

Artigo originalAnatole Barreto R. de Carvalho ¹
Cândido S. Pires Neto ²**COMPOSIÇÃO CORPORAL ATRAVÉS DOS MÉTODOS DA PESAGEM
HIDROSTÁTICA E IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA EM UNIVERSITÁRIOS**COMPARISON OF THE BODY COMPOSITION OF COLLEGE STUDENTS OBTAINED BY UNDERWATER
WEIGHING AND BY BIOELECTRICAL IMPEDANCE ASSESSMENT**RESUMO**

O objetivo desse estudo foi determinar e comparar o percentual de gordura, massa corporal magra (MCM) e massa gorda (MG) obtidos pelos métodos da pesagem hidrostática e impedância bioelétrica em universitários dos sexos masculino e feminino. Para tanto, foram avaliados 115 sujeitos (57 homens e 58 mulheres) entre 18 e 30 anos de idade através da impedância bioelétrica (IB) e pesagem hidrostática (PH), que foi o método adotado como critério. O teste t para amostras dependentes revelou que houve diferença estatística significativa, $p < 0,001$, entre os valores médios das variáveis da composição corporal, apesar da correlação de Pearson entre o %G, MG e MCM decorrente dos dois métodos, terem sido significantes, $p < 0,001$. Concluímos que a utilização da IB como recurso para as estimativas dos componentes da composição corporal sugere extrema cautela na interpretação dos mesmos.

Palavras-chave: composição corporal, impedância bioelétrica, pesagem hidrostática, equações preditivas.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine and to compare % fat, LBM and FM of male and female college students measured by hydrostatic weighing and bioelectrical impedance assessment (BIA). To this end, 115 subjects (57 male and 58 female), aged 18 to 30, were assessed by BIA and hydrostatic weighing, which was adopted as the gold standard. The t test for dependent samples revealed that there was a statistically significant difference ($p < 0,001$) between mean body composition results from the two methods, despite the fact that Pearson's correlation coefficients for %F, FM and LBM were significant ($p < 0,001$). We conclude that, when interpreting the results of BIA used as a method for estimating body composition, extreme caution is necessary.

Key words: body composition, bioelectrical impedance assessment, hydrostatic weighing, prediction equations

¹ EMAF - Empresa de Aptidão Física, Recife, PE² Coordenador da Área de Cineantropometria do Centro de Educação Física e Desporto/UFSM

INTRODUÇÃO

A cineantropometria é a área de conhecimento que estuda os aspectos do ser humano relacionados ao seu tamanho, forma, proporção, composição e maturação (Beune & Borms (1990). Dentro do vasto campo de exploração da cineantropometria, certamente, um dos aspectos de maior importância refere-se ao estudo da composição corporal.

No estudo da composição corporal, pode-se fracionar o corpo humano em dois, três, ou quatro componentes. Usualmente, o meio científico tem adotado o fracionamento do corpo humano sobre o enfoque de dois componentes: a massa gorda (MG) e a massa corporal magra (MCM).

Para análise da composição corporal e, conseqüentemente, para o fracionamento dos principais componentes estruturais que formam o corpo humano, podem ser empregados métodos envolvendo procedimentos de determinação direta (análise química de cadáveres) e indireta, que podem ser realizados em laboratório (técnicas da hidrometria, espectrometria, densitometria, impedância bioelétrica, ressonância nuclear magnética, ultra-sonografia, interatância infravermelho, análise radiográfica, excreção de creatinina, tomografia computadorizada, condutividade elétrica corporal, análise da ativação de nêutrons, análise da absorção de photons); ou de campo (técnica antropométrica) (Lukaski, 1987; Brondie, 1988; Mcardle et al., 1992). De todos esses métodos, os mais difundidos são a densitometria e a antropometria.

Um dos métodos indiretos mais utilizados na avaliação da gordura corporal total envolve a determinação da densidade corporal. Dentre as diversas técnicas laboratoriais empregadas para a determinação da densidade corporal, a densitometria é certamente a mais precisa.

A densidade de qualquer material pode ser calculada pela relação da massa pelo seu volume. No estudo da composição corporal, a densidade do corpo humano pode ser traduzida como a relação do seu peso corporal total dividido pelo seu volume, sendo que, através do princípio proposto por Arquimedes, a mensuração do volume corporal pode ser calculado através do deslocamento d'água ou da pesagem hidrostática (Behnke & Wilmore, 1974). Via de regra, o método da densitometria é operacionalizado através da pesagem

hidrostática e é considerado o método “padrão ouro” para a validação de outros métodos no campo da composição corporal.

A técnica antropométrica, através das medidas de perímetros, diâmetros e espessuras de dobras cutâneas, tem sido um recurso bastante utilizado no estudo da composição corporal, bem como também usado para prever, isto é, estimar o percentual de gordura corporal através de equações de regressão (Forsyth & Sinning, 1973).

A utilização da técnica da espessura das dobras cutâneas como procedimento no estudo da composição corporal, está baseada no princípio de que existe uma significativa relação entre a gordura subcutânea, a gordura interna e a densidade corporal (McArdle et al. 1992). Muitos estudos têm mostrado que a densidade corporal pode ser predita através das mensurações das dobras cutâneas, apesar de alguns modelos também se utilizarem dos perímetros corporais e dos diâmetros ósseos (Wilmore & Behnke, 1969).

O método antropométrico apresenta algumas vantagens em relação a outros métodos, entre elas: material simples, o baixo custo financeiro dos equipamentos, rapidez e facilidade na coleta dos dados, aplicabilidade em grandes grupos, boa relação com a densidade corporal e por ser um método não invasivo (Behnke & Wilmore, 1974; Lohman, 1992).

Entretanto, por volta da década de 60, foi desenvolvido um medidor portátil de impedância bioelétrica (IB), podendo ser potencialmente útil no cálculo das estimativas da composição corporal. O método para a determinação da impedância corporal está baseado na condução de uma corrente elétrica no organismo. Segundo Lukaski et al. (1985) o método da IB baseia-se no princípio de que o fluxo elétrico é facilitado através do tecido hidratado e da água extracelular em comparação com o tecido adiposo.

Atualmente, o método da IB tem sido indicado como uma técnica potencialmente viável na estimativa da composição corporal, pelo fato de ser uma técnica não invasiva, de fácil operação, ter boa portabilidade, exigir o mínimo de cooperação possível por parte do avaliado, rapidez na interpretação dos resultados e ser, de certa forma, comercialmente acessível (Lukaski et al. 1986; Caton et al. 1988; Baumgartner et al. 1990; Heyward & Stolarczyk, 1996). Assim, este estudo teve como objetivo determinar e comparar o percentual de gordura, MCM e MG obtidos pelos métodos da pesa-

gem hidrostática e impedância bioelétrica em universitários dos sexos masculino e feminino.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A população deste estudo foi composta por universitários da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade de Pernambuco (UPE) e Universidade Católica de Pernambuco (UCPE) na faixa etária compreendida entre 18 e 30 anos de ambos os sexos.

A amostra foi constituída por 115 voluntários, sendo 57 do sexo masculino e 58 do sexo feminino. Fizeram parte da amostra apenas indivíduos saudáveis, adaptados ao meio líquido, praticantes ou não de programas de treinamento ou exercícios físicos orientados.

Protocolo de Mensurações

Densitometria: Os valores da densidade corporal foram obtidos através da pesagem hidrostática e foram realizados em uma piscina semi-olímpica com dimensões de 25 x 12 m por 120 cm de profundidade utilizada para prática da natação. Dentro da piscina foi colocada uma caixa de madeira de formato quadrado, com dimensões de 120 x 120 cm nos lados, por 140 cm de altura. Para a obtenção dos valores da densidade corporal foram realizadas 7 a 10 pesagens submersas, estando o avaliado na posição grupada conforme sugerem Petroski e Pires Neto (1992) e Petroski (1995).

Para efeito de cálculo, foi utilizada a média das últimas três leituras como a medida do peso hidrostático. Se nas três últimas pesagens ainda permanecesse uma oscilação maior do que 100 g, tentativas adicionais eram realizadas até que se conseguisse uma estabilização no peso hidrostático. Os procedimentos para a pesagem hidrostática foram realizados conforme as descrições de Katch et al. (1967); Katch (1968); Katch e Michael (1968) e as recomendações de Heyward (1991).

Cálculo da Densidade Corporal (D): Conforme Behnke e Wilmore (1974), a seguinte equação determina a densidade corporal a partir da pesagem hidrostática:

$$\text{Densidade Corporal: } D \text{ (g/ml)} = Ps / [(Ps - Pa) / Da - (VR + 0.1)]$$

Onde: D = Densidade corporal;

Ps = Peso corporal em Kg;

Pa = Peso na água em Kg;

Da = Densidade da água;

VR = Volume residual em litros;

0.1 = Constante para o volume de gás presente no trato gastrointestinal.

O volume residual foi estimado através das equações de Goldman e Becklake (1959), que levam em consideração a idade, estatura e sexo:

Homens: $VR = 0,017 \text{ (idade, anos)} + 0,027 \text{ (estatura, cm)} - 3,477$

Mulheres: $VR = 0,009 \text{ (idade, anos)} + 0,032 \text{ (estatura, cm)} - 3,900$

Percentual de Gordura (%G): Para o cálculo do percentual de gordura, foi utilizada a fórmula de SIRI (1961), onde: $\%G = (495 / D) - 450$.

Massa Gorda (MG): A massa gorda foi calculada através da multiplicação da massa corporal pela fração do percentual de gordura. $MG = MC (\%G / 100)$.

Massa Corporal Magra (MCM): A massa corporal magra foi calculada pela seguinte expressão: $MCM = MC - MG$

Impedância Bioelétrica (IB): Para análise da Impedância Bioelétrica foi utilizado o analisador de composição corporal tetrapolar Biodynamics Modelo 310. A técnica da IB requer a colocação precisa de quatro eletrodos em locais bem definidos, estando o avaliado deitado em decúbito dorsal. Após o comando emitido pelo equipamento, uma corrente indolor de baixa intensidade de 800 mA (Micro Ampéres) a uma frequência fixa de 50 kHz (Kilohertz) é introduzida passando do eletrodo fonte para o eletrodo de captação. A queda de voltagem percebida por este último eletrodo é registrada segundo o valor ohm (W) mais próximo. Os eletrodos foram colocados nos pontos anatômicos conforme a padronização sugerida por Lukaski et al. (1986) e Heyward e Stolarczyk (1996).

Tratamento Estatístico: Para análise dos dados utilizou-se no SPSS/PC+ a estatística descritiva para a determinação da média e do desvio padrão, a correlação simples de Pearson e o teste "t" dependente de Student ao nível de significância de 5%.

Resultados e Discussão

Inicialmente, com o intuito de fornecer uma melhor visão quanto à caracterização da amostra estudada, procurou-se evidenciar, através da Tabela 1, as características físicas dos grupos masculinos e femininos.

Tabela 1 - Características físicas dos grupos masculino e feminino

	Masculino (n = 57)			Feminino (n = 58)		
	$\bar{x}$	S	Variação	$\bar{x}$	s	Variação
MC	71,2	11,6	53,1 – 117,7	55,8	7,1	44,3 – 80,9
EST	175,3	6,9	161,3 – 191,0	162,7	5,6	149,0 – 174,2
ID	22,7	3,3	18 – 30	21,6	2,6	18 – 28
D	1,071	0,013	1,041311-1,092592	1,052	0,012	1,02880-1,08163

Onde: MC (Kg); EST (cm); ID (anos); D (g/ml)

A principal preocupação desse estudo foi verificar se existem diferenças nos componentes da composição corporal (%G, MCM e MG), obtidos pelos métodos da pesagem hidrostática e impedância bioelétrica em universitários dos sexos masculino e feminino. Neste particular, observa-se na TABELA 2, que tanto no sexo masculino como no feminino houve diferenças significativas, ($p < 0,001$) nas variáveis %G, MG e MCM. Esses resultados são similares aos valores evidenciados por Guimarães et al. (1996) e Souza et al. (1996) para o grupo masculino e por Jackson et al. (1988) no grupo feminino, quando os mesmos compararam as variáveis da composição corporal em seus respectivos estudos.

Analisando os valores das correlações do %G, MG e MCM determinados pela PH e estimados pela IB, verificamos que todos os indicativos da composição corporal obtiveram significativas correlações ($p < 0,001$). Todavia, na variável %G a correlação de $r = 0,76$ encontrada no grupo masculino é inferior ao relatado por Souza et al. (1996), quando os autores en-

contraram uma correlação de $r = 0,83$ em uma amostra homogênea de militares.

Quanto ao comportamento da MCM, as correlações encontradas de $r = 0,94$ e $r = 0,92$ nos grupos masculino e feminino respectivamente, são inferiores aos valores relatados por Lukaski et al. (1986) e Souza et al. (1996) para o grupo masculino, $r = 0,98$, no entanto são superiores aos valores relatados por Jackson et al. (1988) de $r = 0,78$ e $r = 0,79$ para ambos os sexos. De qualquer modo, as correlações reportadas neste estudo foram elevadas e significante em $p < 0,05$.

Conforme análise dos resultados encontrados na Tabela 2, observa-se que, em ambos os grupos, a IB superestimou os valores do percentual de gordura e subestimou os valores da MCM, quando este foi comparado com o método referência da PH. Assim, em se tratando das estimativas dos componentes da composição corporal, neste caso aqui representado pelo %G, MG e MCM, os resultados apresentados na Tabela 2 são similares aos encontrados na literatura, onde se constata as signi-

Tabela 2 – Valores médios, teste t e correlação entre o %G, MG e MCM

	Grupo Masculino (n = 57)				
	PH	IB	r^*	t	p
%G	12,4 ± 5,7	13,9 ± 5,5	0,78	3,10	0,001
MG	9,2 ± 5,4	10,1 ± 5,6	0,88	2,75	0,001
MCM	62,1 ± 7,9	60,9 ± 7,2	0,95	- 3,27	0,001
	Grupo Feminino (n = 58)				
	PH	IB	r^*	t	p
%G	20,5 ± 5,5	24,3 ± 3,6	0,76	7,79	0,000
MG	11,7 ± 4,3	13,6 ± 3,7	0,90	7,97	0,000
MCM	44,3 ± 4,4	42,1 ± 4,3	0,86	- 7,40	0,000

* $p < 0,001$

ficativas diferenças entre os valores médios determinados pela PH e os estimados pela IB. Esses achados também foram confirmados nos estudos de Souza et al. (1996) e Guimarães et al. (1996).

Prosseguindo, através da Tabela 3, apresenta-se, mediante a estatística descritiva, os resultados da R, Rc, AMCM (água da massa corporal magra) e ACT (água corporal total) obtidos em ambos os sexos.

De início, observa-se que os valores médios da R e Rc do grupo feminino (618,9 e 73,6) são maiores do que o masculino (484,3 e

66,4). Essa parece ser uma característica própria dessa variável nessas circunstâncias, pois baseado nas teorias que fundamentam o método da IB, quanto maior a quantidade de água corporal de um indivíduo, mais facilmente a corrente elétrica flui através dos tecidos, o que resulta em um menor valor de resistência, ou ainda, a resistência do fluxo da corrente elétrica é maior em indivíduos com grandes quantidades de gordura, já que a gordura é um péssimo condutor de corrente elétrica devido a sua pequena quantidade de água.

Tabela 3 – Características descritivas dos indicadores da IB

	Masculino (n = 57)				Feminino (n = 58)			
	$\bar{x}$	s	Min	Max	$\bar{x}$	s	Min	Max
R	484,3	55,2	350	614	618,9	54,1	496	769
Rc	66,4	8,1	46	84	73,6	9,9	52	99
AMCM	69,8	1,3	68,1	74,3	69,8	1,0	68,7	79,9
ACT	42,3	4,9	33,8	56,1	29,0	2,4	24,0	35,5

Onde: R = Resistência; Rc = Reatância; AMCM = Água da Massa Corporal Magra
ACT = Água Corporal Total

De acordo com o prévio raciocínio, e sabendo que o sexo masculino contém uma maior quantidade de massa muscular do que o sexo feminino, fica estabelecida uma relação inversamente proporcional entre a massa muscular e a resistência, isto é: maior massa muscular, maior quantidade de água corporal; maior quantidade de água corporal, menor resistência ao fluxo da corrente elétrica.

Esse conceito também pode ser estendido para indivíduos do mesmo sexo, mas com diferentes níveis de constituição física. Ou seja, indivíduos que têm maior quantidade de massa muscular, conseqüentemente, maior quantidade de água, possuem valores de resistência inferiores àqueles que possuem menores quantidades de massa muscular. Ou ainda, indivíduos com maiores quantidades de gordura possuem valores de resistência superiores àqueles indivíduos mais magros.

Por outro lado, um dos fatores que mais afetam a precisão do método da IB é a manutenção dos níveis normais de hidratação do corpo. De acordo com o manual do equipamento do Biodynamics (1995), para a correta aplicação do teste é recomendável que tanto para o sexo masculino como para o sexo feminino a quantidade de água contida na MCM oscile de 68% a 75%.

Com base nessas informações, os valores de AMCM utilizados nesse estudo, estão estritamente dentro dos limites preconizados pela literatura especializada, o que, certamente, só vem a endossar credibilidade quanto à metodologia adotada no experimento. Na Tabela 3, nota-se que os valores médios da AMCM nesse estudo, foi de 69,8 para os grupos masculino e feminino. Esses valores são similares aos relatados por Guimarães et al. (1996) e Souza et al. (1996) quando os mesmos mensuraram militares do NPOR de Santa Maria, RS.

Conclusões

A partir das informações obtidas nesse estudo, pode-se concluir que:

a) Os homens caracterizam-se por apresentar valores médios de densidade corporal e %G de $1,071 \pm 0,013$ g/ml e $12,4 \pm 5,7$ %, respectivamente. Pelo método da IB o %G médio foi de $13,9 \pm 5,5$ %. Já as mulheres apresentaram $1,052 \pm 0,012$ g/ml e $20,5 \pm 5,5$ % respectivamente para densidade corporal e %G. A média do %G pelo método da IB foi de $24,3 \pm 3,6$ %.

b) Quanto aos valores da composição corporal obtidos pelos métodos da PH e IB, tan-

to no sexo feminino como no sexo masculino, constataram-se diferenças significativas ($p < 0,001$). Para o sexo masculino as correlações simples entre os valores da PH e IB para o %G, MG e MCM foram: $r = 0,78$; $r = 0,88$ e $r = 0,95$, respectivamente. No sexo feminino, as correlações simples encontradas entre os valores da PH e IB foram: $r = 0,76$; $r = 0,90$ e $r = 0,86$ respectivamente para o %G, MG e MCM.

c) Em resumo, embora a IB seja um método alternativo para o estudo da composição corporal, as significativas diferenças encontradas nos valores do %G, MG e MCM, reforçam a hipótese de que é preciso ter cautela na predição e interpretação dos valores da composição corporal quando utilizado o referido método.

Referências Bibliográficas

- Baumgartner, J. A. ; Chumlea, C. & Roche, A. F. (1990). Bioelectrical Impedance for Body Composition. **Exercise and Sports Sciences Review**, 18, 193 - 224.
- Beune, G. & Borms, J. (1990). Cineantropometria: Raízes, Desenvolvimento e Futuro. **Revista Brasileira de Ciência do Esporte**, 4(3), 76 - 97.
- Behnke, A. R. & Wilmore, J. H. (1974). **Evaluation and Regulation of Body Build and Composition**. Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- Brondie, D. A. (1988). Techniques of Measurement of Body Composition. **Sports Medicine**, 5(2), 74 - 98.
- Caton, J., Molé, P. A., Adms, W. C. & Heustis, D. S. (1988). Body Composition Analysis by Bioelectrical Impedance: Effect of Skin Temperature. **Medicine and Science in Sports Exercise**, 20 (5), 489 - 491.
- Forsyth, H. & Sinning, W. (1973). The Anthropometric Estimation of Body Density and Lean Body Weight of Male Athletes. **Medicine and Science in Sports Exercise**, 5 (3), 174 - 180.
- Goldman, H. I. & Becklake, M. R. (1959). Respiratory Function Tests: Normal Values of Medium Altitudes and the Prediction of Normal Results. **American Review of Tuberculosis and Respiratory Diseases**, 79, 457 - 467.
- Guimarães, F. J. S. P., Lopes, A. S., Souza, O. F. & Pires Neto, C. S. (1996). Aplicação da Impedância Bioelétrica para o Estudo da Composição Corporal (sumário). **Anais do XX Simpósio Internacional de Ciências do Esporte**, p.75.
- Heyward, V. H. (1991). **Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription**. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
- Heyward, V. H. & Stolarczyk, L. M. (1996). **Applied Body Composition Assessment**. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
- Jackson, A. S., Pollock, M. L., Graves, J. E., Mahar, M. T. (1988). Reliability and Validity of Bioelectrical Impedance in Determining Body Composition. **Journal Applied of Physiology**, 64 (2), 529 - 534.
- Katch, F. I., Michael, E. D. & Horvath, S. M. (1967). Estimation of Body Volume by Underwater Weighing Description of a Simple Method. **Journal Applied of Physiology**, 23 (5), 811 - 813.
- Katch, F. I. & Michael Jr, E. D. (1968). Prediction of Body Density From Skin-fold and Girth Measurements of College Females. **Journal Applied of Physiology**, 25 (1), 92 - 94.
- Katch, F. I. (1968). Apparent Body Density and Variability During Underwater Weighing. **Research Quarterly**, 39 (4), 993 - 999.
- Lohman, T. G. (1992). **Advances in Body Composition Assessment**. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
- Lukaski, H. C., Johnson, P. E., Bolonchuk, W. W. & Lykken, G. (1985). Assessment of Fat-Free Mass Using Bioelectrical Impedance Measurements of the Human Body. **American Journal of Clinical Nutrition**, 41, 810 - 817.
- Lukaski, H. C., Bolonchuk, W. W., Hall, C. B. & Siders, W. A. (1986). Validation of Tetrapolar Bioelectrical Impedance Method to Assess Human Body Composition. **Journal Applied of Physiology**, 60 (4), 1327 - 1332.
- Lukaski, H. C. (1987). Methods for the Assessment of Human Body Composition. **American Journal of Clinical Nutrition**, 46 (4), 537 - 556.
- Mcardle, D. W., Katch, F. I. & Katch, V. L. (1992). **Fisiologia do Exercício Energia, Nutrição e Desempenho Humano**, 3ª ed. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara Koogan S.A.
- Petroski, E. L. & Pires Neto, C. S. (1992). Análise do Peso Hidrostático nas Posições Sentadas e Grupadas em Homens e Mulheres. **Kinesis**, 10 (2), 49 - 62.
- Petroski, E. L. (1995). **Desenvolvimento e Validação de Equações Generalizadas para Predição da Densidade Corporal**. Tese de doutorado. UFSM, Santa Maria, RS.
- Siri, W.E. (1961). Body Composition from Fluid Space and Density. In J. Brozek & Hanschel, A. (Eds.), **Techniques for Measuring Body Composition**, 223 - 224. Washington, D.C. National Academy of Science.
- Souza, O. F., Guimarães, F. J. S. P., Pires Neto, C. S. & Yonamine, R. S. (1996). Estimativa da Composição Corporal em Homens (Resumo). **Anais do XX Simpósio Internacional de Ciências do Esporte**, 74.
- Wilmore, J. & Behnke, A. (1969). An Anthropometric Estimation of Body Density and Lean Body Weight in Young Men. **Journal Applied of Physiology**, 27 (1), 25-31.

Endereço dos autores

Endereço: Rua Manoel de Carvalho 200/1601, Espinheiro - Recife, PE

Cep. 52050 - 370 Fone (081) 2210740, (081) 9674045