

**Análise do peso hidrostático
nas posições sentada e
grupada em homens e
mulheres.**

*Analysis of hydrostatic
weighing at seated and
grouped positions of males
and females subjects*

**Edio Luiz Petroski
Cândido Simões Pires Neto**

Resumo

Este estudo teve como objetivo analisar os procedimentos sentado e grupado na mensuração do peso hidrostático (PH). Participaram do estudo 41 voluntários (21 do sexo feminino e 20 do masculino). Idade, peso e estatura foram $25,8 \pm 4,8$ anos, $56,9 \pm 8,3$ kg, $160,4 \pm 7,1$ cm para mulheres e $20,7 \pm 5,5$ anos, $74,5 \pm 9,3$ kg, $175,1 \pm 7,1$ cm para homens. Os sujeitos participaram de duas sessões de 10 pesagens nas posições sentada e grupada. O volume residual foi estimado segundo Goldman e Becklake (1959). Utilizou-se a equação de Siri (1961) para o %G. A análise dos dados indicou que: a) os valores do peso hidrostático são maiores quando mensurados na posição grupada, com diferenças significativas ($p < 0,01$) a partir da 4ª pesagem; b) existem diferenças significativas ($p < 0,05$) na predição da D e %G entre os dois procedimentos (D sentado = $1,0473 \pm 0,011$, %G = $22,67 \pm 4,96$; D grupado = $1,0496 \pm 0,009$, %G = $21,80 \pm 4,26$) para as mulheres e ($p < 0,01$) (D sentado = $1,0598 \pm 0,01$, %G = $17,1 \pm 4,3$; D grupado = $1,0614 \pm 0,01$, %G = $12,4 \pm 3$) para os homens. A análise dos dados sugere que a pesagem na posição grupada apresenta algumas vantagens sobre a sentada, pois, além de possibilitar uma mensuração mais rápida, faz com que os probantes sintam-se melhor e mais seguros. Estes resultados, aliados à preferência de 81% das mulheres e 90% dos homens em favor da pesagem na posição grupada, sugerem a utilização deste procedimento.

Unitermos: Pesagem hidrostática, procedimentos de pesagem.

Abstract

The objective of this study was to analyse hydrostatic weighing at seated and grouped positions of male and female subjects. Subjects were 21 females (x age = 25.8 ± 4.8 years; weight = 56.9 ± 8.3 kg; stature = 160.4 ± 7.1 cm) and 20 males (x age = 20.7 ± 5.5 years; weight = 74.5 ± 9.3 kg; stature = 175.1 ± 7.1 cm) who volunteered. Subjects were measured twice, 10 times on each position. Residual volume was estimated according to Goldman & Becklake (1959) procedures. Siri's (1961) equation was used for % fat. Results were: a) Hydrostatic weighing values were larger, ($p < 0.01$), when measured at grouped position after the 4th trial; b) significant differences were found between procedures for females, $p < 0.05$, (D, seated = 1.0473 ± 0.011 , % fat = 22.67 ; D, grouped = 1.0493 ± 0.009 , % fat = 21.80 ± 4.26) and males, $p < 0.01$, (D, seated = 1.0598 ± 0.01 , % fat = 17.11 ± 4.26 ; D, grouped = 1.0614 ± 0.01 , % fat = 16.41 ± 4.38). It may be suggested that the seated position has some advantages over the grouped position such as time and a more comfortable position manifested by 81% of females and 90% of males subjects.

Key words: Hydrostatic weighing, measurement procedures.

Introdução

A determinação da composição corporal tem ganho larga aceitação como técnica de pesquisa, com aplicação imediata em diversas disciplinas relacionadas à saúde e à atividade física. Dentre as técnicas utilizadas pela área de Cineantropometria do CEFD/UFMS, para estimar a composição corporal, encontra-se a Pesagem Hidrostática.

A Pesagem Hidrostática inicialmente popularizada por Behnke, Feen e Welham (1942), tem sido considerada como o método não evasivo mais aceito para o estudo da composição corporal. Segundo Weltman e Katch (1981), após várias alterações e adaptações dos procedimentos básicos de Behnke e cols. (1942), esta técnica é considerada o procedimento padrão em muitos laboratórios, com vasta aplicação na aptidão física, nutrição e controle de peso.

A determinação da densidade corporal através da pesagem hidrostática envolve a aplicação do princípio de Arquimedes do deslocamento de água. A densidade corporal é expressa como a massa por unidade de volume, sendo a massa, o peso corporal mensurado no meio ambiente, e o volume, a diferença entre o peso no ar e o peso submerso, corrigido pela densidade da água. Tradicionalmente, é realizada pela obtenção do volume residual, o qual requer a máxima exalação de ar pelo sujeito antes ou após o período de submersão.

Embora o peso hidrostático (PH) venha sendo utilizado extensivamente na mensuração da composição corporal, muitas limitações têm restringido o seu uso. Essas limitações incluem: (a) tempo necessário para completar diversas tentativas durante a testagem; (b) complexo protocolo de testagem; (c) grande cooperação dos sujeitos; (d) boa aptidão dos sujeitos que devem estar aptos a resistirem repetidos períodos de submersão; (e) e o excessivo tempo requerido para a análise (McClenaghan e Rocchio, 1986).

Reconhecendo a necessidade de simplificar a forma pela qual a pesagem hidrostática tem sido realizada, alguns autores (Katch e cols, 1967; Thomas e Cook, 1978 e Clark e Mathew,

1980) têm sugerido o uso de equipamentos mais baratos e com técnicas simples. Basicamente, essas técnicas sugerem formas e métodos simplificados e alternativos de estimar o volume residual, além de possibilitar a mensuração da pesagem submersa com maior rapidez, mantendo a acuracidade da medida.

Atualmente, a Universidade Federal de Santa Maria, através da área de Cineantropometria do Laboratório de Pesquisa e Ensino do Movimento Humano (LAPEM), vem investindo na pesquisa em Composição Corporal. Para tanto, espera desenvolver um protocolo de pesagem hidrostática com equipamentos de baixo custo operacional para a determinação da densidade corporal que, no entanto, seja válido, confiável e aplicável ao estudo de grandes amostras. Por esta razão, os objetivos desta investigação foram os seguintes: a) descrever um procedimento alternativo de pesagem hidrostática para a utilização em Cineantropometria; b) analisar dois procedimentos de mensuração do peso hidrostático, sentado X grupado.

Procedimentos Metodológicos

Equipamento para a pesagem hidrostática - O equipamento desenvolvido para a pesagem hidrostática consta de uma caixa pintada de branco, de formato quadrado 160 X 160 cm, com 140 cm de altura, sem fundo, construída em madeira com 2,5 cm de espessura. Esta caixa foi colocada dentro de uma piscina para a prática de natação, com profundidade aproximada de 120 cm.

Uma balança Filizola, com capacidade para 6 kg e com divisão de 10 g, foi fixada sobre uma prancha com 30 cm de largura e 5 cm de espessura, suspensa a 2 metros de altura, apoiada por dois suportes fixos na posição central, em dois lados opostos da caixa.

No local do prato da balança foi adaptada uma base em alumínio com 50 cm de comprimento, em cujas extremidades foi fixada uma corrente para a sustentação da cadeira e do trapézio que são utilizados pelos sujeitos no momento da pesagem

submersa. Foram construídos um trapézio e uma cadeira tubulares em PVC, cano 40. A cadeira, com dimensões de 50 x 50 cm, e o trapézio, com dimensão de 50 cm.

A pesagem hidrostática - Participaram do estudo 41 voluntários, sendo 21 do sexo feminino e 20 do sexo masculino. A idade, o peso e a estatura foram $25,8 \pm 4,8$ anos, $56,9 \pm 8,3$ kg, $160,4 \pm 7,1$ cm para as mulheres e $20,7 \pm 5,5$ anos, $74,5 \pm 9,3$ kg, $175,1 \pm 7,1$ cm para os homens.

Todos os sujeitos participaram de duas sessões de 10 pesagens nas posições sentada e grupada. A técnica de pesagem seguiu os procedimentos descritos por Katch e cols. (1967) e as recomendações de Heyward (1991).

Peso submerso na posição sentada - Foi realizado com o indivíduo sentado, apoiando-se com as mãos nas laterais ou na base da cadeira; então, flexionava o tronco, submergindo o corpo totalmente.

Peso submerso na posição grupada - O indivíduo posicionava-se com os braços cruzados e elevados à frente, formando um ângulo de $\pm 90^\circ$ em relação ao tronco, tocando a mão direita no antebraço esquerdo, próximo ao cotovelo e vice-versa. Em seguida, ao submergir o corpo, ficava suspenso no trapézio pelos braços e, apoiando lentamente o seu peso elevava os joelhos até a altura dos braços, quando então a mão direita tocava o joelho esquerdo e vice-versa, assumindo a posição grupada. Esta posição assumida pelo corpo é similar à posição de medusa, realizada como educativo para a adaptação ao meio líquido, na natação. Em virtude do peso do cinto de mergulhador, colocado na cintura do sujeito, este tende a assumir a posição grupada no sentido vertical.

Antes de efetuar a pesagem foi permitido aos sujeitos praticarem a expiração submersa. O registro da pesagem foi realizado após o máximo esforço expiratório, estando o sujeito totalmente submerso. A respiração foi mantida bloqueada por aproximadamente 5-10 segundos, para a estabilização da balança, quando a leitura da pesagem foi então registrada. Após cada

testagem, aguardava-se o restabelecimento da respiração, sendo o mesmo procedimento repetido por 10 vezes. Os movimentos excessivos na escala durante a pesagem foram controlados pelos avaliadores, o que permitiu fazer leituras com precisão de ± 30 gramas. Os sujeitos foram estimulados a fazerem expirações máximas no momento da mensuração. A média das últimas três leituras foi usada como valor da pesagem hidrostática (Katch e cols. 1967; Katch, 1968). Quando os valores das pesagens 8ª, 9ª e 10ª divergiam em mais de 100 g, tentativas adicionais eram realizadas. Foram registrados todos os valores obtidos nas pesagens e a temperatura da água, após a última pesagem. A temperatura da água oscilou entre 30° a 35°C, com média de 34,12°C.

Cálculo da densidade corporal (D) - Partindo da fórmula convencional peso/volume, a D foi determinada através da seguinte equação:

$$D = \frac{P}{(P - P_a) / D_a - (VR + 0,1)}$$

Onde: D = Densidade corporal,
 P = Peso corporal em kg,
 P_a = Peso na água em kg,
 D_a = Densidade da água,
 VR = Volume residual em litros.

Volume Residual (VR) - O VR foi estimado através das equações de Goldman e Becklake (1959), que consideram a idade, estatura e sexo:

Mulheres: VR = 0,009(idade/anos) + 0,032(estatura/cm) - 3,900.

Homens: VR = 0,017(idade/anos) + 0,027(estatura/cm) - 3,477.

Percentual de Gordura (%G) - O %G foi determinado através da equação de Siri (1961): %G = (495 / D) - 450.

Massa Corporal Magra (MCM, kg) - A MCM foi estimada utilizando a seguinte equação: MCM = Peso corporal (1 - % G /100).

Peso de Gordura (G, kg) - O peso de gordura corporal foi obtido subtraindo a MCM do peso corporal.

O tratamento estatístico consistiu do teste "t" pareado e da correlação simples de Pearson e foi realizado através de pacote SPSS/PC+.

Resultados e Discussão

Os valores médios das 10 tentativas do PH nos dois procedimentos de pesagem são mostrados nas Tabelas I e II.

A média do peso submerso mostrou que o menor aumento da 1ª para a 2ª tentativa foi de 99 g para as mulheres na posição sentada e o maior, de 124 g para os homens na posição grupada. A curva de adaptação, descrita por Katch (1968), não foi observada neste estudo. Todavia, a aprendizagem da 1ª para a 2ª tentativa na posição grupada assemelha-se à reportada por Bonge e Donnelly (1989), que relatou um aumento médio de 125 g, com aumento de 25 gramas da 2ª à 10ª pesagem. No presente estudo, este aumento foi mais acentuado, oscilando em torno de 160 gramas (Figuras 1 e 2).

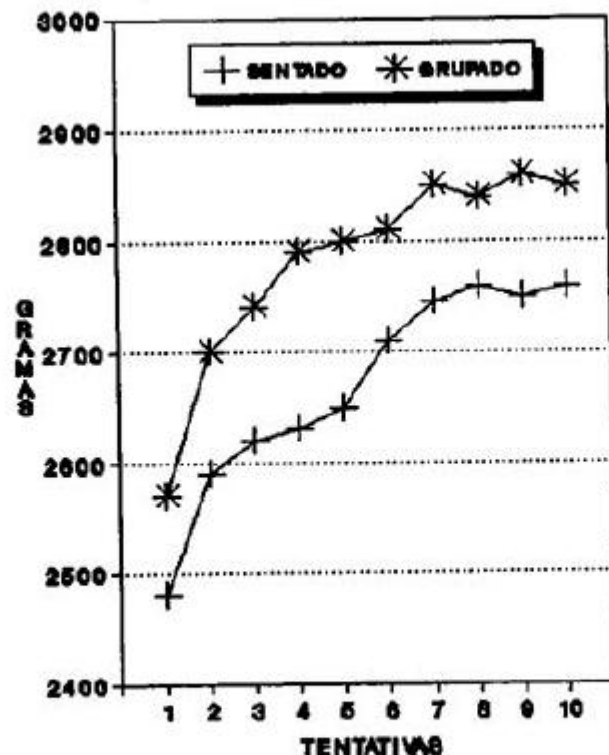


FIG.1 - PESO HIDROSTATICO MASCULINO

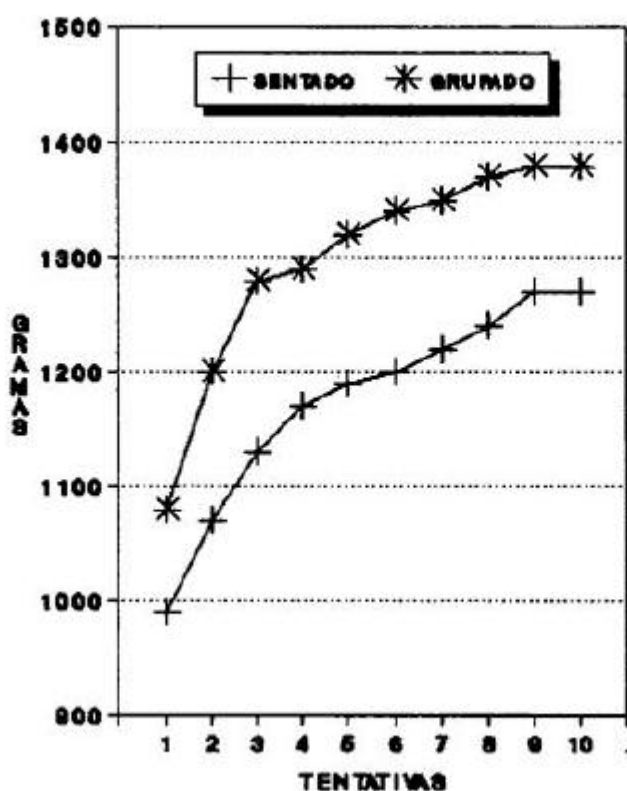


FIG. 2 - PESO HIDROSTÁTICO FEMININO

Tabela I - Pesagem hidrostática em homens: sentado x grupado

	Sentado		Grupado		R	t
	X	S	X	S		
1ª Pesagem	2,482	0,66	2,567	0,61	0,71**	-0,79
2ª Pesagem	2,594	0,63	2,691	0,61	0,85**	-1,22
3ª Pesagem	2,620	0,60	2,745	0,57	0,87**	-1,88
4ª Pesagem	2,624	0,60	2,810	0,54	0,88**	-2,95*
5ª Pesagem	2,648	0,58	2,789	0,55	0,93**	-3,09*
6ª Pesagem	2,714	0,56	2,812	0,54	0,98**	-3,52*
7ª Pesagem	2,746	0,55	2,849	0,55	0,98**	-3,78
8ª Pesagem	2,765	0,54	2,841	0,55	0,98**	-3,15*
9ª Pesagem	2,719	0,49	2,856	0,54	0,88**	-2,73*
10ª Pesagem	2,761	0,53	2,854	0,54	0,96**	-2,86*

* p < 0,01; ** p < 0,001.

Tabela II: Pesagem hidroestática em mulheres: sentada x grupado.

	Sentado		Grupado		R	t
	X	S	X	S		
1ªPesagem	0,987	0,54	1,081	0,51	0,77**	-1,19
2ªPesagem	1,086	0,50	1,200	0,43	0,79**	-1,69
3ªPesagem	1,130	0,51	1,293	0,45	0,90**	-3,39*
4ªPesagem	1,169	0,50	1,286	0,43	0,83**	-1,91*
5ªPesagem	1,195	0,51	1,323	0,43	0,94**	-3,24*
6ªPesagem	1,202	0,49	1,342	0,41	0,91**	-3,07*
7ªPesagem	1,220	0,49	1,351	0,42	0,93**	-3,27*
8ªPesagem	1,246	0,50	1,367	0,41	0,93**	-2,81*
9ªPesagem	1,268	0,49	1,378	0,40	0,93**	-2,63*
10ªPesagem	1,273	0,49	1,378	0,41	0,95**	-2,83*

* $p < 0,01$; ** $p < 0,001$.

Os resultados representados nas Tabelas I e II sugerem um decréscimo progressivo na variância das pesagens, com o aumento do número de repetições em ambos os procedimentos. O desvio padrão observado entre as 10 tentativas, de uma maneira geral, indicou maior variabilidade nas quatro primeiras tentativas. Observou-se também uma tendência na estabilização da variância a partir da 5ª pesagem. A variabilidade dos resultados da pesagem hidroestática, relatada neste estudo, foi menor que a reportada por Thomas e Cook (1978), quando do estudo sobre a mensuração na posição decúbito ventral.

Acredita-se que esta diminuição na variância, observada durante as repetidas pesagens, seja devida à adaptação dos indivíduos à expiração submersa. Com isso, eles estariam mais aptos a expelir maior quantidade de ar após cada tentativa, ocasionando, desta maneira, um aumento gradativo do peso

submerso. Este aumento também pode ter ocorrido pela aprendizagem dos sujeitos, o que possibilitou a redução da amplitude dos dados, mesmo quando os valores máximos foram mantidos. Com isso, houve uma tendência à homogeneização da amostra e uma ampliação da relação entre os dois procedimentos a cada pesagem.

A comparação entre as duas posições de pesagem (Tabela I e II) indicou diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,01$) a partir da 4ª pesagem, sendo que em todas as pesagens os sujeitos foram mais pesados na posição grupada, o que permite levantar a hipótese de que este posicionamento do corpo favoreça uma maior expiração durante a pesagem submersa.

A análise da Figura 1, pesagens em homens, talvez possa ajudar no esclarecimento de tal hipótese, onde se verifica que a média da 3ª pesagem - 2,745 kg - na posição grupada foi similar à média das três últimas tentativas na posição sentada. Para as mulheres, Figura 2, constatam-se diferenças significativas ($p < 0,01$) já na 3ª pesagem, entre os dois procedimentos, em favor da posição grupada. Vale destacar ainda que a média de 1,293 kg, em termos absolutos, é superior à média da 10ª pesagem na posição sentada.

Os valores da composição corporal estimados através da densidade corporal, usando os dois procedimentos, são mostrados nas Tabelas III e IV. A análise dos resultados sugere que os dois procedimentos utilizados para mensurar o peso submerso levam a valores estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) em mulheres e homens ($p < 0,01$) na predição da composição corporal. Como o relacionamento entre D e %G é inversamente proporcional, quando foram confrontados os valores de D e %G estimados pelos procedimentos sentado X grupado, constatou-se que, em ambos os sexos, os maiores valores de D e os menores do %G foram encontrados quando os sujeitos foram mensurados na posição grupada.

Tabela III: Composição corporal de homens pela técnica de Pesagem hidrostática (n=20)

	X	S	X	S	r	t
D(g/ml)	1,0598	0,01	1,0614	0,01	0,97**	3,11*
% G	17,11	4,26	16,41	4,38	0,97**	3,12*
G(Kg)	12,94	4,33	12,40	4,36	0,98**	3,02*
MCM (Kg)	61,53	6,50	62,01	6,53	0,99**	3,268

*p < 0,01; **p < 0,001.

Tabela IV: Composição corporal de mulheres pela técnica de Pesagem hidrostática (n=21)

	X	S	X	S	r	t
D(g/ml)	1,0473	0,011	1,0493	0,009	0,95**	-2,39*
% G	22,67	4,96	21,80	4,26	0,95**	2,42*
G(Kg)	13,16	4,71	12,62	4,31	0,98**	2,69*
MCM (Kg)	43,75	4,64	44,29	4,83	0,98**	-2,73*

*p < 0,01; **p < 0,001.

A literatura indica que o volume residual e a pesagem submersa são as variáveis que constituem os maiores fatores de erro que podem afetar a validade da D, determinada hidrostáticamente. Como o volume residual foi controlado, ou seja, em ambos os procedimentos (sentado e grupado) foram utilizados valores estimados a partir da equação de Goldman e Becklake (1959), pode-se, então, inferir que as diferenças encontradas na densidade corporal são oriundas das diferentes posições de pesagem.

Tradicionalmente, a pesagem hidrostática tem sido

mensurada estando o indivíduo sentado em uma cadeira tubular. No entanto, outras formas alternativas têm sido utilizadas, como deitada, sentada, em barra "T" ou, ainda, na posição assumida no presente estudo: na forma grupada. Na pesagem submersa, quando o avaliado assume a posição grupada, ele toca levemente os joelhos com as mãos, enquanto fica apoiado pelos braços e suspenso em uma barra, cujo formato assemelha-se a um trapézio ou ao sinal gráfico de parênteses retos, colocados na horizontal. Aparentemente, este posicionamento possibilitou uma expiração máxima durante a pesagem submersa.

Na tentativa de analisar a experiência vivenciada durante as repetidas pesagens, foi solicitada a opinião dos sujeitos sobre os dois procedimentos de pesagem. As opiniões emitidas revelaram que 81% das mulheres e 90% dos homens sentiram-se melhor e mais seguros quando mensurados na posição grupada.

Os resultados deste estudo, consubstanciados com a opinião emitida pelos probantes sobre a forma de pesagem, favorecem a utilização do procedimento do PH na forma grupada.

Conclusões

A análise dos resultados deste estudo permitiu as seguintes conclusões:

- a) o procedimento do PH na posição grupada pode ser usado como uma forma alternativa de mensuração do peso submerso;
- b) a mensuração na posição grupada facilita sobremaneira a expiração máxima do testando durante a pesagem;
- c) a posição grupada apresenta ainda outras vantagens sobre a sentada: possibilita uma leitura mais rápida e exige menor esforço do sujeito que está sendo mensurado.

Finalmente recomenda-se a utilização do procedimento grupado em estudos de composição corporal, haja vista as indicações de validade e facilidade de aprendizagem na execução do teste.

Referências Bibliográficas

- Behnke, A.R.; Feen, B.G. and Welhan, W.C. *The specific gravity of healthy men.* J. Am. Medical Association. 118(7), 495-498, 1942.
- Bonge, D. and Donnelly, J.E. *Trials to criteria for hydrostatic weighing at residual volume.* Res. Quart. Exerc. and Sport. 60(2), 176-179, 1989.
- Clark, B.A. and Mathew, J.L. *An inexpensive method of determining body composition by underwater weighing.* Brit. J. Sports Med. 11(4), 225-228, 1980.
- Goldman, H.I. and Becklake, M.R. *Respiratory function tests: normal values of medium altitudes and the prediction of normal results.* Am. Rev. Respiratory Disease. 79,457-467, 1959.
- Heyward, V.H. *Advanced fitness assessment and exercise prescription.* Champaign,IL. Human Kinetics Books. 1991.
- Katch, F.; Michael, E.D. and Horvath, S.M. *Estimation of body volume by underwater weighing: description of a simple method.* J. Appl. Physiology. 23(5), 811-813, 1967.
- Katch, F.I. *Apparent body density and variability during underwater weighing.* Res. Quart., 39(4), 993-999, 1968.
- McClenaghan, B.A. and Rocchio, L. *Design and validation of an automated hydrostatic weighing system.* Med. Sci. Sports and Exercise. 18(4),479-484, 1986.
- Siri, W.E. *Body composition from fluid space and density.* In J. Brozek & Hanschel, A. (Eds.), *Techniques for measuring body composition* (p.223-224). Washington, D.C. National Academy of Science, 1961.
- Thomas, I.R. and Cook, I. *A simple inexpensive method for estimating underwater weight.* Brit. J. Sports Med.. 12(1), 33-36, 1978.
- Weltman, A. and Katch, V. *Comparison of hydrostatic weighing at residual volume and total lung capacity.* Med. Sci. Sports Exercise. 13(3), 210-213, 1981.

Édio Luiz Petroski - Doutorando do PPGCMH/CEFD/UFSM
- CINEANTROPOMETRIA, Bolsista da FAPERGS. Núcleo de
Pesquisa em Exercício e Saúde/CDS/UFSC.
Cândido Simões Pires-Neto - Prof. Dr. DMTD/CEFD/UFSM.