior, os resultados encontrados poderiam ser diferentes, verificando-se estes procedimentos dos testes em um número maior de sujeitos, principalmente em relação à efetividade do Teste Vitesse no melhor estilo de nado.

Ao comparar o resultado destes sujeitos com os estudos de Denadai e Greco (1997), Denadai et al. (1997), Denadai et al. (2000), Greco et al. (2002), Greco et al. (2003), verifica-se que foram inferiores aos encontrados na presente investigação, observando que nossos sujeitos encontraram valores superiores aos destes estudos. Essa grande diferença pode ser explicada pela diferença do protocolo, já que eles utilizaram um protocolo de mais séries e em um único estilo. O Teste Vitesse utilizado neste estudo é um protocolo específico, segundo o estilo do nadador. Além disto, os citados estudos trabalharam com nadadores adolescentes e este estudo foi realizado com nadadores adultos. Com nadadores e triatletas mais experientes, como descrevem os estudos de Martin e Whyte (2000) e Dekerle et al. (2005), também encontramos uma velocidade inferior, provando que o teste no estilo do nadador pode vir a ser mais eficiente ao prescrever o treinamento, inclusive pela especificidade do mesmo. Bishop et al. (1998) comentam que, para um teste de velocidade crítica ser eficiente, ele deve ser inferior a três minutos, como ocorreu neste estudo, quando se procurou relacionar o limiar de lactato com o tempo em m/s ou em relação aos segundos nos 100 metros.

O T-30 é um teste usualmente utilizado por treinadores por ser um teste de fácil aplicabilidade, em que se determina o desempenho aeróbico. Esse mesmo teste é ainda utilizado para prescrever as intensidades de treinamento durante a temporada (Olbrecht et al., 1985; Maglischo, 2003). A principal vantagem do Teste T-30, em relação a outros métodos não-invasivos, é que ele demonstrou ser um indicador válido das velocidades de natação necessárias para atingir o *Maxlass* (Olbrecht et al., 1985; Greco et al., 2003). Este mesmo autor comenta, ainda, a dificuldade de nadadores não-experientes controlarem a velocidade, dificultando a identificação da velocidade crítica. Neste estudo, isto não ocorreu, pois os indivíduos pesquisados possuíam experiência em treinamento, bem como em natação competitiva conforme demonstrado na TABELA 2.

Alguns estudos encontraram uma alta relação entre o teste para determinar a velocidade crítica através da análise do lactato sanguíneo e o T-30 (Dekerle et al., 2002; Wakayoshi et al., 1992). Esses estudos corroboram o encontrado no presente trabalho, sobretudo com nadadores experientes. Já Greco et al. (2003) não encontraram o mesmo resultado em nadadores jovens, podendo ser explicada a diferença em função da falta de experiência no controle do tempo e da carga exigida no teste, mais bem controlado por atletas mais experientes como os desta investigação. Não somente o fator experiência no controle do teste deve ser levado em conta para esta diferença, como não se pode esquecer, também, da diferente produção de lactato sanguíneo em crianças e em adolescentes, se comparados a adultos (Berg et al., 1986).

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo conclui que o Teste Vitesse para determinar a velocidade crítica, se comparado a outros testes para predição do limiar de lactato da própria velocidade crítica, aparenta ser mais eficiente, pelo fato do avaliado realizar o teste em seu melhor estilo, diferentemente de outros protocolos sanguíneos em que todos os nadadores devem realizar no nado *crawl*. O Teste T-30 também se mostrou eficiente, sendo mais recomendando quando não se podem utilizar meios invasivos

para análise do limiar de velocidade. Não foram encontradas diferenças significativas entre os dois testes ao determinar a velocidade crítica e o tempo nos 100 metros. Pode-se concluir que ambos os testes podem ser utilizados para detectar a velocidade crítica com eficiência, bem como o limiar para treinamento na natação. Recomenda-se um estudo maior, com número de amostragem mais expressivo, com nadadores velocistas e nadadores fundistas, em diferentes fases do

treinamento, de ambos os sexos e de diferentes idades cronológicas.

**Endereço para correspondência:**

Sandro Fernandes da Silva.  
R. Curitiba, 613 - São José  
Pará de Minas - MG - CEP: 35660-119  
Tel: 37 3232-2831 / 31 9122-5711  
e-mail: sandrofs@uit.br / dfisfs@unileon.es

---

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDARI C, GUIDETTI L. A simple threshold for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32 (10): 1798-1802.

BARON B, DEKERLE J, ROBIN S, NEVIERE R, DUPONT L, MATRAN R et al. Maximal lactate steady state does not correspond to a complete physiological steady state. *Int J Sports Med* 2003; 24: 582-7.

BENEKE R, SCHWARZ V, LEITHÄUSER R, HÜTLER M, DUVILLARD SP. Maximal lactate steady state in children. *Pediatr Exerc Sci* 1996; 8 (2): 328-36.

BENEKE R. Methodological aspects of maximal lactate steady state - implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 2003; 89 (1): 95-9.

BERG A, KIM SS, KEUL J. Skeletal muscle enzyme activities in healthy young subjects. *Int J Sports Med* 1986; 7: 236-9.

BILLAT VL, SIRVENT P, PY G, KORALSZTEIN J-P. The concept of maximal lactate steady state. *Sports Med* 2003; 33 (6): 407-26.

BISHOP D, JENKINS DG, HOWARD A. The critical power is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. *Int J Sports Med* 1998; 19: 125-9.

BRET C, MESSONNIER L, NOUCK JM, FREUND H, DUFOUR AB, LACOUR JR. Differences in lactate exchange and removal abilities in athletes specialised in different track running events (100 to 1500 m). *Int J Sports Med* 2003; 24 (2): 108-13.

- BROOKS GA. Lactate doesn't necessarily cause fatigue: why are surprised? *J Physiol* 2001; 536: 1.
- DEKERLE J, PELAYO P, CLIPET B, DEPRETZ S, LEFEVRE T, SIDNEY M. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. *Int J Sports Med* 2005; 26: 524-30.
- DEKERLE J, PELAYO P, DELAPORTE B, GOSSE N, HESPEL JM, SIDNEY M. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *Int J Sports Med* 2002; 23: 93-8.
- DENADAI BS, GRECO CC, DONEGA MR. Comparação entre a velocidade de limiar anaeróbio e a velocidade crítica em nadadores com idade de 10 a 15 anos. *Rev Paul Educ Fis* 1997; 11 (2): 128-33.
- DENADAI BS, GRECO CC. Correlação entre a velocidade crítica e a velocidade de limiar anaeróbio com as performances nos 50, 100, 200 metros, em nadadores de 10 a 12 anos. *Rev Ass Prof Educ Fis* 1997; 12 (1): 37-41.
- DENADAI BS, GRECO CC, TEIXEIRA M. Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10 - 12 years of different standards. *J Sports Sc.* 2000; 18 (10): 779-84.
- GLADDEN LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *J Physiol* 2004; 558: 5-30.
- GRECO CC, BIANCO A, GOMIDE E, DENADAI BS. Validity of the critical speed to determine blood lactate response and aerobic performance in swimmers aged 10-15 years. *Sci Sports* 2002; 17 (6): 306-8.
- GRECO CC, DENADAI SB, PELLEGRINOTTI LI, FREITAS AB, GOMIDE E. Limiar anaeróbio e velocidade crítica determinada com diferentes distâncias em nadadores de 10-15 anos: relações com a performance e a resposta do lactato sanguíneo em testes de endurance. *Rev Bras Med Esporte* 2003; 9 (1): 2-8.
- HECK H, MADER A, HESS G, MUCKE S, MULLER R, HOLLMANN W. Justification of the 4mmol/L lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985; 6:117-30.
- HELD T, MARTI B. Substantial influence of level endurance capacity on the association of perceived exertion with blood lactate accumulation. *Int J Sports Med* 1999; 20: 34-9.
- JONES AM, DOUST JH. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 1304-13.



JUEL C. Lactate –proton cotransport in skeletal muscle. *Physiol Rev* 1997; 77: 321-58.

KOKUBUN E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. *Rev Paul Educ Fis* 1996; 10 (1): 5-20.

LACOUR JR, BOUVAT E, BARTHELEMY JC. Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. *Eur. J Appl Physiol Occup Physiol* 1990; 61(3-4):172-6.

MÄESTU J, JÜRIMÄE J, JÜRIMÄE T, PIHL E. Prediction of rowing performance from selected physiological variables – differences between light weight and open class rowers. *Med Sport* 2000; 53 (3): 247-54.

MAGLISCHO EW. *Swimming Fastest. The essential reference on technique, training, and program design.* 2ª ed. USA: Ed Human Kinetics, 2003.

MARTIN L, WHYTE GP. Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes. *Int J Sports Med* 2000; 21: 366–8.

OLBRECHT J, MADSEN O, MADER A, LIESEN H, HOLLMANN W. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *Int J Sports Med* 1985; 6 (2):74-7.

ROBERGS RA, GHIASVAND F, PARKER D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regulat Integr Comp Physiol* 2004; 287: R502-R516.

ROBERGS RA, GHIASVAND F, PARKER D. Lingering construct of lactic acidosis. *Am J Physiol Regulat Integr Comp Physiol* 2005; 289: R904-R910.

SECHER, N.H. Physiological and biomechanical aspects of rowing. Implications for training. *Sports Med* 1993;15 (1): 24-42.

SJÖDIN B, JACOBS I, KARLSSON J. Onset of blood lactate accumulation and enzyme activities in M. Vastus Lateralis in man. *Int J Sports Med* 1981; 2: 166-70.

WAKAYOSHI K, ILKUTA K, YOSHIDA T, UDO M, MORITANI T, MUTOH Y et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol* 1992; 64: 153-7.

Artigo Original

## RELAÇÃO DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS E FATORES DE RISCO CARDIOVASCULARES

**José Mário de Souza-e-Sá Júnior<sup>1</sup>, Marcos Alexandre Monteiro-Gomes<sup>1</sup>, Carla Cristina Pimenta Alcaraz<sup>1</sup>, José Carlos Meireles de Sousa<sup>1</sup>, Francisco Harrisson de Souza<sup>1</sup>, Cynthia Torres França da Silva<sup>1</sup>, Marcos de Sá Rego Fortes<sup>2</sup>, Eduardo Camillo Martinez<sup>2,3</sup>**

1 - Escola de Educação Física do Exército - Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

2 - Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército - Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

3 - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca/Fundação Oswaldo Cruz - Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

---

### Resumo

Variáveis antropométricas têm se mostrado associadas ao risco de doenças cardiovasculares pela literatura científica. Este estudo, de corte transversal, teve por objetivo descrever as características antropométricas de sujeitos com  $IMC \geq 28 \text{ kg.m}^{-2}$ , bem como avaliar relações com indicadores de risco cardiovascular. A amostra foi constituída por 19 militares da ativa, com idade de  $38,1 \pm 7,8$  anos, massa corporal de  $89,3 \pm 7,1 \text{ kg}$ , estatura de  $172,7 \pm 5,6 \text{ cm}$ , relação cintura/quadril de  $0,93 \pm 0,05$  e percentual de gordura corporal (%G) de  $24,9 \pm 4,2$ , este último aferido pelo método da Pesagem Hidrostática. Foram dosados os níveis séricos de colesterol total (CT), HDL-c, LDL-c, triglicerídeos e glicemia de jejum. O estabelecimento da

Recebido em 20.11.2006. Aceito em 24.01.2007.

associação entre as variáveis foi feito pelo coeficiente de correlação de Spearman e, para a análise dos dados de maneira categorizada, utilizou-se o teste exato de Fisher ( $p < 0,05$ ). Os resultados mostraram correlação inversa entre a circunferência da cintura de Han, a glicemia de jejum e %G. O  $IMC > 30 \text{ kg.m}^{-2}$  se mostrou associado ao aumento da prevalência de hipercolesterolemia e à diminuição da prevalência de indivíduos com  $HDL-c > 40 \text{ mg.dl}^{-1}$ . A frequência semanal de atividade física ( $> 3$  sessões) mostrou influência inversa na prevalência de sujeitos com  $IMC > 30 \text{ kg.m}^{-2}$ . A  $TMR > 1150 \text{ kcal}$  diminuiu a prevalência ( $p < 0,05$ ) de sujeitos com glicemia em jejum  $> 100 \text{ mg.dl}^{-1}$ , hipercolesterolemia e hipertensão referida.

**Palavras-chave:** Doenças Cardiovasculares, Gasto Energético, Militares, Nível de Atividade Física, Fatores de Risco.

Original Article

## RELATION BETWEEN ANTHROPOMETRIC MEASUREMENTS AND CARDIOVASCULAR RISKS

### Abstract

Anthropometric variables have been associated to the risk of cardiovascular diseases by the scientific literature. This study of transversal cut has its main goal as describing the anthropometric characteristics of the individuals with Body Mass Index (BMI)  $\geq 28 \text{ Kg.m}^{-2}$ , as well as evaluating the relations with cardiovascular risk indicators. The sample was composed of 19 militaries, still on duty, aged  $38,1 \pm 7,8$  years, body mass of  $89,3 \pm 7,1 \text{ Kg}$ , height of  $172,7 \pm 5,6 \text{ cm}$ , relation waist/hip of  $0,93 \pm 0,05$  and body fat percentage (%F) of  $24,9 \pm 4,2$ , which was measured by the hydrostatics weighing method. The serico levels of total cholesterol (TC) were dosed HDL-c,

LDL-c, triglycerides, and glycemia during fasting. The establishment of an association between the variables was done by the correlation coefficient of Spearman, and to analyze the data in a categorized way, it was used the exact test of Fisher ( $p < 0,05$ ). The results showed an inverse correlation between the circumference of the waist of Han, the glycemia during fasting and %F. The BMI  $> 30 \text{ Kg.m}^{-2}$  was seen as associated to the prevalence of hypercholesterolemia and the reduction of the prevalence of individuals with HDL-c  $> 40 \text{ mg.dl}^{-1}$ . The weekly physical activity frequency ( $> 3$  sessions) showed an inverse influence on the prevalence of individuals with BMI  $> 30 \text{ Kg.m}^{-2}$ . The TMR  $> 1150 \text{ Kcal}$  lowered the prevalence ( $p < 0,05$ ) of individuals with glycemia during fasting  $> 100 \text{ mg.dl}^{-1}$ , hypercholesterolemia and referred high blood pressure.

**Key words:** Cardiovascular diseases, Energetic Consume, Militaries, Level of Physical Activity, Risk Factors.

## INTRODUÇÃO

Embora a mortalidade por doenças cardiovasculares (DCV) venha declinando no hemisfério norte, sua prevalência permanece como a maior causa de morte desde os anos 90. No Brasil, elas respondem por 32% das mortes ocorridas entre 1979 e 1997 (Brasil, 1998), sendo, na atualidade, as maiores causas de óbito.

Os gastos federais do governo brasileiro com internações de alta complexidade cardiológica corresponderam a 43,6% do total, em 2001. Além disso, excetuando-se as complicações relacionadas à gravidez e ao parto, as doenças cardiorrespiratórias foram responsáveis, respectivamente, por 43,5% e 33,5% das taxas de mortalidade e morbidade nacional (Brasil, 2001).

Nas organizações militares de saúde do Exército Brasileiro (EB), no ano de 2005, a especialidade de

cardiologia foi responsável por 12,8% do total dos 873.973 atendimentos ambulatoriais e por 36% da geração de exames complementares, excluindo-se os exames radiológicos simples (Brasil, 2005).

Segundo recomendações da OMS (WHO, 2000), a vigilância dos fatores de risco para DCV, por meios antropométricos, mostra-se efetiva para predição dessas doenças, sobretudo na detecção do sobrepeso e da obesidade, definida como doença do acúmulo excessivo de gordura corporal, sendo esta, atualmente, um problema de saúde pública em diversos países (Mondini e Monteiro, 2000; Popkin, 2001). O sobrepeso, a obesidade e a relação cintura-quadril (RCQ) guardam uma relação direta com os fatores de risco coronarianos, o mesmo valendo para o Índice de Massa Corporal (IMC). Valores acima de  $25 \text{ kg.m}^{-2}$  mostram-se associados com o desenvolvimento da doença coronariana e de sua morbidade (Dorn et al., 1997). De acordo com Saleh et al. (1999), a obesidade

está estreitamente vinculada à taxa metabólica basal (TMB) do indivíduo.

As medidas antropométricas podem ser relacionadas ao risco de desenvolvimento de várias doenças (Callaway, 1988), seja pela RCQ, pela circunferência da cintura (CC) (Han et al., 1995; Grundy, 1999), ou pelo IMC (WHO, 2000).

A redução da massa corporal diminui os fatores de risco de doença cardiovascular, assim como a redução de gordura abdominal melhora o perfil lipídico e reduz a pressão arterial (*National Heart, Lung and Blood Institute/Institutes of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases*, 1998; Ellis et al., 1997).

Este estudo descritivo-correlacional, de corte transversal, teve por objetivo descrever as características antropométricas de militares com sobrepeso e obesidade, assim como avaliar suas possíveis relações com os níveis plasmáticos de indicadores de risco coronariano – colesterol total (CT), LDL-colesterol (LDL-c), HDL-colesterol (HDL-c), triglicerídeos (TG) e glicemia de jejum – nessa população.

## METODOLOGIA

### Seleção da amostra

Foram selecionados 19 militares da ativa, todos voluntários e servindo no Forte São João, na Urca/RJ, que se apresentaram com idade de  $38,1 \pm 7,8$  anos, massa corporal de  $89,3 \pm 7,1$  kg, estatura de  $172,7 \pm 5,6$  cm e  $24,9 \pm 4,2$  % de gordura corporal (%G). Foram excluídos da amostra todos os militares com IMC menor que  $28 \text{ kg.m}^{-2}$  e aqueles que apresentavam alguma limitação física para a realização dos exames.

### Procedimentos

Os militares foram contatados individual e reservadamente em seus locais de serviço, sendo convidados a participarem do estudo. Após estarem esclarecidos quanto a eventuais dúvidas e demonstrarem vontade de fazer parte da amostra, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e tiveram seus exames agendados.

### Medidas durante a coleta

**Massa Corporal e Estatura:** a massa corporal foi medida no primeiro horário da manhã, em jejum, utilizando-se balança eletrônica digital Filizola, com precisão de 50 gramas e capacidade para 150 quilos. O militar estava descalço, trajando somente sunga, no centro da balança, de frente para o avaliador e de costas para o *display* de resultado. A estatura foi mensurada em estadiômetro de parede fixo, com precisão de 1 milímetro. A medida foi tomada do chão até o vértex da cabeça, estando o militar completamente ereto, com a coluna cervical em posição neutra.

**Perímetros da cintura e do quadril:** o perímetro da cintura foi medido na menor circunferência entre a porção inferior do gradil costal e a crista ilíaca. O perímetro da cintura de Han (1995) foi medido no ponto médio entre estes dois pontos anatômicos. O perímetro do quadril foi medido na maior circunferência da região glútea, com o militar vestindo calção de banho. Foram adotados, para todas as medidas, os procedimentos constantes no *Anthropometric Standardization Reference Manual* (Callaway et al., 1988). Os perímetros foram mensurados utilizando-se uma fita métrica da marca Sanny®, com precisão de 1 mm. Para o cálculo da razão cintura-quadril, dividiu-se o valor do perímetro da cintura pelo valor do perímetro do quadril.

**Preenchimento do questionário:** foi aplicado um questionário auto-respondido, com questões de histórico individual de doenças, rotinas gerais, atividade física, uso de medicamentos, etc. Ao militar, foi facultada a opção de deixar de responder qualquer pergunta.

**Pesagem Hidrostática:** realizada no tanque de pesagem hidrostática do Laboratório de Antropometria do Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCEx), com o militar trajando apenas sunga, conforme descrição de Pollock e Wilmore (1993), após jejum de pelo menos quatro horas, com a bexiga esvaziada e sem ter realizado atividade física por um período de 12 horas. O volume residual foi calculado como sendo igual a  $0,017 \times (\text{idade, anos}) + 0,027 \times (\text{estatura, cm}) - 3,477$ .



Para o cálculo da Densidade Corporal (D), utilizou-se a fórmula:

$$D = (\text{g.ml}^{-1}) = \frac{\text{Massa Corporal (MC) (em Kg)}}{[(\text{MC} - \text{PS}) / \text{Da}] - (\text{VR} + 100)}$$

onde PS = peso submerso na água em kg e Da = densidade da água.

Exame bioquímico: foi realizado no laboratório da Diretoria de Pesquisa e Estudos de Pessoal (DPEP), em jejum de 12 horas, período em que os indivíduos poderiam ingerir apenas água. Sempre que possível, foi evitada a administração de medicamentos nos três dias que antecederam o exame. Caso contrário, o fato seria registrado, assim como os medicamentos ingeridos. Foram coletados dois tubos de ensaio de 4,5 ml de sangue para as medidas bioquímicas. Dosou-se o nível sérico de glicemia, CT, LDL-c, HDL-c e TG. Para a análise bioquímica do colesterol total e frações, o sangue foi separado por centrifugação a 3000 rpm, durante 20 minutos após coagulação, ficando em banho-maria de 37º, por 15 minutos. Para a análise da glicose, 20 µl de soro receberam 2 ml de reagente, permanecendo em banho-maria de 37ºC, por 10 minutos. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro com regulagem de 505 nanômetros. Para análise do nível de triglicerídeos, 10 µl de soro receberam 1 ml de reagente e, após banho-maria de 10 minutos, a leitura foi realizada em espectrofotômetro (500 nanômetros).

### Valores adotados para as análises

Foram considerados, como fatores de risco cardiovascular, os níveis séricos de: CT ≥ 240 mg.dl<sup>-1</sup>, LDL-c ≥ 190 mg.dl<sup>-1</sup>, HDL-c < 40 mg. dl<sup>-1</sup>, glicemia em jejum ≥ 100 mg.dl<sup>-1</sup> e TG ≥ 200 mg.dl<sup>-1</sup>. Os valores de IMC > 25 kg.m<sup>-2</sup> classificaram o militar como portador de sobrepeso e obesidade (WHO, 2002). RCQ > 0,95, assim como o perímetro da cintura de Han maior que 102 cm, classificaram o sujeito como portador de risco (Pereira et al., 1999; Han et al., 1995) e percentuais de gordura corporal maiores que 25% classificaram o sujeito como obeso (Pollock e Wilmore, 1993).

### Estatística

Utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição dos dados e, após isto, optou-se por

utilizar testes estatísticos não-paramétricos pelo fato de não ter sido encontrada normalidade na curva de distribuição.

Para a análise de correlação, foi utilizado o teste de correlação de Spearman e para a análise dos dados de maneira categorizada, o teste exato de Fisher (todos com significância de 0,05). Foi utilizado o *software* Stata 8.0 para Windows.

## RESULTADOS

Os valores médios da amostra indicam que os níveis séricos de CT, HDL-c, LDL-c, TG e glicemia de jejum se encontram abaixo dos sugeridos como de risco pela literatura científica (TABELA 1).

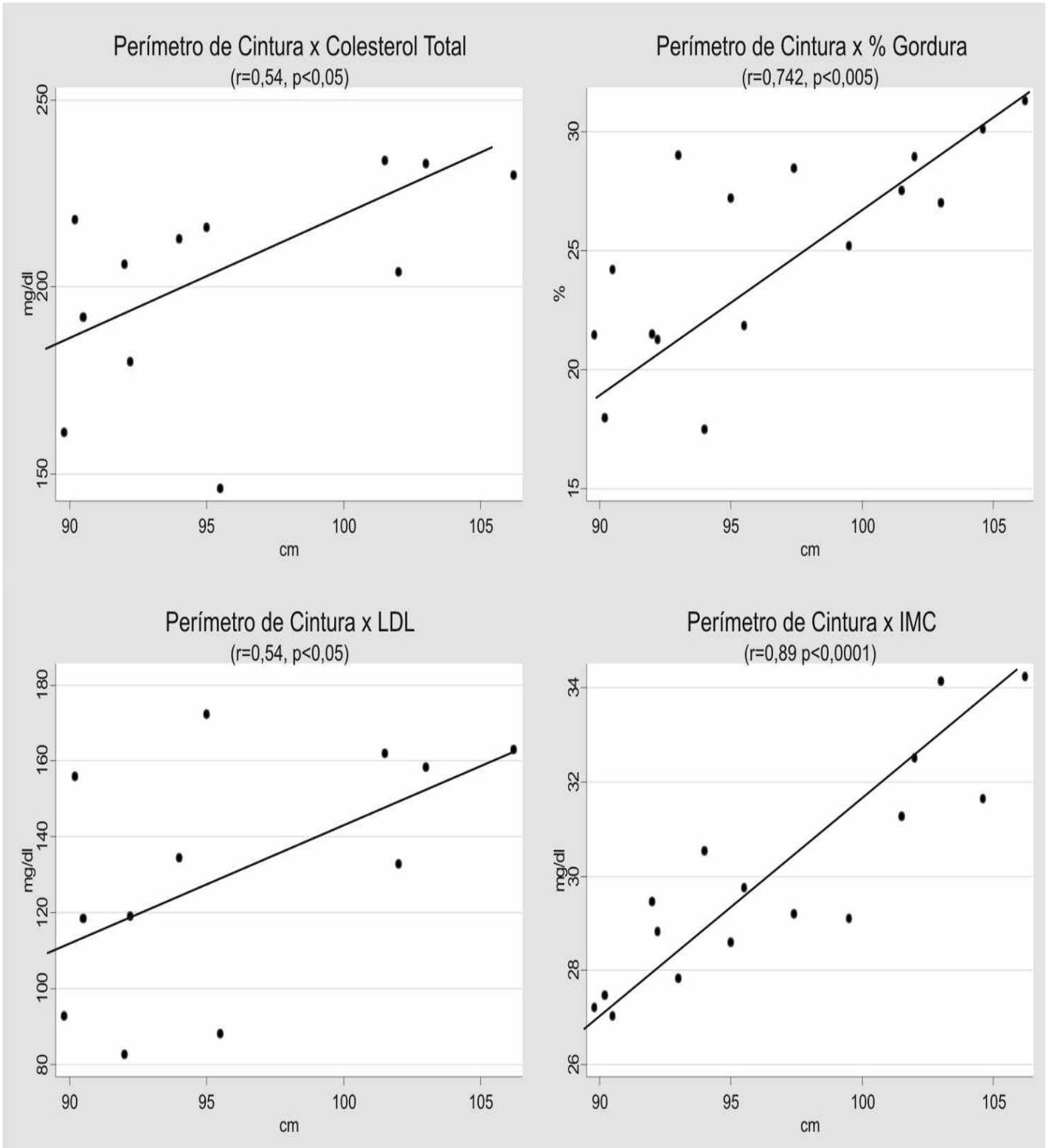
TABELA 1  
CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA (n=19).

Variável	Média	Dp	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	38,1	7,8	21,3	49,8
Massa Corporal (kg)	89,3	7,1	72,7	99,2
Estatura (cm)	172,7	5,6	162,6	182,0
IMC (kg.m <sup>-2</sup> )	30,0	2,35	27,0	34,2
% Gordura	24,9	4,2	17,5	31,3
Colesterol Total (mg.dl <sup>-1</sup> )	206	40,4	146,0	278,0
HDL-c (mg.dl <sup>-1</sup> )	44,1	9,3	34,0	64,0
LDL-c (mg.dl <sup>-1</sup> )	131,0	32,3	87,0	182,2
Triglicerídeos (mg.dl <sup>-1</sup> )	147,2	66,1	77,0	347,0
Glicemia (mg.dl <sup>-1</sup> )	86,4	14,6	57,0	104,0
RCQ	0,934	0,046	0,833	1,048
Perímetro da Cintura de Han (cm)	101,6	6,8	90,3	114,5

Foi encontrada relação direta entre o %G e a glicemia (r=0,622) e entre o %G e o LDL-c (r=0,451), todos para p<0,05. No entanto, não foram encontradas relações com o CT, HDL-c e TG.

O perímetro da cintura de Han mostrou correlação direta com o percentual de gordura (r=0,84; p<0,0001), colesterol total (r=0,88; p<0,0001), LDL-c (0,54; p<0,05) e IMC (r=0,89; p<0,0001), como pode ser constatado no GRÁFICO 1.

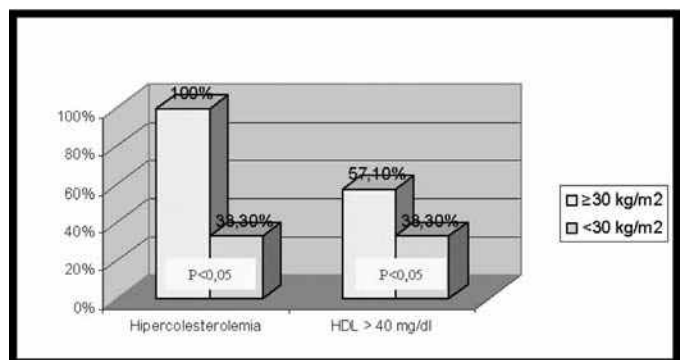
GRÁFICO 1  
CORRELAÇÃO ENTRE O PERÍMETRO DA CINTURA E COLESTEROL TOTAL, LDL-COLESTEROL,  
PERCENTUAL DE GORDURA E IMC.



Ao realizar a análise de prevalência dos fatores de risco de maneira categorizada, encontrou-se menor prevalência de sujeitos com  $IMC \geq 30 \text{ kg.m}^{-2}$  em indivíduos que praticavam atividade física regularmente (50,0% x 8,33%;  $p < 0,05$ ).

O IMC maior que  $30 \text{ kg.m}^{-2}$  se mostrou associado ao aumento da prevalência de hipercolesterolemia (33,3% x 100%;  $p < 0,05$ ) e diminuição da prevalência de indivíduos com  $HDL-c > 40 \text{ mg.dl}^{-1}$  (57,1% x 33,3%;  $p < 0,05$ ) (GRÁFICO 2).

GRÁFICO 2  
PREVALÊNCIA PELO IMC.



Com relação às características da atividade física realizada, a frequência semanal de atividade física mostrou influência inversa na prevalência de sujeitos com  $IMC > 30 \text{ kg.m}^{-2}$ , encontrando-se 50% de sujeitos entre aqueles que realizavam mais de três sessões semanais e 100% naqueles que realizavam no máximo três sessões ( $p < 0,05$ ).

A glicemia em jejum maior que  $100 \text{ mg.dl}^{-1}$  se mostrou mais presente entre os sujeitos com perímetro de cintura maior que 102 cm ( $p < 0,05$ ) e em sujeitos com  $IMC$  maior que  $25 \text{ Kg.m}^{-2}$  ( $p < 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

Ao se avaliar os efeitos do exercício físico sobre os diferentes fatores de risco de DCV, vários autores apresentam dados bastante semelhantes quanto ao benefício dessa prática, tanto como coadjuvante terapêutico, quanto como fator de profilaxia, sobretudo quando em associação com perda de massa gorda e programas dietéticos. A relação protetora do treinamento físico encontrada neste

estudo está de acordo com o que sugere a literatura científica (Martinez, 2004; Kujala et al., 1998) que afirma existir uma correlação direta entre frequência e intensidade da atividade física com os níveis de HDL-c, bem como relação inversa com os níveis de colesterol total e de LDL-c, assim como o percentual de gordura e o IMC.

Aparentemente, o tipo de sistema energético predominante no exercício físico apresenta influência limitada sobre os dados bioquímicos. Sabia et al. (2004) e Bestetti e Santos (1984) sugerem que, em sujeitos com IMC elevado, os exercícios aeróbicos melhoraram de modo mais evidente o HDL-c, o LDL-c e o CT em comparação com as atividades anaeróbicas, mais eficientes para o TG e HDL-c somente. Este estudo também corrobora os achados deste trabalho, considerando que os sujeitos realizavam, predominantemente, atividades aeróbicas.

No caso específico das modificações bioquímicas, os resultados, embora menos homogêneos quanto aos aspectos quantitativos das diferentes variáveis, também se mostraram significativos. Barbato et al. (2006) sugerem que um menor peso corporal, sob um regime de exercícios físicos e dieta, estabeleceu valores de redução nos níveis de CT e de LDL-c. Resultados semelhantes (Martinez, 2004; Denke, 1993) também apontam para a influência do %G com os níveis de LDL-c e glicemia de jejum, corroborando os achados do presente estudo.

Os parâmetros de mensuração do condicionamento físico e de sua influência no organismo se mostraram qualitativamente adequados, mesmo em suas diferenças e peculiaridades. Anjos (1992) ressalta a validade do uso do IMC, sobretudo quanto ao aspecto da praticidade do método como um facilitador. Estudos de Lotufo (1998), do NIH (2001) e de Martinez (2004) sugerem que o IMC influencia a incidência de hipercolesterolemia de maneira geral e sofre influência das características da atividade física, o que está de acordo com os achados deste estudo. Ainda, com relação à composição corporal, o %G se mostra influenciado pela intensidade e duração do treinamento físico, indo ao encontro do estudo de Sesso et al. (2000).

Os dados sugerem que o sobrepeso aumenta o risco de morbidade, o que está de acordo com a literatura internacional. A análise da distribuição central da gordura mostrou-se bastante importante,

relacionando-se com os níveis de glicemia de jejum, o %G de maneira geral e o  $VO_{2máx}$ , mais uma vez de acordo com a literatura estudada (ABESO, 2001; Han, 1995). A considerável associação encontrada entre as variáveis antropométricas dos sujeitos estudados, assim como entre os resultados do exame de glicemia de jejum, mostra a influência daquelas na prevalência desta disfunção, potencializada pelo fato da amostra ser composta por sujeitos com sobrepeso. Infere-se que esta prevalência pode reduzir por meio do simples controle e melhora do estado nutricional e do condicionamento físico destes militares.

### CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A deposição central de adiposidade, medida pelo perímetro de cintura de Han, relacionou-se inversamente com os níveis séricos de glicemia de jejum e diretamente com o percentual de gordura.

Da análise da relação entre o %G e a glicemia e entre o %G e o LDL-c, os achados, de modo geral, vão ao encontro do que é efetivamente descrito na literatura, isto é, a relação direta de proporcionalidade. Quanto ao IMC e sua influência nos índices lipídicos, valores maiores que  $25 \text{ kg.m}^{-2}$  se mostraram associados a um aumento da prevalência de hipercolesterolemia e a uma diminuição da prevalência de indivíduos com  $\text{HDL-c} > 40 \text{ mg.dl}^{-1}$ .

Baseado nos dados apresentados e nas informações obtidas durante este estudo, sugere-se que:

1. Seja realizada uma abordagem individualizada e multiprofissional nos militares que apresentaram

%G acima de 25%, visando promover a recuperação do estado de saúde dos mesmos;

2. Seja amplamente divulgada, pelo Comando do Exército Brasileiro, através dos veículos de comunicação existentes na Força, campanhas sobre a importância da manutenção do bom condicionamento cardiorrespiratório, bem como da prevenção da obesidade, através de níveis adequados de atividade física e do controle nutricional nos aquartelamentos (preparo, balanço da dieta e quantidade consumida).

3. Sejam mantidas a regularidade, frequência e duração das sessões de treinamento físico previstas no manual de Treinamento Físico do Exército Brasileiro, objetivando a manutenção da saúde da tropa;

4. Seja incentivado o uso do perímetro de cintura (Han) e o IMC nos exames pré-Teste de Aptidão Física, para identificar precocemente possíveis fatores de risco, facilitando a adequada prevenção de DCV; e

5. Sejam incentivados e implementados novos estudos, visando aumentar a robustez destes achados e analisar novos problemas que possam levar à obesidade.

#### Endereço para correspondência:

Av João Luiz Alves, s/nº (Forte São João) - Urca  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil - CEP 22291-090  
Tel: 21 2543-3323  
e-mail: ecmartinez@click21.com.br

---

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESO (Associação Brasileira de Estudos sobre Obesidade). 2001. I Consenso Latino Americano de Obesidade. Disponível em: <<http://www.abeso.org.br>>. Acesso em: 19 dez 2001.

ANJOS LA. Índice de massa corporal como indicador do estado nutricional de adultos: revisão de literatura. Rev Saúde Pública 1992;26:431-6.

BARBATO KBG, MARTINS RCV, RODRIGUES MLG, BRAGA JU, FRANCISCHETTI EA, GENELHU V. Efeitos da redução de peso superior a 5% nos perfis hemodinâmicos, metabólico e neuroendócrino de obesos grau I. Arquivos Brasileiros de Cardiologia 2006;87(1):12-21.



- BESTETTI RB, SANTOS JE. Influência do exercício físico aeróbico na prevenção da doença coronariana. Rev Saúde Pública 1984;18(4):333-6.
- BRASIL. Ministério da Saúde, 2001. Informações hospitalares do DataSus. Disponível em: <<http://portal.saude.gov.br/portal/aplicacoes/anuario2001/index.cfm>>. Acesso em: 08 fev 2005.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior do Exército. Anuário Estatístico do Exército, 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Divisão Nacional de Epidemiologia. Brasília. CENEA / FNS / MS: Informe Epidemiológico do SUS, 1998.
- CALLAWAY CW, CHUMLEA WC, BOUCHARD C, HIMES JH, LOHMAN TG, MARTIN AD et al. In: LOHMAN TG, ROCHE AF, MARTORELL R. Anthropometric standardization reference manual. Illinois: Human Kinetics Books, 1988.
- DENKE MA, SEMPOS CT, GRUNDY SM. Excess body weight. An underrecognized contributor to high blood cholesterol levels in white American men. Arch Intern Med 1993;153:1093-103.
- DORN JM, SCHISTERMAN EF, WINKELSTEIN W, TREVISAN M. Body mass index and mortality in a general population sample of men and women. The Buffalo Heathy Study. Am J Epidemiol 1997;146:919-31
- ELLIS KJ. Visceral fat mass in childhood: a potential early marker for increased risk of cardiovascular disease. Am J Clin Nutr 1997;65:1887-8.
- GRUNDY SM. Hypertriglyceridemia, insulin resistance and metabolic syndrome. Am J Cardiol 1999;83:25F-9F.
- HAN TS, VAN LEER EM, SEIDLL JC, LEAN ME. Waist circumference action levels in the identification of cardiovascular risk factors: prevalence study in a random sample. BMJ 1995;311:1401-5.
- KUJALA UM, KAPRIO J, SARNA S, KOSKENVUO M. Relationship of leisure-time physical activity and mortality: the finnish twin cohort. JAMA 1998;279:440-4.
- LOTUFO PA. Mortalidade precoce por doença do coração no Brasil: comparação com outros países. Arquivos Brasileiros de Cardiologia 1998;70:321-5.
- MARTINEZ EC. Fatores de risco de doenças ateroscleróticas coronarianas em militares da ativa do exército brasileiro com idade superior a 40 anos. Dissertação de Mestrado. Escola Nacional de Saúde Pública/Fiocruz, 2004.
- MONDINI L, MONTEIRO CA. Mudanças no padrão de alimentação. In: MONTEIRO CA, org. Velhos e novos males da saúde do país. São Paulo: Editora HUCITEC/NUPENS/USP, 2000.
- NATIONAL HEART, LUNG AND BLOOD INSTITUTE/INSTITUTES OF DIABETES AND DIGESTIVE AND KIDNEY DISEASES. Clinical guidelines on the identification, evaluation and treatment of overweight and obesity in adults: the evidence report. Bethesda: National Institutes of Health, 1998;1-228.
- NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH. 2001. National cholesterol education program. Adult treatment panel III report. Disponível em: <[http://www.nhlbi.nih.gov/guidelines/cholesterol/atp3\\_rtp.htm](http://www.nhlbi.nih.gov/guidelines/cholesterol/atp3_rtp.htm)>. Acesso em: 20 dez 2002.

PEREIRA RA, SICHIERI R, MARINS VMR. Razão cintura/quadril como preditor de hipertensão arterial. Cad Saúde Pública 1999;15(2):333-44.

POLLOCK ML, WILMORE JH. Exercícios na saúde e na doença. 2ª ed. Rio de Janeiro: Ed MEDSI, 1993.

POPKIN BM. The nutrition transition and obesity in the developing world. J Nutr 2001;131:871S-873S.

SABIA RV, SANTOS JE, RIBEIRO RPP. Efeito da atividade física associada à orientação alimentar em adolescentes obesos: comparação entre o exercício aeróbio e anaeróbio. Revista Brasileira de Medicina do Esporte 2004;10(5):349-55.

SALEH J, SNIDERMAN AD, CIANFLONE K. Regulation of plasma fatty acid metabolism. Clin Chim Acta 1999;286(1-2):163-80.

SESSO HD, PAFFENBARGER Jr RS, LEE IM. Physical activity and coronary heart disease in men. The Harvard Alumni Health Study. Circulation 2000;102:975-80.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Geneve: WHO Thecnical Report Series, 2000;894.

REVISTA DE  
**EDUCAÇÃO FÍSICA**



RESGATANDO A MEMÓRIA DA EDUCAÇÃO FÍSICA.  
CONSTRUINDO O CONHECIMENTO FUTURO.

1932  2007

EXÉRCITO BRASILEIRO

Artigo de Revisão

## HOMEOSTASE DE COBRE E ATIVIDADE FÍSICA

Josely Correa Koury<sup>1</sup>, Carmen Marino Donangelo<sup>2</sup>

1 - Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - Brasil.

2 - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - Brasil.

### Resumo

O cobre é um metal de transição essencial para a manutenção de vários processos biológicos, alguns deles importantes para a atividade física, tais como: para o metabolismo energético, para a homeostase de ferro e para os mecanismos de proteção antioxidante. No entanto, o cobre também participa de reações oxidativas que promovem a liberação de radicais livres, podendo prejudicar a integridade e a função celular. A atividade física e a dieta são fatores que afetam a homeostase do cobre, podendo interferir na sua capacidade antioxidante. A atividade física intensa promove uma maior utilização de oxigênio, favorecendo a

liberação de radicais livres, com danos irreversíveis ao organismo, quando os mecanismos naturais de proteção, incluindo os dependentes de cobre, não são adequadamente estimulados. Uma dieta deficiente em cobre e/ou desequilibrada, tal como com o uso de suplementação nutricional descontrolada de ácido ascórbico e zinco, comum entre atletas, interfere na absorção e na utilização do cobre, prejudicando sua ação como antioxidante. Este trabalho de revisão teve como objetivo mostrar a importância biológica do cobre e da manutenção da sua homeostase na atividade física intensa.

**Palavras-chave:** Cobre, Atletas, Cuproenzimas, Metalotioneína, Superóxido Dismutase.

Revised Article

### HOMEOSTASIS OF COPPER AND PHYSICAL ACTIVITY

#### Abstract

Copper is an essential metal for the maintenance of various biological processes; some of them are important to the physical activity: energetic metabolism, homeostasis of copper and the mechanisms of antioxidant protection. Yet, copper also participates in oxidative reactions that promote the liberation of free radicals, which may harm the integrity and cellular function. The physical activity and the diet are factors that affect the homeostasis

of copper, interfering in the antioxidant capacity. The intense physical activity fosters a bigger utilization of oxygen, favoring the liberation of free radicals, with irreversible damages to the organism, when natural mechanisms of protection, including the dependents on copper, are not adequately stimulated. A diet insufficient or unbalanced in copper, as using uncontrolled nutritional supplement of ascorbic acid and zinc, common among athletes, interferes in the assimilation and utilization of copper, harming its antioxidant action. This review focused on showing the biological importance of copper and the maintenance of its homeostasis in the intense physical activity.

**Key words:** Copper, Athletes, Cuprous Enzymes, Metalotionein, Super Oxide Dismutasis

Recebido em 20.09.2006. Aceito em 14.11.2006.

## INTRODUÇÃO

O cobre é um elemento traço essencial para inúmeras funções biológicas, desempenhando papel importante na atividade física, através da sua participação no metabolismo energético, na homeostase do ferro e em mecanismos de proteção antioxidante como componente de diversas enzimas (Speich et al., 2001). No entanto, o íon cobre livre, tanto em estado oxidado ( $\text{Cu}^{2+}$ ), quanto em estado reduzido ( $\text{Cu}^{+}$ ), pode catalisar a formação de espécies reativas de oxigênio e atuar como pró-oxidante, condição favorecida na atividade física intensa. A ação pró-oxidante do cobre é controlada por rigorosos e complexos mecanismos que mantêm a sua homeostase no organismo (Gaetke e Chow, 2003). A adequação destes mecanismos é particularmente importante em indivíduos que praticam atividade física intensa e regular.

O consumo adequado de cobre é importante para assegurar o bom desempenho de atletas. Em geral, a ingestão de cobre de atletas de diferentes modalidades supera as recomendações dietéticas (Lukaski et al., 1990; Singh e Evans, 1993; Lukaski et al., 1996; Koury et al., 2004). No entanto, outros nutrientes, tais como ácido ascórbico, ferro e zinco, quando consumidos em excesso, podem causar efeitos adversos sobre a homeostase de cobre e, possivelmente, prejudicar a manutenção de sua função antioxidante (Harris, 1992). O uso de suplementos nutricionais que não contemplam adequadamente o fornecimento de cobre é bastante comum entre atletas, podendo prejudicar a função essencial do cobre durante a atividade física.

Este trabalho de revisão tem por objetivo destacar a importância biológica do cobre e da manutenção da sua homeostase, no controle do estresse oxidativo, associado ao exercício físico intenso.

## DISCUSSÃO

### Funções biológicas do cobre

O cobre participa de diversas funções no organismo, sendo essencial nos sistemas imune, nervoso e cardiovascular, bem como na manutenção da saúde óssea. O cobre é componente de um grande número de proteínas e enzimas que desempenham funções

biológicas fundamentais às células e que contribuem para a manutenção de sua homeostase (Gaetke e Chow, 2003; Harris, 1992).

Algumas das principais enzimas e proteínas cobre-dependentes são apresentadas na TABELA 1. A enzima mitocondrial citocromo c oxidase é importante para a produção celular de energia, uma vez que está envolvida na cadeia de transporte de elétrons, onde reduz o oxigênio à água com formação de ATP. As ferroxidases, como a ceruloplasmina (ferroxidase I) e a ferroxidase II, são enzimas cobre-dependentes que participam da manutenção da homeostase de ferro no organismo. A ceruloplasmina possui, ainda, função de varredor de radicais livres e participa da oxidação de aminas aromáticas e fenóis. A enzima lisil oxidase desempenha função crucial na formação, manutenção e estabilização do tecido conjuntivo. A dopamina- $\beta$ -monooxigenase participa da produção de catecolaminas, catalisando a conversão da dopamina à noraepinefrina. A enzima cobre-zinco superóxido dismutase é encontrada no citoplasma das células e no meio extracelular, estando envolvida na dismutação do radical livre ânion superóxido a peróxido de hidrogênio e água. A metalotioneína é uma proteína rica em resíduos de cisteína capaz de ligar zinco, cádmio e cobre, sendo importante na manutenção de níveis adequados destes metais dentro das células. A metalotioneína reduz a toxicidade do cobre, limitando a sua participação em reações que favorecem a liberação de espécies reativas de oxigênio (Failla et al., 2001; Tapieiro et al., 2003).

Tal como o ferro, o cobre é um metal essencial aos seres vivos, mas, também, potencialmente tóxico às células pela facilidade de sofrer mudanças do estado de oxidação na forma de íon livre. Portanto, para que as cobre-proteínas desempenhem suas funções essenciais de forma satisfatória, tais como as antioxidantes, o íon cobre precisa estar adequadamente compartimentalizado e presente em concentrações intra e extracelulares adequadas. Tanto a deficiência, quanto o excesso deste mineral podem trazer prejuízos à integridade celular (Failla et al., 2001).

A manutenção da homeostase de cobre no organismo exige mecanismos bastante complexos de absorção, transporte, captação, distribuição e detoxificação celular, alguns deles dependentes de outros nutrientes.



TABELA 1  
EXEMPLOS DE ENZIMAS E OUTRAS  
PROTEÍNAS COBRE-DEPENDENTES.

PROTEÍNA	FUNÇÕES BIOLÓGICAS
Citocromo c oxidase	Transporte de elétrons na mitocôndria.
Ceruloplasmina (ferroxidase I)	Transporte de cobre no plasma, ferroxidase, quelante de íons superóxido gerados na circulação.
Lisil oxidase	Formação de ligações cruzadas no colágeno e elastina.
Dopamina β-hidroxilase	Catalisa a conversão da dopamina à noradrenalina.
Cobre-zinco superóxido dismutase	Detoxificação do íon superóxido.
Tirosinase	Síntese de melanina.
Metalotioneína	Importante na manutenção de concentrações adequadas de cobre intracelular, evitando a toxicidade.
Fatores V e VIII da coagulação sangüínea	Participa da coagulação sangüínea.
Hefestina	Promove o efluxo de ferro dos enterócitos.

Adaptado de Failla et al. (2001) e Tapieiro et al. (2003).

## Homeostase do cobre

O cobre ingerido é absorvido na primeira porção do intestino delgado, através de mecanismos não completamente conhecidos. Sabe-se que a captação pelo epitélio intestinal é facilitada por transportadores específicos e não específicos, localizados na membrana em borda estriada (Wapnir, 1998). A absorção é, provavelmente, controlada pela quantidade total de cobre dietético ingerido (Turnlund, 1998). O mecanismo de transporte é ativo saturável quando há baixa concentração intraluminal de cobre, devido à reduzida ingestão. Já a difusão passiva é o principal mecanismo de absorção quando a ingestão de cobre dietético é elevada. A eficiência de absorção de cobre é de, geralmente, 20 a 50%, sendo controlada pela necessidade de cobre do organismo e regulada pela metalotioneína das células intestinais (Tapieiro et al., 2003).

O cobre absorvido pelas células da mucosa intestinal é transportado na circulação, ligado, primariamente, à albumina, transcupreína e ligantes de baixo peso molecular como alguns aminoácidos - histidina, metionona e cisteína (Jacob et al., 1987).

A maior parte do cobre absorvido é mobilizada para o fígado e incorporado à ceruloplasmina, uma pequena parte é transportada para o rim. Ainda não está estabelecida a forma de captação do cobre no rim. Provavelmente, ocorre a filtração pelo glomérulo e reabsorção pelos túbulos renais (Danks, 1988). Quando a ingestão é elevada, o cobre hepático pode ser incorporado à metalotioneína, proteína considerada um agente importante de detoxificação em humanos e ratos (Hammer, 1986; Suzuki et al., 2002).

As células hepáticas possuem um sistema bem integrado no controle da adequação da quantidade de cobre intracelular (Gaetke e Chow, 2003). O cobre, primeiramente, é transportado para dentro das células ligado a uma ou mais proteínas transmembrana (CTR1). No citoplasma, o cobre liga-se a um grupo de proteínas receptoras (metalochaperones) que direcionam e transferem o cobre para as estruturas celulares contendo as diversas apo-cuproproteínas, substâncias sem a incorporação do cobre.

Os cobre-chaperones são designados como: CCS (direciona o cobre para o citoplasma para a síntese de cobre-zinco superóxido dismutase), Atox1 (direciona o cobre para as ATPases 7A e 7B, que servem como mediadoras no transporte de cobre dependente de energia, para o lúmen do complexo de Golgi, para futura síntese de ceruloplasmina e lisil oxidase) e COX17 (direciona o cobre para as mitocôndrias para síntese de citocromo c oxidase). Os chaperones auxiliam na proteção intracelular contra o poder de óxido-redução do cobre (Gaetke e Chow, 2003).

Quando o cobre intracelular está elevado, as ATPases que translocam cobre são redistribuídas para dentro de vesículas citoplasmáticas. Estas vesículas contêm o *pool* de cobre intracelular destinado ao efluxo, através de mecanismo de exocitose, contribuindo, portanto, para evitar o acúmulo de cobre intracelular em níveis tóxicos. Outro mecanismo (secundário) de controle da toxicidade do cobre intracelular é através de metalotioneínas, que são proteínas ricas em cisteína com afinidade por íons de metais pesados e por íons cobre e zinco (Gaetke e Chow, 2003). Cada molécula de metalotioneína é capaz de ligar até 12 átomos de cobre, zinco e cádmio. Seu papel parece ser de armazenamento ou de seqüestro do excesso de íons metálicos, evitando a intoxicação.

Este papel torna-se importante quando o processo de efluxo celular de cobre está comprometido, seja por alterações na ATP7A ou ATP7B, ou quando há exposição aguda a elevadas concentrações de cobre (Bremner, 1987).

O mecanismo primário que regula a homeostase do cobre no organismo é a sua excreção, evitando que o cobre seja acumulado e seu excesso leve à toxicidade. A principal via de excreção de cobre é através da bile, originada de fragmentos de ceruloplasmina proveniente do catabolismo hepático (Tapieiro et al., 2003). O cobre é excretado principalmente pelas fezes ( $0,5 - 2,5 \text{ mg.dia}^{-1}$ ) e, em pequenas quantidades, pelo suor ( $20 - 100 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e pela urina ( $5 - 50 \mu\text{g.dia}^{-1}$ ) (Johnson e Kays, 1990). A adequação destes mecanismos favorece o caráter antioxidante do cobre, enquanto que a inadequação propicia seu caráter pró-oxidante.

### **Cobre como antioxidante**

O cobre participa das enzimas superóxido dismutase e ceruloplasmina que possuem características antioxidantes, protegendo diferentes estruturas celulares da ação de espécies reativas de oxigênio.

### **Superóxido dismutase**

A redução do oxigênio por um elétron produz o ânion superóxido, radical livre potencialmente lesivo às células, processo favorecido nas mitocôndrias. Apesar da citocromo c oxidase proteger desta redução, a liberação de pequena quantidade do ânion superóxido é inevitável e a função da superóxido dismutase é reduzir a ação lesiva do ânion superóxido, catalisando sua conversão a espécies menos reativas (Radak, 2000).

O radical íon superóxido não atravessa as membranas biológicas, havendo necessidade da presença da enzima superóxido dismutase em distintos compartimentos celulares (mitocôndria e citosol) e no espaço extracelular (Fridovich, 1995). A enzima superóxido dismutase possui três isoformas, sendo duas intracelulares (manganês-dependente, mitocôndrias e cobre-zinco-dependente, citoplasma), além da cobre-zinco extracelular. A cobre-zinco superóxido dismutase é uma enzima muito

estável, tendo o cobre como cofator essencial para a atividade catalítica, enquanto que o zinco desempenha função estrutural (McCord e Fridovich, 1969).

O centro ativo da Cu-Zn superóxido dismutase é carregado positivamente e circundado por um anel de radicais com carga negativa. O ânion superóxido é atraído eletrostaticamente para o centro ativo e liga-se ao  $\text{Cu}^{+2}$ , promovendo a transferência de um elétron e formando  $\text{Cu}^+$  e oxigênio, que é liberado. O segundo ânion superóxido penetra no centro ativo e liga-se ao  $\text{Cu}^+$ , à arginina e ao íon hidrogênio, adquirindo um elétron. Com isso, é formado o peróxido de hidrogênio e o  $\text{Cu}^{+2}$  é recuperado. A enzima catalase, ferro-dependente, atua sobre o peróxido de hidrogênio produzido, impedindo que o mesmo sofra ação de íons livres de metais como ferro e cobre (Stryer, 1996).

Tecidos como fígado, rim, cérebro, glândula adrenal, muscular esquelético e coração, dentre outros, possuem elevada atividade da Cu-Zn superóxido dismutase (Radak, 2000). No tecido muscular, diferenças na atividade desta enzima entre os tipos de fibras musculares são pequenas, embora alguns autores tenham encontrado, em ratos, maior atividade desta enzima nas fibras musculares de contração rápida (tipo IIb) (Jonhson, 2002).

Os eritrócitos, por estarem constantemente expostos ao oxigênio, requerem mecanismos de defesa antioxidante muito ativos para prevenir ou reduzir lesões oxidativas. A Cu-Zn superóxido dismutase eritrocítica protege estas células de radicais lesivos. Na deficiência de cobre, em estudos com ratos, tem sido observado aumento da lesão oxidativa em eritrócitos e alteração nas proteínas da membrana celular em função da reduzida atividade da superóxido dismutase (Sukalski et al., 1997).

Entre os fatores identificados como estimulantes da atividade da Cu-Zn superóxido dismutase destaca-se a adequação da ingestão dietética do cobre e o exercício físico (Jonhson, 2002). A atividade física regular eleva esta atividade enzimática, sendo maior nas modalidades aeróbias do que nas anaeróbias (Tuya et al., 1996), podendo ser, também, influenciada pela intensidade de treinamento físico (Marzatico et al., 1997).

## **Ceruloplasmina**

A ceruloplasmina é uma glicoproteína presente no plasma, caracterizada pela presença de seis átomos de cobre incorporados durante sua biossíntese hepática. Em humanos, possui ação de ferroxidase, pois é capaz de oxidar o íon ferroso em íon férrico (Hellman e Gitlin, 2002). Alguns autores têm demonstrado em animais (porcos e cachorros) que, subsequente à oxidação catalisada pela ceruloplasmina, o íon férrico é incorporado à apotransferrina, tornando a ceruloplasmina uma enzima importante na homeostase do ferro (Hellman e Gitlin, 2002).

A concentração de cobre extracelular exerce efeito direto sobre a qualidade de síntese e secreção de ceruloplasmina. Mesmo quando ocorre reduzida incorporação de cobre durante a síntese, como no caso de deficiência de cobre, há liberação de um produto instável (apoceruloplasmina) desprovido da atividade de ferroxidase (Hellman e Gitlin, 2002). Portanto, o fornecimento adequado de cobre é importante para manter a síntese de ceruloplasmina funcionalmente adequada.

A função antioxidante da ceruloplasmina consiste não apenas em sua capacidade de manter os íons cobre e ferro ligados a suas proteínas específicas, evitando que os mesmos participem da reação de Fenton, mas, também, no seu efeito varredor sobre os ânions superóxido e outras espécies reativas de oxigênio. A ceruloplasmina inibe a oxidação de lipídeos e fosfolipídeos, protegendo estruturas protéicas e DNA de lesões (Gutteridge, 1985) e, ainda, é considerada como proteína de fase aguda, uma vez que em condições especiais, tais como trauma, infecções e processos inflamatórios, há elevação de sua concentração plasmática, reduzindo as conseqüências lesivas associadas a essas condições (Hellman e Gitlin, 2002).

Durante o exercício físico intenso há liberação de espécies reativas de oxigênio e estímulo ao processo inflamatório através da liberação de citocinas (Fox et al., 1995), podendo resultar em elevação da concentração de ceruloplasmina (Meyer et al., 2001), já que tanto a síntese quanto a liberação de ceruloplasmina no plasma são estimuladas pelas interleucinas 1 e 6 (Anuradha e Balakrishnam, 1998). No entanto, é possível que o aumento de ceruloplasmina em resposta às interleucinas no

exercício físico esteja, também, associado ao seu papel como antioxidante (Linder e Hazegh-Azam, 1996).

## **Cobre como pró-oxidante**

Diversos mecanismos têm sido propostos para explicar a participação do cobre na lesão celular. O íon cobre livre participa da formação de radicais livres tanto na forma cúprica quanto na forma cuprosa (Gaetke e Chow, 2003). Na presença de íons superóxido ou de agentes redutores, como o ácido ascórbico e glutathione, o íon cúprico ( $\text{Cu}^{+2}$ ) pode ser reduzido à cuproso ( $\text{Cu}^+$ ), sendo capaz de catalisar a formação de radicais hidroxila a partir do peróxido de hidrogênio, via reação de Fenton (Jonhson, 2002). A hidroxila é o radical livre mais lesivo às células, podendo causar danos em praticamente todas as moléculas biológicas através da peroxidação de lipídeos das membranas celulares e da oxidação de estruturas protéicas e do DNA (Gaetke e Chow, 2003).

A origem do íon cobre livre pode ser através da ação direta do peróxido de hidrogênio sobre a ceruloplasmina (Halliwell e Gutteridge, 1989). O peróxido de hidrogênio é capaz de fragmentar a estrutura da ceruloplasmina, com conseqüente liberação do íon cobre que poderá participar das reações químicas que liberam a hidroxila. Além disso, a redução da atividade de ferroxidase da ceruloplasmina, associada à perda do cobre ligado, favorece a participação do íon ferroso livre na reação de Fenton, aumentando ainda mais a formação do radical hidroxila (Halliwell e Gutteridge, 1989).

Em condições normais, o peróxido de hidrogênio, resultante da ação citoplasmática e extracelular da superóxido dismutase sobre o ânion superóxido, não se acumula, em virtude da ação da enzima catalase. No entanto, durante a atividade física intensa, há maior liberação de peróxido de hidrogênio, associada à ação da xantina oxidase, à cadeia de transporte de elétrons e à maior atividade da superóxido dismutase devido à elevação na produção mitocondrial de ânion superóxido (Choi et al., 2000). Portanto, a atividade física intensa favorece a produção de peróxido de hidrogênio e sua conseqüente ação sobre a ceruloplasmina, condições que propiciam a ação pró-oxidante do cobre.

## **Adaptação da homeostase de cobre à atividade física**

A concentração plasmática de cobre, em atletas, pode se apresentar elevada (Tuya et al., 1996) ou inalterada (Koury et al., 2004; Koury et al., 2005). Tuya et al. (1996), ao compararem atletas de modalidades basicamente aeróbias e anaeróbias, observaram que os atletas de modalidades anaeróbias possuíam maior concentração de cobre plasmático. As diferentes concentrações plasmáticas de cobre encontradas podem ser parcialmente explicadas pelo tipo de treinamento imposto a cada modalidade esportiva estudada. O treinamento físico crônico, aparentemente, estimula mecanismos de defesa antioxidante, mobilizando o cobre plasmático para síntese de ceruloplasmina e superóxido dismutase (Lukaski, 1996).

Tal como ocorre com o cobre plasmático, alterações na concentração da ceruloplasmina associadas à atividade física intensa são contraditórias. Anuradha e Balakrishnam (1998) encontraram aumento significativo da ceruloplasmina em corredores de longa distância, imediatamente após esforço físico intenso (corrida de 10.000m), justificando esta elevação pela propriedade antiinflamatória e antioxidante. Koury et al. (2004) encontraram concentração mais elevada de ceruloplasmina plasmática em corredores fundistas, quando comparados a triatletas, a corredores velocistas e a nadadores, avaliados após 24 horas de repouso. Outros autores não têm observado resultados semelhantes (Lukaski et al., 1990).

Devido ao aumento na liberação de radicais livres, associado ao exercício intenso, a atividade enzimática da Cu-Zn superóxido dismutase eritrocítica e a ceruloplasmina plasmática tendem a aumentar durante e após a atividade física (Lukaski et al., 1990; Marzatico et al., 1997; Meyer et al., 2001). No entanto, nem todos os autores encontraram resultados semelhantes. Tauler et al. (1999), após competição de duatlon, observaram redução na atividade da Cu-Zn superóxido dismutase eritrocítica. As discrepâncias observadas podem ser justificadas pelos diferentes ensaios empregados para determinar a atividade da superóxido dismutase. Além disso, há variações na intensidade e na frequência dos treinamentos usados, o que pode gerar vários níveis de estresse (Radak, 2000; Koury et al., 2004).

A homeostase do cobre em atletas, tal como em sedentários, é também mantida através de mecanismos de excreção. No entanto, a avaliação desses mecanismos é complicada, uma vez que a excreção pelo suor é de difícil quantificação. As técnicas de coleta do suor, após o exercício intenso, são de complicado controle, além das diferenças encontradas na concentração de cobre de acordo com o sítio de coleta. Aruoma et al. (1998), estudando a excreção de cobre em homens adultos, após trinta minutos de bicicleta ergométrica, encontraram maior concentração deste mineral no suor coletado no abdômen do que o coletado no braço, no peito e nas costas.

Alguns autores acreditam que a magnitude da perda de cobre, através do suor, em atletas, não conduza à deficiência de cobre, porém pode reduzir a atividade da Cu-Zn superóxido dismutase (Lukaski et al., 1990; Aruoma et al., 1998; Fogelholm, 1999). Ainda não está claro o significado da maior concentração de íons cobre e ferro em suor de atletas, embora Gutteridge et al. (1985) tenham sugerido que esta desempenhe um efeito protetor através do controle da flora bacteriana da pele. Outro possível papel protetor é a redução da concentração dos íons ferro e cobre livres no plasma, limitando a extensão da formação de hidroxilas por ação destes metais de transição.

## **Influência da dieta sobre a homeostase de cobre**

O cobre é encontrado em vários tipos de alimentos, sendo que sua concentração pode variar de acordo com o solo de cultivo, o tipo de fertilizante e o grau de processamento do alimento. Em alimentos brasileiros, tais como frutas, vegetais, tubérculos e carnes, o teor de cobre varia de 0,02 a 0,41 mg.100g<sup>-1</sup> de alimento (Ferreira et al., 2005).

Diversos estudos têm demonstrado que a absorção, a retenção e a excreção de cobre respondem a flutuações do cobre dietético (Gaetke e Chow, 2003). A ingestão de 0,8mg.d<sup>-1</sup> promoveu um maior grau de absorção (56%) do que 7,5 mg.d<sup>-1</sup> (12%) (Turnlund, 1998). Esta adaptação, tanto na eficiência de absorção quanto na retenção do cobre, garante níveis normais de cobre plasmático e atividade das cuproenzimas em um amplo intervalo de ingestão



dietética (Gaetke e Chow, 2003). No entanto, os mecanismos adaptativos para manter um estado nutricional adequado em cobre deixam de ser efetivos quando a ingestão habitual de cobre é menor do que  $0,7 \text{ mg.d}^{-1}$  (Gaetke e Chow, 2003).

As atuais recomendações nutricionais são de  $900 \text{ } \mu\text{g.d}^{-1}$  para homens e mulheres adultos e a dose máxima tolerável de  $10.000 \text{ } \mu\text{g.d}^{-1}$  (*Food and Nutrition Board*, 2002). Estas recomendações dietéticas foram baseadas em diversos estudos em humanos, em estados de depleção e de suplementação, utilizando como critério uma combinação de indicadores bioquímicos, incluindo cobre e ceruloplasmina plasmáticos, atividade de superóxido dismutase em eritrócitos e concentração de cobre em plaquetas.

A ingestão de cobre por atletas de diferentes modalidades, geralmente, supera ou atende às recomendações dietéticas (Lukaski et al., 1996; Koury et al., 2004). Não há estudos que evidenciem níveis tóxicos de consumo de cobre em atletas, mas é importante lembrar que esta possibilidade se torna real quando há uso indiscriminado de suplementos nutricionais.

A biodisponibilidade do cobre ingerido pode ser alterada pela composição da dieta em circunstâncias especiais. Redução na biodisponibilidade do cobre tem sido observada, geralmente, em indivíduos que fazem uso de dietas restritivas ou de elevados níveis de suplementação de nutrientes específicos, tais como ácido ascórbico, ferro e zinco. Os efeitos prejudiciais destes nutrientes sobre o estado nutricional de cobre são intensificados quando baixas quantidades de cobre são também consumidas (Turnlund, 1998; Failla et al., 2001).

O ácido ascórbico apresenta interação com cobre no local de sua absorção, promovendo a redução do íon cúprico a cuproso, o que reduz a biodisponibilidade do cobre (Van Campen e Gross, 1968). Um estudo realizado com homens jovens que consumiam  $605 \text{ mg.dia}^{-1}$  de ácido ascórbico mostrou redução em 21% na concentração de ceruloplasmina plasmática (Jacob et al., 1987).

A ingestão dietética de ácido ascórbico por atletas é, geralmente, muito superior (cerca de 100 vezes ou mais) às recomendações nutricionais para esta vitamina (Worme et al., 1990; Williams, 1984). A influência do elevado consumo de ácido ascórbico sobre o estado nutricional em cobre, de atletas, não

tem sido ainda relatada na literatura, apesar da sua importância.

A relação entre os minerais cobre e ferro é de difícil avaliação, uma vez que os mecanismos que descrevem suas interações são muito complexos. O ferro depende do cobre para sua absorção e transporte, já que o cobre é cofator das enzimas hefestina e ceruloplasmina (Tapieiro et al., 2003). A hefestina é uma enzima transmembrânica com cerca de 134kDa, primariamente localizada nas vesículas trans-Golgi. Sua função é oxidar o ferro para que possa se ligar à apotransferrina e ser liberado no sangue, através de exocitose (Tapieiro et al., 2003). A ceruloplasmina (ferroxidase I) permite a ligação do ferro à transferrina, para seu transporte até os locais de armazenamento e tecidos hematopoéticos (Hellman e Glitin, 2002). Logo, uma redução na biodisponibilidade de cobre pode afetar o estado nutricional de ferro. No entanto, elevada ingestão de ferro, na forma de sais de ferro inorgânico, pode, também, comprometer o estado nutricional de cobre por competição entre os dois minerais pelo sítio absorptivo (Turnlund, 1998).

A elevada ingestão de zinco induz à síntese de metalotioneína intestinal, favorecendo a retenção do cobre no enterócito pela maior afinidade da metalotioneína pelo cobre, o que limita sua transferência para o plasma (Dibley, 2001). Tem sido demonstrado que a ingestão de  $50 \text{ mg.d}^{-1}$  de zinco, sem concomitante suplementação de cobre, reduz a atividade de superóxido dismutase em eritrócitos (Yadrick et al., 1989). Outros estudos têm, também, demonstrado efeito prejudicial do uso de suplementação de zinco ( $50$  a  $200 \text{ mg.d}^{-1}$ ) sobre indicadores bioquímicos de cobre (*Food and Nutrition Board*, 2002).

A ingestão de zinco por atletas é geralmente superior às recomendações (Lukaski et al., 1990; Worme et al., 1990; Koury et al., 2004). Dependendo da magnitude da ingestão de zinco, poderá haver comprometimento na biodisponibilidade de cobre. Festa et al. (1985) demonstraram que a ingestão adicional de  $10 \text{ mg.d}^{-1}$  de zinco foram suficientes para aumentar a excreção e para reduzir a retenção de cobre.

Atualmente, o consumo de suplemento nutricional rico em zinco é bastante difundido entre atletas, com indicação de ingestão diária acima de  $40 \text{ mg.d}^{-1}$ , dose

máxima tolerável (*Food and Nutrition Board*, 2002). Apesar do uso de doses elevadas de suplementos nutricionais, ainda não há evidências científicas que comprovem a melhora do desempenho físico em função do uso de suplementação excessiva (Powers et al., 2004).

### CONCLUSÃO

O cobre é um nutriente essencial durante a atividade física. Tanto o excesso quanto a deficiência de cobre podem causar danos a várias estruturas celulares, prejudicando o desempenho físico e a saúde do atleta. O uso de suplementos nutricionais de forma descontrolada, contendo ácido ascórbico, ferro

e zinco, tal como é feito com frequência por atletas, pode prejudicar a manutenção da homeostase de cobre. O fornecimento de quantidades adequadas de cobre e de outros nutrientes que alteram sua biodisponibilidade é importante para manter o equilíbrio entre as ações pró e antioxidantes do cobre, principalmente em atletas, devido ao elevado risco de estresse oxidativo.

### Endereço para correspondência:

Josely Correa Koury  
Rua São Francisco Xavier, 524 - 12º andar, sala 12.006  
Maracanã - Rio de Janeiro - Brasil  
CEP: 20559-900  
e-mail: jckoury@gmail.com

---

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANURADHA CV, BALAKRISHNAM SD. Increased lipoprotein susceptibility to oxidation following long distance running in trained subjects. *Clin Chim ACTA* 1998;271:97-103.

ARUOMA OI, REILL T, MACHAREN D, HALLIWELL B. Iron, copper and zinc concentration in human sweat and plasma, the effect of exercise. *Clin Chim ACTA* 1998; 177:81-8.

BREMNER I. Involvement of metallothionein in the hepatic metabolism of copper. *J Nutr* 1987;117:19-29.

CHOI SY, KWON HY, KWON OB, EUM WS, KANG JH. Fragmentation of human ceruloplasmin induced by hydrogen peroxide. *Biochimie* 2000;82:175-80.

DANKS DM. Copper deficiency in humans. *Annu Rev Nutr* 1988;8:235-57.

DIBLEY MJ. Zinc. In: BOWMAN BA, RUSSEL RM. Present knowledge in nutrition. Washington, DC: ILSI, 2001:329-43.

FAILLA ML, JONHSON MA, PROCHASKA JR. Copper. In: BOWMAN BA, RUSSEL RM. Present knowledge in nutrition. Washington, DC: ILSI, 2001:373-81.

FESTA MD, ANDERSON HL, DOWDY RP, ELLERSIECK MR. Effect of zinc intake on copper excretion and retention in men. *Am J Clin Nutr* 1985;41:285-92.

FERREIRA KS, GOMES JC, CHAVES JBP. Copper content of commonly consumed foods in Brazil. *Food Chem* 2005;92:29-32.

FOGELHOLM M. Micronutrients: interaction between physical activity, intakes and requirements. *Public Health Nutrition* 1999;2:349-56.

FOOD AND NUTRITION BOARD. Dietary reference intakes for vitamin A; vitamin K; arsenic; boron; chromium; copper; iodine; iron; manganese; molybdenum; nickel; silicon; vanadium and zinc. Washington, DC: National Academic Press, 2002.

FOX PL, MUKHOPADHYAY C, EHRENVOLD E. Structure oxidativity and cardiovascular mechanisms of human ceruloplasmin. *Life Science*.1995;56:1749-58.

FRIDOVICH I. Superoxide radical and superoxide dismutases. *Ann Rev Biochem* 1995;64:97-112.

GAETKE LM, CHOW CK. Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant nutrients. *Toxicology* 2003; 189:147-63.

GUTTERIDGE JMC. Inhibition of the Fenton reaction by the protein caeruloplasmin and other copper complexes. Assessment of ferroxidase and radical scavenging activities. *Chem Biol Interactions* 1985;56:113-20.

HALLIWELL B, GUTTERIDGE JMC. Free radical in biology and medicine. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Oxford University Press, 1989:214.

HAMMER DH. Metallothionein. *Ann Rev Bioch* 1986;55:913-51.

HARRIS ED. Copper as a cofactor and regulator of Cu, Zn sueroxide dismutase. *J Nutr* 1992;122:636S-640S.

HELLMAN NE, GITLIN JD. Ceruloplasmin metabolism and function. *Ann Rev Nutr* 2002;22:439-58.

JACOB R, SKALA J, OMAJE S, TURNLUND J. Effect of varying ascorbic acid intakes on cooper absorption and ceruloplasmin levels of young men. *J Nutr* 1987;117: 2109-15.

JOHNSON MA, KAYS SE. Cooper: its' role in human nutrition. *Nutrition Today*. 1990;25:6-14.

JONHSON P. Antioxidant enzyme expression in health and disease: effects of exercise and hypertension. *Comp Bioch Physiol part C* 2002;133:493-505.

KOURY JC, OLIVEIRA CF, PORTELLA ES, OLIVEIRA JUNIOR AV, DONANGELO CM. Effect of the period of resting in elite judo athletes: hematological indices and copper/zinc-dependent antioxidant capacity. *Biol Trace Elem Res* 2005; 107:201-11.

KOURY JC, OLIVEIRA JUNIOR AV, PORTELLA ES, OLIVEIRA CF, LOPES GC, DONANGELO C M. Zinc and copper biochemical indices of antioxidant status in elite athletes of different modalities. *Int J Sport Nut Exer Metabol* 2004;14:364-78.

LINDER MC, HAZEGH-AZAM M. Cooper biochemistry and molecular biology. *Am J Clin Nutr* 1996;63:797S-811S.

LUKASKI HC, SIDERE WA, HOVERSON BS, GALLAGHER SK. Iron, cooper, magnesium and zinc status as predictors of swimming performance. *Int J Sports Med* 1996;17:535-40.

LUKASKI HC, HOVERSON BS, GALLAGHER SK, BOLONCHUK WW. Physical training and copper, iron, and zinc status of swimmers. *Am J Clin Nut* 1990;51: 1093-9.

- MARZATICO F, PANSARASA O, BERTORELLI L, SOMENZINI L, DELLA VALLE G. Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxides following long-distance and lactacidemic performances in highly trained aerobic and sprint athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1997;37:235-9.
- MCCORD JM, FRIDOVICH I. Superoxide dismutase. An enzymatic function for erythrocyte (hemocuprein). *J Biol Chem* 1969;244:6049-55.
- MEYER T, GABRIEL HHW, RATZ M, MULLER HJ, KINDERMANN W. Anaerobic exercise induces moderate acute response. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:549-55.
- POWERS SK, DERUSSEAU KC, QUINDRY J, HAMILTON KL. Dietary antioxidants and exercise. *J Sports Sci* 2004;22:81-94.
- RÁDAK Z. Free radicals in exercise and aging. Zsolt Rádak (Ed.). Champaign, IL: Human Kinetics, 2000; 264.
- SINGH A, EVANS P. Dietary intake and biochemical profiles of nutritional status of ultramarathoners. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:328-34.
- SPEICH M, PINEAU A, BALLEREAU F. Minerals trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity. *Clin Chim ACTA* 2001; 12:1-11.
- STRYER L. Bioquímica. Rio de Janeiro, Brasil: Guanabara Koogan, 1996;456.
- SUKALSKI K, LABERGE TP, JOHNSON WT. Vivo oxidative modification of erythrocyte membrane proteins in copper deficiency. *Free Rad Biol Med* 1997;22:835-42.
- SUZUKI KT, SOMEYA A, KOMADA Y, OGRA Y. Roles of metallothionein in copper hemostasis: responses to Cu-deficient diets in mice. *J Inorg Biochem*. 2002;88:173-82.
- TAPIEIRO H, TOWNSEND DM, TEW KD. Trace elements in human physiology and pathology. *Cooper. Biomedicine & Pharmacotherapy* 2003;57:386-98.
- TAULER P, GIMENO I, AGUILÓ A, GUIX MP, PONS A. Regulation of erythrocyte antioxidant enzymes during competition and short-term recovery. *Pflügers Arch – Eur J Physiol* 1999;438:782-7.
- TURNLUND JR. Human whole-body copper metabolism. *Am J Clin Nutr* 1998;67: 960-4.
- TUYA IR, GIL PE, MARIÑO MM, CARRA RM, MISIEGO AS. Evaluation of the influence of physical activity on the plasma concentrations of several trace elements. *Eur J Appl Physiol* 1996;73:299-303.
- VAN CAMPEN DR, GROSS E. Influence of acid ascorbic on the absorption of copper by rats. *J Nutr* 1968;95:617-22.
- WAPNIR RA. Copper absorption and bioavailability. *Am J Clin Nutr* 1998;67:1054S- 1060S.
- WILLIAMS MH. Vitamins and minerals supplements to athletes: do they help? *Clin Sports Med* 1984;3:623-71.
- WORME JD, DOUBT TJ, SINGH A, RYAN CJ, MOSES FM, DEUSTER PA. Dietary patterns, gastrointestinal complaints and nutrition knowledge of recreational triathletes. *Am J Clin Nutr* 1990;51:690-7.
- YADRICK MK, KENNEY MA, WINTERFELDT EA. Iron and zinc status: response to supplementation with zinc or zinc and iron in adult females. *Am J Clin Nutr* 1989;49: 145-50.



Artigo de Revisão

## A POLÍTICA NOS JOGOS OLÍMPICOS

**José Maurício Capinussú**

Universidade Federal do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

---

### Resumo

Este trabalho procura mostrar a influência da política na realização dos Jogos Olímpicos, desde a Grécia antiga até os nossos dias. Para atingir este objetivo, procedemos a uma retrospectiva dos fatos ocorridos, antes e durante as várias competições olímpicas, até a mais recente, Atenas 2004, sendo oportuno destacar que o Comitê Olímpico

Internacional nem sempre se deixou influenciar por qualquer manifestação intimidatória capaz de afetar a ordem cronológica dos Jogos ou ceder a injunções que implicassem no afastamento de qualquer país representado por seu comitê olímpico nacional.

**Palavras-chave:** Jogos Olímpicos, Competições, Política.

---

Revised Article

### POLITICS IN THE OLYMPIC GAMES

### Abstract

This study attempts to show the influence of politics in the realization of the Olympic Games, since the ancient Greece up to the present days. In order to accomplish this goal, we have made a retrospect of the facts, before and during the several

Olympic competitions, until the most recent one. Athens 2004, and it is important to highlight that the international Olympic committee was not always influenced by any kind of inhibitory manifestation capable of affecting the chronological order of the games or ceding the injunctions which imply in the dismissal of any country represented by its national Olympic committee.

**Key words:** Olympic Games, Competitions, Politics.

---

### INTRODUÇÃO

“O homem não se compõe de duas partes: o corpo e a alma; se compõe de três: o corpo, o espírito e o caráter; o caráter não se forma pelo espírito, se forma sobre todo o corpo. Os antigos sabiam disso, nossos pais o olvidaram e nós o aprendemos de novo, penosamente”.

(Trecho do discurso proferido pelo Barão Pierre de Coubertin, em 23 de junho de 1894, na Universidade de Paris – Palácio da Sorbonne, por ocasião da criação do Comitê Olímpico Internacional e do restabelecimento dos Jogos Olímpicos).

Ao se tornar o grande ideólogo do ressurgimento dos Jogos Olímpicos, Pierre de Coubertin imaginava que a chamada “Trégua Sagrada” – período em que os exércitos representativos dos Estados Gregos

---

Recebido em 25.11.2006. Aceito em 10.01.2007.

suspendiam suas hostilidades, não importando as vantajosas posições que ocupassem – seria adotada, em pleno século XX, por nações em guerra, quando existissem competições olímpicas previamente marcadas. Entretanto, para seu desencanto, isto não ocorreu em duas ocasiões: no período compreendido entre 1914 e 1918, durante a 1ª Grande Guerra (quando havia uma Olimpíada marcada para se realizar em 1916, em Berlim) e no período entre 1939 e 1945, durante a 2ª Grande Guerra (quando deveria ter havido as Olimpíadas marcadas para 1940, em Helsinque, e para 1944, em Londres). Antes de se iniciar esta última etapa, Coubertin já havia falecido, em 1937, não tendo, assim, a desventura de presenciar a uma completa falência de sua nobre idéia, concernente à criação de uma manifestação esportiva capaz de interromper conflitos belicistas entre as nações.

Aquilo que Coubertin tanto temia, a nefasta influência da política sobre o esporte, acabou se tornando uma situação permanente, a ponto de, anos antes dos Jogos se realizarem, alguns países condicionarem suas participações, exercendo pressões injustificáveis sobre o Comitê Olímpico Internacional (COI), com a finalidade de obterem dividendos políticos através do esporte e, assim, alcançarem uma posição de realce junto à comunidade internacional.

## DISCUSSÃO

Ainda na antigüidade grega, a política causava constante rivalidade entre as cidades-estado, ameaçando seriamente a realização dos Jogos Olímpicos, apesar da Trégua Sagrada se fazer presente, com os responsáveis pela sua violação sendo severamente punidos. Isto ocorreu com os espartanos, durante a Guerra dos Peloponeso, que, após a promulgação da suspensão das hostilidades, tomaram, pelas armas, a Fortaleza de Phycos, ao mesmo tempo em que colocavam uma guarnição em Lepreon. Estes atos lhes valeram uma severa sanção: multa de dois mil minas/soldado, segundo as leis vigentes. Os infratores, entretanto, não pagaram a multa, sendo imediatamente desclassificados e excluídos dos Jogos.

A própria supressão dos Jogos Olímpicos no ano de 394 d.C., por obra do imperador romano Teodósio I,

após 292 disputas ininterruptas, representou um ato político. Na época, os Jogos passavam por um processo de total distorção, transformando-se em uma festa pagã, ao mesmo tempo em que o cristianismo ganhava expansão. Teodósio era um apologista da doutrina neo-platonista que, entre as pregações, preconizava a condenação do culto ao corpo em favor do ascetismo, responsável pelo culto ao espírito.

Aprimeira Olimpíada, realizada em Atenas, em 1896, não apresentou problemas de maior repercussão, embora, na própria Grécia, a concretização do evento merecesse inúmeras críticas por parte dos políticos oposicionistas, e os atletas alemães, ganhadores de onze medalhas e membros da Associação Alemã de Ginástica, tenham sido expulsos desta entidade por terem competido ao lado dos inimigos franceses.

Quatro anos depois, os Jogos Olímpicos, que tiveram Paris como sede, foram incluídos na programação de uma Exposição Universal, com a duração de cinco meses, bastante privilegiada pelas preferências governamentais por se tratar de um evento cujos dividendos políticos eram mais rentáveis do que as Olimpíadas. Para coroar o absurdo de incluir a competição no programa de um acontecimento totalmente divorciado do esporte, os responsáveis pela exposição planejaram distribuir prêmios em dinheiro para alguns vencedores, irritando profundamente o Barão de Coubertin, contrário à violação dos preceitos regulamentares previamente estabelecidos e ao espírito do amadorismo.

Em 1904, em Saint Louis, Estados Unidos, outra vez os Jogos Olímpicos se realizaram paralelamente a uma exposição, a “*World’s Fair*” ou “*Louisiana Purchase Exposition*”. Aproveitou-se, também, a oportunidade para uma insólita iniciativa denominada “*Antropological Days*”, competição entre índios, negros e mestiços, contra a qual se insurgiu Pierre de Coubertin.

Nos Jogos Olímpicos de Londres, em 1908, os ingleses, contrariando os regulamentos, exigiram que os árbitros fossem nativos e não estrangeiros, imposição que o COI acabou aceitando. Os ingleses criaram, ainda, um atrito com os norte-americanos ao incluírem o pentatlo militar nos Jogos.

Em 1912, nos Jogos Olímpicos de Estocolmo, fez-se grande alarde de uma “novidade” lançada na competição, que no fundo seria uma posição política

de boa convivência do COI: a permissão para a mulher competir, o que ocorreu maciçamente na natação, registrando-se a participação de representantes da Austrália, da Inglaterra, da Alemanha, da Suécia e da Áustria. Entretanto, anteriormente, em 1900, inglesas competiram em tênis; em 1904, norte-americanas competiram em tiro com arco; e, em 1908, novamente inglesas participaram de provas de tiro com arco e tênis, demonstrando que o ineditismo dos Jogos de Estocolmo, tão propalado, era pura demagogia.

Ainda nesta Olimpíada, os alemães criticaram o império austro-húngaro, pois estes queriam marchar unidos. Viena pediu aos húngaros que desfilassem junto com os austríacos e, se isso não se concretizasse, os húngaros ameaçavam boicotar os Jogos, o que acabou não acontecendo.

Em 1916, os Jogos Olímpicos, marcados para Berlim, foram cancelados devido à 1ª Grande Guerra, iniciada em 1914, já que os alemães estavam seriamente envolvidos. Desmistificou-se, portanto, a Trégua Sagrada, sonho acalentado por Coubertin, em pleno século XX. Conta-se que o barão ficou vários dias recolhido ao seu lar, triste, meditando se valia a pena continuar se dedicando de corpo e alma à causa olímpica como vinha fazendo até então. De forma agressiva, a política interferia no olimpismo.

Reativados em 1920, os Jogos Olímpicos, em sua sétima edição, se realizaram em Antuérpia, observando-se a ausência dos alemães e seus aliados na guerra encerrada dois anos antes, pois estes não foram convidados pelo COI a participar do evento. Foram excluídos os austríacos, os tchecos, os húngaros, os búlgaros e os turcos. Tratava-se de uma medida preventiva, objetivando evitar represálias entre países que se posicionaram a favor e contra os alemães.

Nos Jogos de Amsterdã, em 1928, o COI permitiu a volta da Alemanha. A União Soviética classificou a competição como sendo do “capitalismo e da burguesia”, não comparecendo.

Mas, seria Hitler que, em 1936, nos Jogos Olímpicos de Berlim, aproveitaria o esporte em toda a sua plenitude para tentar demonstrar ao mundo a preconizada superioridade da raça ariana. Com a doutrina do nacional-socialismo consolidada em toda a Alemanha, pregando-se e pondo-se em prática uma permanente perseguição aos judeus e uma cerrada discriminação aos negros. Hitler não podia perder a

oportunidade para, de acordo com suas idéias, provar ao mundo a “supremacia da raça branca” procurando humilhar os atletas negros, conforme tentou fazer ao não cumprimentar o campeoníssimo norte-americano Jesse Owens.

Com o objetivo de mostrar aos visitantes estrangeiros que o propalado anti-semitismo fazia parte de uma campanha difamatória da imprensa internacional contra a Alemanha, Hitler ordenou que todo e qualquer indício de animosidade contra os judeus residentes no país fosse evitado. Ao mesmo tempo, determinou que os ciganos fossem removidos para fora de Berlim, por se tratarem de um grupo marginal que poderia comprometer a eficácia da política nazista. Chegou-se ao extremo de repatriar esportistas, como a esgrimista Helene Meyer, campeã olímpica de florete em Los Angeles (1932), esquecendo-se sua origem judia, simplesmente por se tratar de uma atleta de alto nível capaz de capitalizar simpatia para a causa alemã. O COI, entretanto, protestou veementemente contra essa nacionalização dos esportes com fins políticos.

Em 1940 e 1944, os Jogos Olímpicos marcados, respectivamente, para Helsinque e para Londres não foram realizados, em virtude de um conflito belicista de âmbito mundial, a 2ª Grande Guerra. Era a política interferindo, novamente, de forma altamente maléfica, no olimpismo.

Em 1948, porém, os Jogos foram reativados, tendo Londres por cenário, mas a Alemanha e o Japão não foram convidados. Ainda era grande a animosidade contra estes dois países, protagonistas de um conflito cujas marcas o tempo custaria a apagar. Israel, também, foi excluído desta Olimpíada em função de pressões políticas exercidas pelos árabes.

Os Jogos de Helsinque, em 1952, marcaram o retorno de alemães e japoneses ao convívio olímpico, assim como o “*debut*” da União Soviética, país que, quatro anos depois, nos XVI Jogos Olímpicos, realizados em Melbourne, provocaria o abandono voluntário da Espanha, da Dinamarca e da Suécia, revoltados com sua atitude de invadir, em 1955, a Hungria, para reprimir de forma brutal e sangrenta uma revolta popular contra o comunismo opressor que ali se instalara. Aliás, esta foi a Olimpíada mais abundante em protestos de variadas origens: Egito, Líbano e Iraque manifestaram-se contra a Inglaterra e França, que meses antes haviam tomado o Canal

Suez; e a delegação da República Popular da China ausentou-se dos Jogos ao ver hasteado, na Vila Olímpica, a bandeira de Formosa (China Nacionalista).

Ainda, o antagonismo político entre russos e húngaros proporcionou um espetáculo digno da era em que os Jogos, já vilipendiados em sua essência, tinham o Coliseu por arena: Hungria e União Soviética jogavam a semifinal de pólo-aquático em que os húngaros venceram por 4 a 0. Assistiam ao jogo expatriados húngaros, que insuflavam seus patrícios a fazer mais gols, estímulo que irritou os jogadores da URSS, tendo um deles, Prokopov, desferido violenta cotovelada no magiar Zador, que teve o supercílio aberto, perdendo muito sangue. A água da piscina ganhou uma coloração avermelhada e os russos abandonaram o jogo, temerosos de uma forra dos húngaros e da batalha de Budapeste, ocorrida um ano antes, quando os tanques russos invadiram a capital húngara.

Em 1960, nos Jogos Olímpicos de Roma, a televisão transmitiu, pela primeira vez, a competição, mas apenas para a Europa, pois não havia satélite capaz de proporcionar uma transmissão intercontinental. Este fato certamente iria possibilitar, no futuro, um incentivo à propagação das causas políticas manifestadas durante a realização das Olimpíadas, pois os contestadores sabiam que, a partir de então, teriam uma enorme platéia para presenciar e até apoiar suas idéias.

Em 1964, ano da realização dos Jogos Olímpicos de Tóquio, a África do Sul foi proibida de participar por adotar a política do "*apartheid*", que se chocava frontalmente com as regras do COI. Nesta oportunidade, a Federação Internacional de Natação Amadora e a Federação Internacional de Atletismo Amador impediram que atletas participantes do GANEFO (*Games of the New Emerging Forces*), manifestação político-desportiva ocorrida um ano antes em Jacarta, disputassem a Olimpíada da capital japonesa. Coréia do Norte e Indonésia discordaram desta atitude e não foram a Tóquio.

Os Jogos do México, em 1968, também foram marcados por fatos que, cada vez mais, comprovavam ser a competição olímpica um excelente palco para a divulgação de atitudes políticas capazes de sensibilizar o mundo inteiro. Antes de se iniciarem as disputas, a África do Sul já estava proibida de participar, uma vez que continuava adotando a política de discriminação racial. Isto motivou uma atitude insólita e surpreendente por

parte de dois atletas negros norte-americanos, Tommie Smith e John Carlos, colocados em 1º e em 3º lugar na prova de 200 metros rasos: ao serem chamados para receberem as medalhas a que faziam jus, descalçaram os sapatos, colocaram distintivos no peito e boinas pretas na cabeça. Já no pódio, levantaram um dos braços e, com o punho cerrado, fizeram uma saudação de protesto em favor do movimento denominado "*Black Power*" e contra a política racista, na época em plena efervescência nos Estados Unidos. Ainda antes dos Jogos, uma manifestação estudantil degenerou em conflito, estimando-se que mais de 250 estudantes foram mortos pela polícia e cerca de mil foram feridos. A tragédia aconteceu na Plaza de las Três Culturas, Cidade do México.

Em 1968, ainda, a Coréia do Norte protagonizou outro ato de protesto político ao se retirar dos Jogos em represália à decisão do COI de não permitir que sua delegação participasse da competição com a denominação de República Democrática e Popular da Coréia do Norte. Outro fato político presente aos Jogos do México foi a participação, pela primeira vez, de duas delegações representando Alemanha Ocidental e Alemanha Oriental.

Os XX Jogos Olímpicos, realizados em 1972, na cidade de Munique, se iniciaram sem a Rodésia, impedida de participar devido a uma exigência das nações africanas, aceita pelo COI, de que não compareceriam à Olimpíada se aquele país, seguidor da política de segregação racial, estivesse presente.

Mas, apesar de toda a maravilhosa organização demonstrada pelos alemães, a Olimpíada de Munique se perpetuará na história como a competição mais sangrenta dos tempos modernos, em virtude do bárbaro assassinato de 11 atletas israelenses por parte de um comando palestino, integrante do grupo denominado "Setembro Negro", que, ao lado de outras facções, lutava pela implantação de um estado palestino. Sorrateiramente e burlando as normas de segurança vigentes na Vila Olímpica, o comando penetrou nos alojamentos e seqüestrou os israelenses, cumprindo uma missão cuja negatividade ficará gravada para todo o sempre na história das Olimpíadas.

Quatro anos depois, em Montreal, os XXI Jogos Olímpicos começaram com a ausência de 28 nações africanas e árabes que resolveram não participar em protesto contra a presença da Nova Zelândia, que dois meses antes havia feito, com sua equipe de *rugby*,



uma excursão pela África do Sul, prestigiando um país que se encontrava proscrito das competições internacionais por insistir na política do “*apartheid*”. Anteriormente, os citados países pressionaram o COI a não aceitar a presença da Nova Zelândia nos Jogos de Montreal. Como não obtiveram êxito, resolveram não participar, sendo a África negra representada apenas por Senegal e pela Costa do Marfim, que preferiram não misturar esporte com política.

Em 1980, nos Jogos Olímpicos de Moscou, os Estados Unidos não compareceram como uma forma de protesto à agressão sofrida um ano antes pelo Afeganistão, que teve seu território invadido e ocupado pela URSS. Esta recebeu um ultimato para se retirar daquele país até o início dos Jogos. Como isso não ocorreu, os norte-americanos não foram a Moscou, atitude imitada por mais 63 países, entre eles a Alemanha Ocidental, o Canadá, o Japão, a Áustria e outros de menor importância no cenário esportivo internacional. Algumas nações, como a Itália, recusaram-se, inclusive, a participar do desfile de abertura dos Jogos com sua bandeira nacional à frente da delegação, substituindo-a pela bandeira do seu Comitê Olímpico.

Os Jogos Olímpicos realizados em 1984 tiveram um boicote das nações socialistas, à exceção da Romênia e da Iugoslávia, contando, porém, pela primeira vez, com a presença da República Popular da China. Alegando falta de segurança para os componentes de sua delegação, a URSS achou por bem retribuir a “gentileza” dos norte-americanos quatro anos antes, não comparecendo a Los Angeles, obtendo a solidariedade de outros países alinhados com suas diretrizes políticas, como Alemanha Oriental, Hungria, Tchecoslováquia, Cuba, Albânia, Angola e Polônia.

Indubitavelmente, as manifestações políticas de norte-americanos e soviéticos, em 1980 e em 1984, arrastando consigo outros países de renome prestígio no ambiente esportivo internacional, provocaram um prejuízo técnico de elevadas proporções à causa olímpica, privando a assistência internacional de ver, em confronto, os maiores nomes do esporte mundial em Moscou e em Los Angeles.

A XXIV Olimpíada, ocorrida em Seul, foi antecedida de angustiante expectativa devido à incerteza quanto à presença da União Soviética, que de última hora resolveu não apoiar a atitude da Coreia do Norte, que

condicionava sua participação nos Jogos à pretensão de dividir, com a Coreia do Sul, a responsabilidade de organizar o evento.

A Coreia do Sul participou de todas as etapas que culminaram com a escolha de Seul para sediar os Jogos Olímpicos, enfrentando e superando sérios problemas de caráter técnico e financeiro, sem que os norte-coreanos se manifestassem para ajudá-los nos momentos mais difíceis. Mesmo assim, com o consentimento do COI, os sul-coreanos ofereceram a seus vizinhos a oportunidade de co-participar, organizando competições de algumas modalidades, tendo sido esta proposta desprezada. A Coreia do Norte declarou interesse, inclusive, em fazer os cerimoniais de abertura e encerramento em separado, gerando uma crise causadora do boicote representado pela ausência de Cuba, Albânia, Angola, Etiópia, Ilhas Seychelles (no Oceano Índico) e da própria Coreia do Norte.

Alguns analistas de política internacional comentaram que a desistência de Cuba seria apoiada, integralmente, pela União Soviética. Entretanto, quando esta resolveu participar dos Jogos, contrariou a atitude cubana que, de acordo com os mesmos analistas, para não evidenciar o que seria encarado como uma subserviência declarada a Moscou, preferiu ser coerente à decisão anteriormente tomada.

Também problemas políticos internos estiveram na iminência de impedir que os Jogos Olímpicos de 1988 acontecessem em Seul. As eleições, realizadas em dezembro de 1987, levaram para o comando da nação sul-coreana o presidente Roh Tae-Woo, do Partido da Democracia e Justiça, não conseguindo neutralizar as divergências entre o governo e a oposição, que, aliada ao movimento estudantil, desejava mais democracia, melhores salários e, principalmente, a reunificação da Coreia, separada pela zona militarizada no Paralelo 38, desde a guerra entre as duas Coreias, no período de 1950 e 1953.

Um acordo verbal entre Governo, lideranças políticas e estudantis permitiu que, durante a ocorrência das Olimpíadas, Seul não fosse agitada pelas sangrentas lutas que antecederam os Jogos e que, um ano depois, recrudesceram. O acordo de Seul reviveu as normas dos Jogos Olímpicos da antiguidade e, por alguns dias, o espírito idealista e puro do Barão Pierre de Coubertin também foi reverenciado, propiciando a ressurreição da

outrora respeitada "Trégua Sagrada". Entretanto, providências de grande alcance não deixaram de ser tomadas, objetivando evitar a repetição da barbárie de Munique, sendo montado um esquema de segurança nunca antes visto em toda a história dos Jogos Olímpicos, incluindo várias forças preparadas para ações de anti-guerrilha urbana e operações especiais, com um total de 100 mil policiais, destacando-se tropas anti-terroristas exímias na prática de artes marciais e dotadas de equipamentos de segurança ultra-modernos.

Em Barcelona, 1992, havia o temor do ETA (*Euskadi Ta Askatasuna*), organização basca que pleiteia a independência da Catalunha, repetir os atos terroristas até então praticados com características da guerrilha urbana, sacrificando inúmeros inocentes e buscando chamar a tenção do mundo para a sua causa, sem se importar com as conseqüências negativas destas atitudes, provocando a revolta popular.

Mas, novamente, o espírito da Trégua Sagrada voltou a imperar. O ETA e o governo espanhol se entenderam e as Olimpíadas se realizaram na mais absoluta normalidade, sendo consideradas um padrão da organização para o mundo esportivo internacional.

Em Atlanta, 1996, uma bomba explodiu fora da Vila Olímpica sem maiores conseqüências, embora o fato tenha sido considerado como uma atitude de protesto, não se sabendo, até hoje, contra o que ou contra quem.

Os Jogos Olímpicos de Sidney, em 2000, apresentaram como fato político marcante a

reconciliação dos colonizadores ingleses, que durante muitos anos dominaram a Austrália, com os aborígenes daquele país.

Embora ao longo deste trabalho fossem focalizados apenas os incidentes ocorridos nos Jogos de Verão, cabe um registro especial de um fato acontecido nos Jogos Olímpicos de Inverno de Salt Lake City (2002), quando o presidente George Bush fez a abertura solene da competição, postando-se no meio da delegação norte-americana, ao invés de fazê-lo da tribuna de honra. Foi uma atitude demagógica, em represália ao atentado de 11 de setembro, complementada pela delegação, que desfilou levando uma bandeira rasgada, como um troféu que teria sobrado da tragédia que ceifou vidas de inocentes alheios aos atos truculentos de representantes de políticas terroristas.

## CONCLUSÃO

Para o futuro, espera-se que a normalidade, vigente desde os Jogos de Seul, continue se manifestando, como uma evidência de que o amadurecimento dos povos não deve misturar esporte com política, fiel ao olimpismo e ao espírito idealista e puro do Barão Pierre de Coubertin.

### Endereço para correspondência:

Av João Luiz Alves, s/nº (Forte São João) - Urca  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil - CEP 22291-090  
Tel: 21 2543-3323  
e-mail: jmcapinussu@hotmail.com

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD P. Olympic games. Londres: Hamlyn Publishing, 1983.

CAPINUSSU JM. Quo vadis olimpismo? Rio de Janeiro: Revista Olímpica Brasileira - Comitê Olímpico Brasileiro, 1992.

CARDOSO M. 100 anos de Olimpíadas. De Atenas a Atlanta. São Paulo: Scritta, 1996.

COLLINS D. Olympic dreams. New York: Universe Publishing/United States Olympic Committee (USOC), 1996.

COMITÉ OLÍMPICO DE PORTUGAL. A grande história dos Jogos Olímpicos. Quidnovi: Matosinhos, 2004.

GUTTMAN A. The Olympics – A history of the modern games. Chicago: University of Illinois Press, 1992.

LANCELOTTI S. Olimpíada – 100 anos. São Paulo: Círculo do Livro/Nova Cultural, 1996.

PARIENTÉ R, LAGORCE G. La fabuleuse historie dès Jeux Olympiques. Paris: Nathan, 1988.

WALLECHINSKY D. The complete book of the Olympics. Londres: Aurum Press, 1992.

WELLS S. The Olympics spirit – 100 years of the games. San Francisco: Collins Publishers, 1995.

Artigo de Revisão

# EQUAÇÕES NACIONAIS PARA A ESTIMATIVA DA GORDURA CORPORAL DE BRASILEIROS

Marcelo Salem<sup>1,2</sup>, Cândido Simões Pires Neto<sup>3</sup>, William Weissmann<sup>2</sup>

1 - Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército - Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

2 - Escola Nacional de Saúde Pública/FIOCRUZ - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

3 - Universidade Tuiuti do Paraná - Curitiba - PR - Brasil.

## Resumo

A estimativa e o cálculo da gordura corporal podem ser realizados por vários métodos laboratoriais (diretos ou indiretos) e/ou de campo (indiretos). O único e mais preciso método direto para se quantificar a gordura corporal é a dissecação cadavérica. Apesar da disponibilidade de uma variedade de métodos, indiretos, bem precisos e modernos, seus usos não são recomendados para avaliar um grande número de pessoas, já que utilizam equipamentos caros, gastam um tempo considerável e necessitam de profissionais altamente qualificados (Norton e Olds, 1996). A busca de técnicas mais fáceis e bem mais econômicas fez com que vários profissionais, no Brasil e no exterior, procurassem uma solução prática e menos dispendiosa nos métodos antropométricos, que preconizam as medidas das dobras cutâneas, dos perímetros musculares e dos diâmetros ósseos, realizados fora dos laboratórios. Apesar da disponibilidade de centenas de modelos matemáticos, o uso de equações não deve ser indiscriminado,

pois, a não ser que sejam validadas para grupos de sujeitos com diferentes características, só devem ser utilizadas em grupos para os quais foram desenvolvidas e validadas (Salem, 2004). Portanto, com o intuito de divulgar amplamente os trabalhos nacionais que desenvolveram e validaram equações nacionais para o fracionamento da composição corporal, este estudo teve por objetivo apresentar as principais equações, genéricas e específicas, para a estimativa da densidade e/ou gordura corporal, a partir de medidas antropométricas, desenvolvidas e validadas por autores brasileiros, bem como a metodologia e instrumental utilizados. Considerando somente os estudos envolvendo variáveis antropométricas, as equações desenvolvidas foram as de Dartagnan Pinto Guedes (1985), Edio Luiz Petroski (1995), Anatole Barreto Rodrigues de Carvalho (1998), Ciro Romélio Rodriguez Añez (1999), Renato Shoei Yonamine (2000), Marcelo Salem (2003 e 2006).

**Palavras-chave:** Composição Corporal, Equações Nacionais, Gordura Corporal.

Revised Article

## NATIONAL EQUATIONS FOR ESTIMATION OF BRAZILIAN BODY FAT

### Abstract

The estimation and the calculus of body fat can be realized through several laboratorial methods (direct or indirect) and/or field methods (indirect).

Recebido em 02.08.2006. Aceito em 25.11.2006.

The only and most precise direct method to quantify body fat is dissecting a cadaver. In spite of having a variety of precise and modern indirect methods, they are recommended to evaluate a great number of people because it is necessary to use expensive equipments, a big amount of time is required, and highly-qualified professionals are needed (Norton and Olds, 1996). The searches for easier and more economic techniques made a lot of professionals, in Brazil and abroad, look for a practical and less expensive solution in the anthropometric methods, which commends the measurements of skin folds,



muscular perimeters, and bone diameters, realized outside the laboratories. Despite having hundreds of mathematic methods, the use of equations cannot be indiscriminately, unless they are validated to a group of individuals with different characteristics, otherwise they can only be used for groups to whom they were developed and validated (Salem, 2004). Therefore, in order to acknowledge the national researches that developed and validated national equations to the fractioning of the body composition, this study focused on presenting the main generic and specific equations, to the estimation of density and/or body fat, from

anthropometric measurements, developed and validated by Brazilian authors, as well as the methodologies and instruments used. Taking into account only the studies involving anthropometric variables, the developed equations were the ones of Dartagnan Pinto Guedes (1985), Edio Luiz Petroski (1995), Anatole Barreto Rodrigues de Carvalho (1998), Cirio Romelio Rodriguez Aez (1999), Renato Shoei Yonamine (2000), Marcelo Salem (2003 and 2006).

**Key words:** Body Composition, National Equations, Body Fat.

---

## INTRODUÇÃO

O interesse pelo fracionamento e pelo cálculo dos componentes corporais surgiu na década de 40, quando o Dr. Albert Behnke, médico da marinha americana, considerado a maior autoridade em composição corporal, realizou um trabalho de medidas corporais, visando fracionar a composição corporal, tendo realizado medidas de estatura, forma e estrutura de 25 jogadores profissionais de futebol americano. Este estudo comprovou que 11 dos 17 jogadores considerados obesos pela tabela de peso e altura, utilizada na época como padrão de medida da composição corporal, possuíam a gordura corporal relativamente baixa e que este “excesso de peso”, em realidade, era devido ao desenvolvimento da massa muscular (Katch e McArdle, 1996).

Após os estudos de Behnke, vários autores passaram a ter interesse em fracionar a composição corporal, visando obter informações detalhadas e importantes sobre as dimensões do corpo humano, já que o tipo corporal fornece muito mais informações do que simplesmente proporções corporais.

Segundo Heyward e Stolarczyk (1996), além de avaliar a quantidade total e regional de gordura corporal para identificar riscos à saúde, são várias as aplicações da composição corporal, a seguir:

- Identificar riscos à saúde, associados a níveis excessivamente altos e baixos de gordura corporal total;
- Identificar riscos à saúde, associados ao acúmulo excessivo de gordura intra-abdominal;
- Proporcionar entendimento sobre os riscos à saúde, associados à falta ou ao excesso de gordura corporal;
- Monitorar mudanças na composição corporal, associadas a certas doenças;
- Avaliar a eficiência de intervenções nutricionais e de exercícios físicos na alteração da composição corporal;
- Estimar o peso corporal ideal de atletas e não-atletas;
- Formular recomendações dietéticas e prescrições de exercícios físicos; e
- Monitorar mudanças na composição corporal, associadas ao crescimento, desenvolvimento, maturação e idade.

Buscando informações mais detalhadas, vários estudos foram realizados para fracionar a

composição corporal, em vários compartimentos, sendo o modelo de divisão da Massa Corporal Total (MCT) mais comum o de dois compartimentos, ou seja, a MCT dividida em Massa Gorda (MG) e Massa Livre de Gordura (MLG), sendo a MG a soma de todos os lipídios corporais e a MLG a soma da água, das proteínas e dos componentes minerais do corpo (Heyward e Stolarczyk, 1996).

A estimativa e o cálculo da gordura corporal podem ser realizados por vários métodos laboratoriais (diretos ou indiretos) e/ou de campo (indiretos). O único e mais preciso método direto para se quantificar a gordura corporal é a dissecação cadavérica.

Norton e Olds (1996) colocam que alguns métodos de laboratório bastante sofisticados são utilizados, hoje em dia, para estimar a gordura corporal, dentre eles o da condutividade elétrica total do corpo (Malina, 1987), o ultrassônico (Katch, 1983) e o do *scanner* com raios infravermelhos (McLean e Skinner, 1992).

Além dos métodos acima citados, podemos encontrar, também a absorptometria radiológica de dupla energia (DEXA), a bioimpedância elétrica, a densitometria, a pletismografia, a hidrometria, a espectrometria, a ultra sonografia, a tomografia computadorizada, a ressonância magnética, a ativação de nêutrons, a interatância de raios infravermelhos, a antropometria, a excreção de creatinina, a creatinina sérica, a absorção fotônica, a radiografia e a 3-metil-histidina urinária (Pollock e Wilmore, 1993).

Apesar da disponibilidade de uma variedade de métodos bem precisos e modernos, seus usos não são recomendados para avaliar um grande número de pessoas, já que utilizam equipamentos caros, gastam um tempo considerável e necessitam de profissionais altamente qualificados (Norton e Olds, 1996).

A busca de técnicas mais fáceis e bem mais econômicas fez com que vários profissionais procurassem uma solução prática e menos dispendiosa nos métodos antropométricos, que preconizam as medidas das dobras cutâneas, dos perímetros musculares e dos diâmetros ósseos, realizados fora dos laboratórios.

O cálculo da gordura corporal, a partir de medidas antropométricas, é realizado desenvolvendo-se e validando-se equações de regressão para esse fim.

De acordo com Norton e Olds (1996), a maioria das equações de predição foi desenvolvida usando métodos de laboratório como a densimetria hidrostática, ou seja, a medição da Densidade Corporal (D) utilizando-se a pesagem hidrostática.

Segundo Lohman (1992), muitos peritos consideram a medida da densidade corporal como o procedimento padrão para a avaliação da composição corporal.

Não só no Brasil, mas em todo o mundo, várias equações têm sido desenvolvidas com o objetivo de quantificar a gordura corporal e, a partir daí, relacioná-la com doenças e com o risco coronariano.

Apesar da disponibilidade de centenas de modelos matemáticos, o uso de equações não deve ser indiscriminado, pois, a não ser que sejam validadas para grupos de sujeitos com diferentes características, só devem ser utilizadas em grupos para os quais foram desenvolvidas e validadas (Salem, 2004).

Portanto, com o intuito de divulgar amplamente os trabalhos que desenvolveram e validaram equações nacionais para o fracionamento da composição corporal, este estudo teve por objetivo apresentar as principais equações, genéricas e específicas, para a estimativa da densidade e/ou gordura corporal, a partir de medidas antropométricas, desenvolvidas e validadas por autores brasileiros, bem como a metodologia e instrumental utilizados.

## **EQUAÇÕES NACIONAIS**

### **Dartagnan Pinto Guedes (1985)**

O primeiro pesquisador brasileiro a desenvolver e validar equações nacionais para a estimativa da Densidade Corporal a partir de medidas antropométricas foi Dartagnan Pinto Guedes, em 1985.

Seu estudo foi realizado na Universidade Federal de Santa Maria, onde foram avaliados 206 universitários, sendo 110 homens, com idades entre 17 e 27 anos, e 96 mulheres, com idades entre 17 e 29 anos.

Para a determinação da Densidade Corporal (DC), Guedes (1985) utilizou uma piscina de 23x12 m, com profundidade de 1,4 m e temperatura constante de 27º a 29º C. Para a realização da Pesagem Hidrostática (PH), construiu-se uma caixa com dimensões de 1,50 x 1,50 m, onde evitou-se que a movimentação da água afetasse os valores do peso submerso.

Os avaliados foram pesados em uma cadeira construída em ferro galvanizado, com dimensões de 0,40 x 0,50 m, para que estes pudessem se acomodar no momento do mergulho.

A balança utilizada para tomada do peso submerso foi de fabricação italiana, de marca SUPREMA MOD RS, com precisão de 5 g.

Para o desenvolvimento das equações, o autor utilizou como variável dependente a DC e, como variáveis independentes, oito dobras cutâneas.

As equações desenvolvidas por Guedes para os universitários são apresentadas nas TABELAS 1 e 2, a seguir:

TABELA 1  
EQUAÇÕES DESENVOLVIDAS POR GUEDES  
(1985) PARA UNIVERSITÁRIOS (n=110).

EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	R	EPE
$D = 1,13060 - 0,05437 \text{ Log}_{10}(X1)$	0,864	0,0064
$D = 1,15929 - 0,06550 \text{ Log}_{10}(X2)$	0,880	0,0061
$D = 1,17136 - 0,06706 \text{ Log}_{10}(X3)$	0,894	0,0057
$D = 1,18282 - 0,07030 \text{ Log}_{10}(X4)$	0,894	0,0057
$D = 1,20436 - 0,07848 \text{ Log}_{10}(X5)$	0,894	0,0057
$D = 1,21546 - 0,08119 \text{ Log}_{10}(X6)$	0,899	0,0056
$D = 1,22098 - 0,08214 \text{ Log}_{10}(X7)$	0,904	0,0055
$D = 1,22627 - 0,08384 \text{ Log}_{10}(X8)$	0,901	0,0055

Onde: X = dobras cutâneas; X1 = AB; X2 = AB + TR; X3 = AB + TR + SI; X4 = AB + TR + SI + AM; X5 = AB + TR + SI + AM + SE; X6 = AB + TR + SI + AM + SE + CX; X7 = AB + TR + SI + AM + SE + CX + PM; X8 = AB + TR + SI + AM + SE + CX + PM + BI. EPE = erro padrão de estimativa e R = coeficiente de correlação múltipla.

TABELA 2  
EQUAÇÕES DESENVOLVIDAS POR GUEDES  
(1985) PARA UNIVERSITÁRIAS (n=96).

EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	R	EPE
$D = 1,12922 - 0,06601 \text{ Log}_{10}(X1)$	0,751	0,0067
$D = 1,14812 - 0,06401 \text{ Log}_{10}(X2)$	0,831	0,0056
$D = 1,16650 - 0,07063 \text{ Log}_{10}(X3)$	0,853	0,0053
$D = 1,18452 - 0,07508 \text{ Log}_{10}(X4)$	0,859	0,0052
$D = 1,18588 - 0,07417 \text{ Log}_{10}(X5)$	0,860	0,0052
$D = 1,19665 - 0,07634 \text{ Log}_{10}(X6)$	0,856	0,0052
$D = 1,19748 - 0,07419 \text{ Log}_{10}(X7)$	0,857	0,0052
$D = 1,19863 - 0,07343 \text{ Log}_{10}(X8)$	0,856	0,0052

Onde: X = dobras cutâneas; X1 = TR; X2 = SI + CX; X3 = SI + CX + SE; X4 = SI + CX + SE + TR; X5 = SI + CX + SE + TR + BI; X6 = SI + CX + SE + TR + BI + PM; X7 = SI + CX + SE + TR + BI + PM + AB; X8 = AB + TR + SI + AM + SE + CX + PM + BI. EPE = erro padrão da estimativa e R = coeficiente de correlação múltipla.

Como dito anteriormente, estas equações foram desenvolvidas para universitários brasileiros com idade entre 17 a 29 anos, devendo as mesmas serem validadas caso sejam utilizadas para outros sujeitos.

O procedimento de validação de uma equação para sujeitos que não participaram de sua construção deve seguir as recomendações de Lohman (1992), Petroski e Pires Neto (1995) apresentadas a seguir:

1. Realizar a Pesagem Hidrostática de uma amostra significativa dos sujeitos para os quais o estudo é destinado.
2. Realizar as medidas antropométricas, seguindo as recomendações do autor da equação.
3. Calcular a DC ou %G (variável dependente) de acordo com a equação que se deseja validar.
4. Testar a correlação de Pearson entre o valor da DC/%G medidos pela PH e a DC/%G estimados pela equação em questão ( $p \leq 0,05$ ). Esta correlação deve alcançar valores próximos ou superiores a 0,80.
5. Testar estatisticamente a diferença entre as médias dos valores da DC/%G estimada pela PH e a medida pela equação ( $p \leq 0,05$ ). Este teste t pareado não pode apresentar diferenças estatisticamente significativas.

6. Calcular o erro constante (EC), ou seja: EC (erro constante) = MÉDIA ((DC/%G PH) - (DC/%G Equação)), diferença média entre a densidade mensurada (DC/%G medida PH) e estimada (DC/%G usando a equação).

7. Calcular o erro técnico (ET), ou seja:

ET (erro técnico) =  $\sqrt{\sum(Y1 - Y2)^2 / n}$  onde: Y1 é a DC/%G estimada pela equação e Y2 é a DC/%G medida pela PH.

8. Comparar os erros calculados com o EPE, devendo estes serem inferiores ao EPE fornecido pelo autor.

Este procedimento pode, também, ser realizado com equações estrangeiras, como publicado por vários autores nacionais, entre eles Pires Neto (1995 a 2006), Guedes (1985), Petroski (1995), Glaner (1997), Carvalho (1998), Rodriguez-Añez (1999) e Yonamine (2000).

### **Edio Luiz Petroski (1995)**

Outro autor a desenvolver equações nacionais foi Edio Luiz Petroski, em 1995, orientado pelo Prof Dr Cândido Simões Pires Neto, sendo o primeiro estudioso a desenvolver equações generalizadas no Brasil.

Cabe, neste momento, diferenciar equações específicas e generalizadas:

- Equações específicas - são equações desenvolvidas a partir de populações específicas, como, por exemplo, as equações desenvolvidas para universitários, com idade entre 17 e 27 de Guedes (1985).

- Equações generalizadas - são desenvolvidas utilizando grandes amostras heterogêneas em idade, em composição corporal e em aptidão física. As equações generalizadas, geralmente, usam o modelo

de regressão curvilinear e a idade como variável independente. A principal vantagem é que uma equação generalizada pode ser aplicada para diversas populações, sem perder a sua acuracidade (Petroski e Pires Neto, 1996).

Petroski realizou seu estudo na Universidade Federal de Santa Maria, como tese de doutorado, tendo estudado uma população composta por adultos de ambos os sexos (n= 672) , na faixa etária entre 18 e 66 anos, das regiões central do RS e litorânea de SC.

Os sujeitos foram divididos em dois grupos: o grupo de regressão (GR = 213 mulheres e 304 homens), para o desenvolvimento das equações, e o grupo de validação (GV = 68 mulheres e 87 homens), para validar as equações desenvolvidas.

Para a PH foi desenvolvida uma caixa pintada de branco, de formato quadrado 1,30 X 1,30 m, com 1,40 m de altura, sem fundo, construída em madeira com 2,5 cm de espessura.

Para aferição do peso submerso foi utilizada uma balança Filizola, com capacidade para 6 kg e com divisão de 5 g,

Para a sustentação dos avaliados foi utilizado um trapézio tubular, em PVC, cano 40, com dimensão de 50 cm.

Um cinto de mergulhador, com 1,8 kg, foi colocado em volta da cintura dos avaliados, buscando manter a estabilidade corporal durante o mergulho, tendo o peso desse cinto sido subtraído ao final das pesagens.

Não foi utilizada a posição sentada para os avaliados, e, sim, a posição grupada, por ser mais confortável para os avaliados (Petroski e Pires Neto, 1996).

Como variável dependente nas equações, Petroski utilizou a DC e, como variáveis independentes, usou as dobras cutâneas, os perímetros musculares e os diâmetros ósseos.

As equações desenvolvidas pelos autores para homens e mulheres são apresentadas a seguir nas TABELAS 3 e 4.



TABELA 3  
 EQUAÇÕES GENERALIZADAS DESENVOLVIDAS PARA HOMENS DE 18 A 66 ANOS.

Eq.	Variáveis	Regressão	R	R <sup>2</sup>	EPE
<u>Nove Dobras Cutâneas</u>					
M1	DC <sup>2</sup> , ID	$D = 1,10194032 - 0,00031836(X_9) + 0,00000029(X_9)^2 - 0,00029542(ID).$	0,887	0,786	0,0072
M2	DC <sup>2</sup> , ID, C	$D = 1,08516305 - 0,00028465(X_9) + 0,00000026(X_9)^2 - 0,00021018(ID) + 0,00173856(CAT) - 0,00043254(CAB).$	0,894	0,800	0,0070
<u>Sete Dobras Cutâneas</u>					
M3	DC <sup>2</sup> , ID	$D = 1,10038145 - 0,00035804(X_7) + 0,00000036(X_7)^2 - 0,00025154(ID).$	0,880	0,780	0,0073
M4	DC <sup>2</sup> , ID, C	$D = 1,08566598 - 0,00032750(X_7) + 0,00000036(X_7)^2 - 0,00017521(ID) + 0,00161816(CAT) - 0,00041043(CAB).$	0,892	0,795	0,0071
<u>Seis Dobras Cutâneas</u>					
M5	DC <sup>2</sup> , ID	$D = 1,09995680 - 0,00055475(X_6) + 0,00000107(X_6)^2 - 0,00023367(ID).$	0,881	0,776	0,0074
M6	DC <sup>2</sup> , ID, C	$D = 1,08555470 - 0,00050212(X_6) + 0,00000104(X_6)^2 - 0,00015217(ID) + 0,00169842(CAT) - 0,00044620(CAB).$	0,889	0,790	0,0071
<u>Quatro Dobras Cutâneas</u>					
M7	DC <sup>2</sup> , ID	$D = 1,10726863 - 0,00081201(X_4) + 0,00000212(X_4)^2 - 0,00041761(ID).$	0,875	0,765	0,0075

Continuação da TABELA 3

M8	DC <sup>2</sup> , ID, C	$D = 1,09255357 - 0,00067980(X_4) + 0,00000182(X_4)^2 - 0,00027287(ID) + 0,00204435(CAT) - 0,00060405(CAB).$	0,889	0,791	0,0071
M9	DC <sup>2</sup> , ID	$D = 1,10539106 - 0,00089839(Z_4) + 0,00000278(Z_4)^2 - 0,00035250(ID).$	0,874	0,764	0,0075
M10	DC <sup>2</sup> , ID, C	$D = 1,09158117 - 0,00077719(Z_4) + 0,00000257(Z_4)^2 - 0,00022634(ID) + 0,00195027(CAT) - 0,00057011(CAB).$	0,887	0,786	0,0072
			<u>Três Dobras Cutâneas</u>		
M11	DC <sup>2</sup> , ID	$D = 1,10491700 - 0,00099061(X_3) + 0,00000327(X_3)^2 - 0,00034527(ID).$	0,871	0,759	0,0076
M12	DC <sup>2</sup> , ID, C	$D = 1,09360757 - 0,00086876(X_3) + 0,00000327(X_3)^2 - 0,00021422(ID) + 0,00191721(CAT) - 0,00059091(CAB).$	0,884	0,781	0,0072
M13	DC <sup>2</sup> , ID	$D = 1,10404686 - 0,00111938(Z_3) + 0,00000391(Z_3)^2 - 0,00027884(ID).$	0,873	0,763	0,0075
M14	DC <sup>2</sup> , ID, C	$D = 1,08974189 - 0,00098446(Z_3) + 0,00000376(Z_3)^2 - 0,00017218(ID) + 0,00191020(CAT) - 0,00054056(CAB).$	0,885	0,783	0,0072
			<u>Duas Dobras Cutâneas</u>		
M15	DC <sup>2</sup> , ID	$D = 1,10098229 - 0,00145899(X_2) + 0,00000701(X_2)^2 - 0,00032770(ID).$	0,885	0,784	0,0072
M16	DC <sup>2</sup> , ID, C	$D = 1,08843264 - 0,00130623(X_2) + 0,00000710(X_2)^2 - 0,00021414(ID) + 0,00182587(CAT) - 0,00052569(CAB).$	0,896	0,803	0,0070

Onde: DC = dobras cutâneas (mm); ID = idade (anos); CAT = circunferência do antebraço (cm);

CAB = circunferência do abdômen (cm);  $X_9 = \sum 9DC$  SE, TR, BI, AM, PT, SI, AB, CX e PM;

$X_7 = \sum 7DC$  SE, TR, PT, AM, SI, AB e CX;  $X_6 = \sum 6DC$  SE, TR, BI, PT, AM e SI;

$X_4 = \sum 4DC$ , SE, TR, SI e PM;  $Z_4 = \sum 4DC$  SE, TR, BI e SI;

$X_3 = \sum 3DC$ , SE, TR e SI;  $Z_3 = \sum 3DC$  SE, TR e PT;  $X_2 = \sum 2DC$  TR e AM.

TABELA 4  
 EQUAÇÕES GENERALIZADAS DESENVOLVIDAS PARA MULHERES DE 18 a 51 ANOS.

Eq	Variáveis	Regressão	R	R <sup>2</sup>	EPE
<u>Nove dobras cutâneas</u>					
F1	DC <sup>2</sup> , ID, MC, ES	D = 1,03987298 - 0,00031853(X <sub>9</sub> ) + 0,00000047(X <sub>9</sub> ) <sup>2</sup> - 0,00025486(ID) - 0,00047358(MC) + 0,00046897(ES).	0,861	0,742	0,0065
F2	Log <sub>10</sub> DC, ID	D = 1,21630958 - 0,07522765 Log <sub>10</sub> (X <sub>9</sub> ) - 0,00032901(ID).	0,834	0,695	0,0070
F3	Log <sub>10</sub> DC, ID, C	D = 1,22219652 - 0,06681170 Log <sub>10</sub> (X <sub>9</sub> ) - 0,00035407(ID) - 0,00041834(CCX).	0,840	0,706	0,0069
<u>Sete dobras Cutâneas</u>					
F4	DC <sup>2</sup> , ID, MC, ES	D = 1,03992377 - 0,00036083(X <sub>7</sub> ) + 0,00000058(X <sub>7</sub> ) <sup>2</sup> - 0,00027099(ID) - 0,00046621(MC) + 0,00047136(ES).	0,863	0,744	0,0064
F5	Log <sub>10</sub> DC, ID	D = 1,20670046 - 0,07395778 Log <sub>10</sub> (Y <sub>7</sub> ) - 0,0003086(ID).	0,827	0,684	0,0072
F6	Log <sub>10</sub> DC, ID, C	D = 1,21527404 - 0,06432107 Log <sub>10</sub> (Y <sub>7</sub> ) - 0,00033650(ID) - 0,00049553(CCX).	0,836	0,699	0,0070
<u>Cinco dobras cutâneas</u>					
F7	DC <sup>2</sup> , ID, MC, ES	D = 1,03091919 - 0,00048584(X <sub>5</sub> ) + 0,00000131(X <sub>5</sub> ) <sup>2</sup> - 0,00026016(ID) - 0,00056484(MC) + 0,00053716(ES).	0,854	0,729	0,0066
F8	Log <sub>10</sub> DC, ID, C	D = 1,20263859 - 0,05941591 Log <sub>10</sub> (X <sub>5</sub> ) - 0,00037947(ID) - 0,00058310(CCX).	0,830	0,688	0,0071
<u>Quatro dobras cutâneas</u>					
F9	DC <sup>2</sup> , ID, MC, ES	D = 1,02902361 - 0,00067159(X <sub>4</sub> ) + 0,00000242(X <sub>4</sub> ) <sup>2</sup> - 0,00026073(ID) - 0,00056009(MC) + 0,00054649(ES).	0,848	0,719	0,0068
F10	DC <sup>2</sup> , ID, MC, ES	D = 1,03465850 - 0,00063129(Y <sub>4</sub> ) + 0,00000187(Y <sub>4</sub> ) <sup>2</sup> - 0,00031165(ID) - 0,00048890(MC) + 0,00051345(ES).	0,864	0,746	0,0064

Continuação da TABELA 4

F11	$\text{Log}_{10}$ DC, ID	$D = 1,19547130 - 0,07513507 \text{Log}_{10}(Y_4) - 0,00041072(\text{ID}).$	0,829	0,688	0,0071
F12	$\text{Log}_{10}$ DC, ID,C	$D = 1,19762048 - 0,06503676 \text{Log}_{10}(Y_4) - 0,00032730(\text{ID}) - 0,00033622(\text{CAB}).$	0,839	0,704	0,0069
				<u>Três dobras cutâneas</u>	
F13	$\text{DC}^2$ , ID, MC, ES	$D = 1,04127059 - 0,00087756(X_3) + 0,00000380(X_3)^2 - 0,00025821(\text{ID}) - 0,00059076(\text{MC}) + 0,00051050(\text{ES}).$	0,862	0,743	0,0065
F14	$\text{DC}^2$ , ID, MC, ES	$D = 1,04279001 - 0,00086587(Y_3) + 0,00000378(Y_3)^2 - 0,00028831(\text{ID}) - 0,00053501(\text{MC}) + 0,00047533(\text{ES}).$	0,862	0,743	0,0065
F15	$\text{Log}_{10}$ DC, ID	$D = 1,18187115 - 0,07320426 \text{Log}_{10}(Y_3) - 0,00037317(\text{ID}).$	0,832	0,693	0,0071
F16	$\text{Log}_{10}$ DC, ID,C	$D = 1,18483723 - 0,06461929 \text{Log}_{10}(Y_3) - 0,00030703(\text{ID}) - 0,00028509(\text{CAB}).$	0,838	0,703	0,0069

DC = dobra cutânea (mm);  $X_9 = \sum 9\text{DC}$ , SE, TR, BI, PT, AM, SI, AB, CX e PM;

$X_7 = \sum 7\text{DC}$ , SE, TR, AM, SI, AB, CX e PM;  $Y_7 = \sum 7\text{DC}$ , SE, TR, AM, PT, SI, AB e CX;

$X_5 = \sum 5\text{DC}$ , SE, TR, SI, AB e PM;  $X_4 = \sum 4\text{DC}$ , SE, TR, SI e PM;

$Y_4 = \sum 4\text{DC}$ , AM, SI, CX e PM;  $X_3 = \sum 3\text{DC}$ , SE, SI e CX;  $Y_3 = \sum 3\text{DC}$ , AM, SI e CX;

### Anatole Barreto Rodrigues de Carvalho (1998)

Carvalho desenvolveu seu trabalho, orientado pelo Prof Dr Cândido Simões Pires Neto, com universitários (n=66 homens e n=58 mulheres) estudantes de Medicina, Odontologia, Enfermagem, Engenharia, Jornalismo e Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Universidade Católica de Pernambuco e militares do Núcleo de Preparação de Oficiais da Reserva (NPOR) de Santa Maria - RS.

A metodologia foi praticamente a mesma dos autores anteriormente citados, com apenas uma diferença significativa: o autor utilizou, como variável dependente, a Massa Corporal Magra (MCM) e, como variáveis independentes, além de dobras cutâneas e perímetros musculares, a Impedância Bioelétrica (Tetrapolar Biodynamics modelo 310).

A MCM foi calculada transformando-se a DC em % de gordura por meio da equação de Siri (1961), isto é,  $\% G = (495/\text{DC}) - 450$ .



A Massa Gorda (MG) foi calculada pela seguinte equação:  $MG = MCT (\%G/100)$ .

A MCM foi calculada subtraindo-se da MCT a MG:  $MCM = MCT - MG$ .

As equações desenvolvidas são mostradas na TABELAS 5 e 6, a seguir:

**TABELA 5**  
**EQUAÇÕES DESENVOLVIDAS PARA HOMENS**  
**DE 18 a 30 ANOS.**

EQUAÇÃO	R	R <sup>2</sup>	EPE
$MCM = 17,95347 + 0,21414 (Eres) - 0,06145 (Rc) + 0,48890 (MC)$	0,942	0,887	2,44
$MCM = 11,91759 + 0,24610 (Eres) + 0,48744 (MC)$	0,940	0,884	2,46
$MCM = 14,33274 - 0,02696 (R) + 0,17736 (EST) + 0,49396 (MC) - 0,07675 (Rc)$	0,943	0,889	2,42
$MCM = 10,97556 - 0,03187 (Pabd) + 0,17576 (EST) + 0,50702 (MC)$	0,941	0,885	2,46
$MCM = 46,58914 - 0,37804 (Pabd) - 0,02045 (R) + 0,84030 (MC) - 0,16679 (ID)$	0,948	0,899	2,42

Onde: R = resistência, Rc = reatância, EST = estatura, Eres =  $EST^2/R$ , MC= massa corporal (Kg), ID = idade, Pabd = perímetro do abdômen.

**TABELA 6**  
**EQUAÇÕES DESENVOLVIDAS PARA MULHERES**  
**DE 18 a 28 ANOS.**

EQUAÇÃO	R	R <sup>2</sup>	EPE
$MCM = 0,39493 (Eres) + 0,33101 (MC) + 0,17800 (EST) - 20,44659$	0,924	0,854	1,62
$MCM = 0,03211 (Rc) + 0,33031 (MC) + 0,38330 (EST) - 0,03159 (R) - 19,60829$	0,926	0,858	1,60
$MCM = 0,33268 (MC) + 0,38045 (EST) - 0,02810 (R) - 19,08062$	0,925	0,855	1,61
$MCM = 0,03922 (Rc) + 0,45921 (Eres) + 0,32653 (MC) + 0,14979 (EST) - 21,25400$	0,926	0,858	1,70
$MCM = 0,34680 (Eres) + 0,25025 (MC) + 0,23026 (EST) + 0,34234 (Ppan) - 34,03626$	0,927	0,859	1,59

Onde: R = resistência, Rc = reatância, EST = estatura, Eres =  $EST^2/R$ , MC= massa corporal (Kg), Ppan = perímetro da panturrilha.

### Ciro Romélio Rodriguez-Añez (1999)

Orientado pelo Prof Dr Cândido Simões Pires Neto, Rodriguez-Añez realizou um estudo com 64 cabos e soldados do Exército Brasileiro, com idades entre 18 e 22 anos, servindo na cidade de Santa Maria - RS.

Os procedimentos metodológicos foram os mesmos descritos pelos outros autores, tendo sido, entretanto, mensuradas 13 dobras cutâneas e nove perímetros musculares como variáveis independentes e, como variável dependente, a MCM.

A MCM foi calculada transformando-se a DC em % de gordura por meio da equação de Siri (1961), isto é,  $\% G = (495/DC) - 450$ .

A Massa Gorda (MG) foi calculada pela seguinte equação:  $MG = MCT (\%G/100)$ .

A MCM foi calculada subtraindo-se da MCT a MG:  $MCM = MCT - MG$ .

As equações específicas desenvolvidas são mostradas na TABELA 7.

**TABELA 7**  
**EQUAÇÕES ESPECÍFICAS PARA A ESTIMATIVA**  
**DA DENSIDADE CORPORAL DE CABOS E**  
**SOLDADOS DO EXÉRCITO.**

EQUAÇÃO	R	R <sup>2</sup>	EPE
$DC = 1,12227 - 0,00249263 (X3) + 0,00004989252 (X2)^2 + 0,001926203 (PPES) - 0,0008869007 (PABD) - 0,000523489 (PCXS)$	0,868	0,749	0,0045
$DC = 1,12432 - 0,00170410 (X3) + 0,00002110497 (X3)^2 + 0,001996741 (PPES) - 0,000928645 (PABD) - 0,000466887 (PCXS)$	0,874	0,765	0,0043
$DC = 1,14293 - 0,000175058 (X6) + 0,00001569687 (X6)^2 + 0,002012604 (PPES) - 0,00101592 (PABD) - 0,000426929 (PCXS)$	0,889	0,790	0,0041
$DC = 1,14981 - 0,00159294 (X7) + 0,00001168942 (X7)^2 + 0,002025870 (PPES) - 0,00104841 (PABD) - 0,000414721 (PCXS)$	0,892	0,797	0,0040
$DC = 1,15101 - 0,00144732 (X10) + 0,000009398513 (X10)^2 + 0,002136568 (PPES) - 0,00106070 (PABD) - 0,000470059 (PCXS)$	0,897	0,805	0,0039
$DC = 1,14673 - 0,00124366 (X11) + 0,000006973939 (X11)^2 + 0,002167078 (PPES) - 0,001103163 (PABD) - 0,000461764 (PCXS)$	0,896	0,804	0,0039
$DC = 1,14908 - 0,00117048 (X14) + 0,000005841855 (X14)^2 + 0,00224425 (PPES) - 0,00102242 (PABD) - 0,000485424 (PCXS)$	0,898	0,806	0,0039
$DC = 1,15141 - 0,00112681 (X16) + 0,000005325475 (X16)^2 - 0,002183359 (PPES) - 0,00103708 (PABD) - 0,000474348 (PCXS)$	0,896	0,804	0,0039
$DC = 1,15592 - 0,001105988 (X17) + 0,000004468730 (X17)^2 + 0,002170514 (PPES) - 0,00105844 (PABD) - 0,000458337 (PCXS)$	0,862	0,796	0,0046

Onde : X2 = dobra cutânea (dc) abdominal horizontal, X3 =  $\Sigma$  dc abdominal vertical (ABDV) + dc supra ilíaca oblíqua (SIO), X6 =  $\Sigma$  dc abdov+ SIO + coxa medial (CXM), X7 =  $\Sigma$  DC ABDV +SIO + CXM + TR(dc tripectral), X10 =  $\Sigma$  DC ABDV +SIO + CXM + TR + PT (dc peitoral), X14 =  $\Sigma$  DC ABDV +SIO + CXM + TR + PT + AXO (dc axilar oblíqua + PAM (dc panturrilha medial), X16 =  $\Sigma$  DC ABDV +SIO + CXM + TR + PT + AXO + PAM + BI (diâmetro biestiloidal), X17 = X16 =  $\Sigma$  DC ABDV +SIO + CXM + TR + PT + AXO + PAM + BI + SE (dobra subescapular), PPES = perímetro do pescoço, PABD = perímetro abdominal e PCXS= perímetro da coxa superior.

### Renato Shoei Yonamine (2000)

Este estudo visou desenvolver equações para 93 meninos, entre 12 a 14 anos de idade (n=31 de cada idade).

Também sob a orientação do Prof Dr Cândido Simões Pires Neto, Yonamine usou como variável dependente a MCM e, como variáveis independentes, além da MCT, a estatura e a idade, as dobras cutâneas, os perímetros musculares e a Impedância Bioelétrica (mesmo modelo usado anteriormente por Carvalho, 1998).

Para a transformação da DC em %G utilizou-se a equação de Lohman (1989): % G = 507/DC -464.

As equações desenvolvidas são mostradas, a seguir, na TABELA 8.

TABELA 8  
EQUAÇÕES DESENVOLVIDAS PARA  
GAROTOS DE 12 a 14 ANOS.

EQUAÇÕES	R	R2	EPE
$MCM = 0,99325 (mc) - 0,56533 (Pcx) + 16,34502$	0,951	0,905	2,152
$MCM = 0,68682 (IR) + 10,93392$	0,905	0,819	2,413
$MCM = 0,1766 (IR) + 0,50517 (mc) + 0,2997 (est) - 10,97801$	0,965	0,932	1,847
$MCM = 0,70837 (mc) - 0,001159 (R) + 14,27037$	0,944	0,890	2,346
$MCM = 0,18048 (IR) - 0,52213 (IMC) + 0,72394 (mc) + 8,67736$	0,964	0,930	1,889

Onde: IR= índice de resistência ( $est^2/R$ ), est = estatura, R= resistência elétrica corporal ( $\Omega$ ), mc=massa corporal total, IMC= índice de massa corporal ( $Kg/m^2$ ) e Pcx= perímetro da coxa.

### Marcelo Salem (2004)

Ainda sob a orientação do Prof Dr Cândido e José Fernandes Filho, Salem desenvolveu equações específicas para a estimativa da DC de mulheres militares do Exército Brasileiro, utilizando-se unicamente de variáveis antropométricas.

A amostra foi composta por um grupo de 100 mulheres, com idades entre 18 e 45 anos, divididas em grupo de regressão e de validação.

A principal diferença entre este e outros estudos utilizando-se a PH, é que, neste caso, foi construído um tanque exclusivamente para a realização do peso submerso.

Várias características diferenciam este tanque, como por exemplo: seu aquecimento e sua filtragem são automáticos; o peso não é aferido

através de uma balança, e sim, com uma célula de carga, desenvolvida pela FILIZOLA, com mostrador digital de várias velocidades de leitura e precisão de 5 a 50g entre outras características (Salem, Monteiro, Fernandes Filho e Pires Neto, 2003).

A idade, a estatura, a MCT, as dobras cutâneas, os perímetros musculares e os diâmetros ósseos foram usados como variáveis independentes na equação e a DC, como variável dependente.

As equações desenvolvidas são mostradas na TABELA 9.

TABELA 9  
EQUAÇÕES ESPECÍFICAS PARA A ESTIMATIVA  
DA DC EM MULHERES MILITARES.

D (g/ml)	EQUAÇÕES	R	EPE
	$D = 1,0 - 0,000748 (BIC+TRI) + 0,002538 (ANTE) + 0,0007667 (TORAX) - 0,00000995 (CINT)^2$	0,798	0,00542
	$D = 1,058 - 0,000763(BIC+TRI) + 0,002948(ANTE) - 0,000836 (CINT)$	0,780	0,00593
	$D = 1,022 - 0,000676 (BIC+TRI) + 0,000005533(TORAX)^2 - 0,0000104 (CINT)^2 + 0,00004012 (ANTE)^2 + 0,008641 (DBI)$	0,822	0,00516
	$D = 1,03 - 0,0007 (BIC+TRI) - 0,00000603 (CINT)^2 + 0,00005083 (ANTE)^2 + 0,007819 (DBI)$	0,802	0,00537
	$D = 1,045 + 0,002079(PESC) - 0,00112( CINT) - 0,000736(PCOXA) + 0,01142(DBI)$	0,710	0,00633
	$D = 1,058 + 0,002142 (PESC) + 0,00004764(ANTE)^2 - 0,0011 (PCOXA) - 0,00000885(CINT)^2$	0,689	0,00652
	$D = 1,040 - 0,000611(BIC+TRI) - 0,000269(CINT+PABDO) + 0,01303 (DBI)$	0,784	0,00555
	$D = 1,095 - 0,000676(BIC+TRI) - 0,000198 (CINT+PABDO)$	0,720	0,00616
	$D = 1,069 - 0,000796 (BIC + TRI)$	0,681	0,00645
	$D = 1,081 - 0,000649 (BIC+TRI) - 0,000000380 (BIC+TRI)^2 - 0,00000326 (CINT)^2$	0,711	0,00628

Onde: BIC= dobra do bíceps, TRI=dobra do tríceps, ANTE= perímetro do ante braço, TORAX= perímetro do tórax, CINT= perímetro da cintura, DBI= diâmetro biestiloidal, PESC= perímetro do pescoço, PCOXA= perímetro da coxa, PABDO= perímetro abdominal, R= coeficiente de correlação múltipla e EPE= erro padrão da estimativa.

### Marcelo Salem et al. (2006)

Este estudo foi realizado dentro da Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx), como iniciação científica dos alunos do Curso de Instrutores de 2006, tendo como proposta desenvolver uma equação específica para alunos do Curso de Educação Física da EsEFEx, utilizando poucas variáveis e focando a praticidade.

Participaram do estudo 20 militares (50% da população do estudo), oficiais do Exército, alunos do curso da EsEFEx/2006.

Como variáveis dependentes foram usadas a DC e a %G, e como independentes, as mesmas variáveis utilizadas por Guedes e Petroski.

O único diferencial deste estudo foi o método de validação que não seguiu as recomendações de Lohman (1992) e, sim, a análise diagnóstica dos resíduos da regressão.

Neste procedimento fez-se, basicamente, a análise estatística dos resíduos das novas equações, analisando a independência destes em relação às variáveis, a homocedasticidade dos resíduos e a normalidade dos resultados.

As equações desenvolvidas são mostradas na TABELA 10.

TABELA 10  
EQUAÇÕES ESPECÍFICAS PARA ESTIMAR A  
DC E %G EM MILITARES DA EsEFEx.

EQUAÇÕES DESENVOLVIDAS	R	EPE
$DC = 1,146 - 0,001 (PABD) + 0,001 (MCT) - 0,002 (DTRI)$	0.830	0.0058 (g/cm <sup>2</sup> )
$\% G = 0,497 (PABD) - 0,230 (MCT) + 0,793 (DTRI) - 20,504$	0.832	2.91 (%G)

## CONCLUSÃO

As equações listadas nesta revisão foram coletadas somente de publicações em periódicos indexados e usando como instrumento critério a PH. As equações publicadas em resumos de congressos não foram levadas em consideração, em função da dificuldade de acesso a tais informações.

Equações utilizando medidas antropométricas são amplamente utilizadas, por serem simples e implicarem em baixo custo, principalmente quando utilizadas em trabalhos de saúde pública, envolvendo um grande número de sujeitos.

Apesar da disponibilidade de equações nacionais, pode-se perceber que, com exceção da equação de Petroski (1995), todas as outras foram desenvolvidas para populações específicas e não devem ser utilizadas para populações em geral.

Portanto, quando se for usar uma equação para estimar a gordura corporal, deve-se tomar

grande cuidado na escolha do modelo apropriado, pois características como a idade, o gênero e as características antropométricas devem ser considerados, já que o uso de um método indireto para estimar os componentes corporais pode gerar vários erros.

Alem disto, segundo Norton e Olds (1996), vários erros estão embutidos nos modelos matemáticos indiretos: o erro biológico na quantificação e na padronização dos componentes corporais, a criação do modelo de regressão pelo programa estatístico, o uso de equipamentos descalibrados, a transformação de DC em % de Gordura, a escolha incorreta da equação e, o mais prejudicial, o erro embutido pelo avaliador inexperiente.

Se somarmos todos os erros aos valores estimados, poderemos achar um valor completamente diferente dos parâmetros esperados, principalmente quando se trata de saúde.

Para amenizar alguns erros embutidos pelos avaliadores nos resultados das avaliações, alguns autores estão desenvolvendo estudos utilizando somente perímetros, pois, apesar destas equações apresentarem acurácia mais baixa, torna-se mais difícil que o avaliador cometa erros na tomada das medidas antropométricas, já que as circunferências são mais fáceis de serem medidas, não necessitando de equipamento próprio e calibrado.

Conclui-se, portanto, que permanece a necessidade de serem realizados outros estudos validando, ou mesmo desenvolvendo, novas equações para populações ou grupos específicos não contemplados com modelos matemáticos próprios, visando minimizar possíveis erros.

### Endereço para correspondência:

Av João Luiz Alves, s/n (Forte São João) - Urca  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil - CEP: 22291-090

Tel: 21 2543-3323

e-mail: marcelosalem@uol.com.br

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO ABR, PIRES NETO CS. Desenvolvimento e validação de equações para a estimativa da massa corporal magra através da impedância bioelétrica. Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde 1998; 3 (1): 5-12.

GLANER MF, RODRIGUEZ-AÑEZ CR. Validação de procedimentos antropométricos para estimar a densidade corporal e percentual de gordura em militares masculinos. Rev Bras de Cineantropometria e desempenho Humano 1999;1(1):24-9.

GUEDES DP. Estudo de gordura corporal através da mensuração de valores da densidade corporal e da espessura de dobras cutâneas em universitários. Kinesis 1985;1 (2): 183-212.

HEYWARD VH, STOLARCZYK LM. Avaliação da composição corporal aplicada. São Paulo: Manole, 1996.

KATCH FI, McARDLE WD. Nutrição, Exercício e Saúde. 4ª ed. Rio de Janeiro: Médice, 1996.

LOHMAN TG. Advances in body composition assessment. Monograph Number 3. Champaign: Human Kinetics Publishers, 1992.

NORTON K, OLDS T. Anthropometrica. Sidney, Australia: Southwood Press, 1996.

PETROSKI EL. Desenvolvimento e validação de equações generalizadas para a estimativa da densidade corporal em adultos. Tese de Doutorado. Santa Maria, RS: UFSM, 1995.

PETROSKI EL, PIRES-NETO CS. Validação de equações antropométricas para a estimativa da densidade corporal em homens. Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde 1995; 2(1): 65-73.

PETROSKI EL, PIRES-NETO CS. Validação de equações antropométricas para a estimativa da densidade corporal em homens. Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde 1996; 1(3): 5-14.

POLLOCK ML, WILMORE JH. Exercícios na saúde e na doença. 2ª ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1993.

RODRIGUEZ-AÑEZ CR, PIRES NETO CS. Desenvolvimento e validação de equações estimativas da densidade corporal de soldados e cabos do exercito brasileiro entre 18 e 22 anos de idade. Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde 1999;4(2):39-48.

SALEM M, MONTEIRO ABMC, PIRES NETO CS, FERNANDES FILHO J. Composição Corporal Através da Técnica da Pesagem Hidrostática. Revista de Educação Física 2003;127:20-8.

SALEM M, FERNANDES FILHO J, PIRES NETO CS. Desenvolvimento e validação de equações antropométricas específicas para a determinação da densidade corporal de mulheres militares do Exército Brasileiro. Rev Bras Med Esporte 2004;10(3):141-6.

SIRI WE. Body composition from fluid spaces and density: analyses of methods. In BROZEK J, HENSCHER A (eds.). Techniques for measuring body composition. Washington: National Academy of Science, 1961.