

A IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA NA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM HUMANOS

ANATOLE BARRETO RODRIGUES DE CARVALHO
EMAF - Empresa de Aptidão Física, Recife, PE
CÂNDIDO S. PIRES NETO
Universidade Tuiuti do Paraná, PR

resumo

Este estudo teve dois objetivos principais: a) revisar os princípios e conceitos biofísicos relacionados à avaliação da impedância bioelétrica (IB) em humanos e, b) desenvolver e validar equações para avaliação da massa corporal magra (MCM) usando a IB em ambos os sexos. Para tanto, foram avaliados 124 sujeitos com idades entre de 18 e 30 anos, que foram submetidos à protocolos de avaliação por impedância bioelétrica (IB), pesagem hidrostática, estatura e massa corporal. A técnica de regressão múltipla Stepwise (R) foi utilizada para o desenvolvimento das equações preditivas. As análises de validação das equações propostas foram determinadas através da correlação simples de Pearson, teste t dependente e erro padrão de estimativa (EPE). As correlações múltiplas e os EPE dos grupos masculino e feminino foram de ($R = 0,94$ e $EPE = 2,4$ Kg) e ($R = 0,91$ e $EPE = 1,6$), respectivamente. Nenhuma diferença estatística significativa ($p > 0,05$) foi encontrada entre os valores médios mensurados e preditos da MCM. Os resultados desse estudo permitem a seguinte conclusão: as equações desenvolvidas são válidas para a estimativa da MCM para os universitários que estejam dentro dos limites dos valores das variáveis analisadas, haja vista, as mesmas terem sido validadas fornecendo altos e significativos valores de correlação múltipla e baixos valores de EPEs.

PALAVRAS-CHAVE: Composição corporal, Impedância bioelétrica, Pesagem hidrostática, Equações preditivas.

THE BIOELECTRICAL IMPEDANCE IN THE EVALUATION OF HUMAN BODY COMPOSITION

abstract

The two main purposes of this study were: a) review principles and biophysics concepts related to evaluation of body composition in human and, b) develop and validate regression equations to estimate LBM for both sexes. For such, data were collected from 124 college students and consisted of stature, body mass, hydrostatic weighing and bioelectrical impedance. A stepwise multiple regression technique (R) was used to develop predictive equations. The developed equations were validated by Pearson's correlation, dependent t-test and the standard error of estimation (SEE). The multiple correlations and standard error of estimation ranged from ($R = 0,94$ and $SEE = 2,4$ Kg) and ($R = 0,91$ and $SEE = 1,6$) for males and females respectively. No statistical significant differences ($p > 0,05$) were found between means of the measured and the predicted LBM values. Results allowed the following conclusions: a) the developed equations are valid for the LBM estimation of college students who are within the limits of the analysed variables due to a higher multiple correlation and lower standard error of estimation.

KEY WORDS: Body Composition, Impedance Bioelectrical, Hydrostatic Weighing, Prediction Equations.

INTRODUÇÃO

O interesse em estudar a composição corporal se justifica à medida que, para se obter uma avaliação mais criteriosa sobre os efeitos/modificações no qual o organismo humano está sujeito, existe a necessidade de se fracionar o peso corporal total em seus diferentes componentes, haja vista o peso corporal ser constituído de um aglomerado de ossos, músculos, gordura e outros tecidos (McARDLE et al. 1992).

Do ponto de vista bioquímico, o corpo humano pode ser dividido em quatro elementos: água, proteína, minerais e lipídeos (MALINA & BOUCHARD, 1991). Entretanto, do ponto de vista anatômico, por uma questão de conveniência, alguns cientistas propuseram a subdivisão do peso corporal em até quatro componentes, são eles: massa muscular, massa gordurosa, massa óssea e massa residual. Nesse último componente estão incluídos os diversos órgãos e flúidos que formam o corpo humano, como o sangue, a pele, sistema nervoso, etc (POLLOCK & WILMORE, 1993).

Neste particular, percebe-se que, no organismo humano, os componentes causadores de maiores variações na determinação do peso corporal total são os músculos, os ossos e a gordura (MALINA, 1969). É bem verdade que as alterações ocorridas nesses componentes que formam o corpo humano podem ser atribuídas a diversos fatores como: crescimento, envelhecimento (MALINA, 1969); alimentação, exercício físico e até mesmo doenças (MALINA & BOUCHARD, 1991).

Dessa forma, através de uma análise minuciosa, pode-se detectar qual desses componentes podem estar variando em relação ao peso corporal total. Um dos principais interesses no estudo da composição corporal baseia-se na possibilidade de se obter informações quanto ao fracionamento do corpo humano em seus distintos componentes. A técnica da Impedância bioelétrica (IB) surge como uma alternativa para essas estimativas, apesar desta não estar destituída de alguns problemas.

Através da revisão de literatura realizada, verifica-se que os resultados encontrados têm se mostrado bastante diversificados e conflitantes no que diz respeito à acuracidade desse método nas estimativas da composição corporal. A justi-

ficativa para essa afirmação está baseada em dois motivos: a) a extrema dificuldade de se manter os níveis normais de hidratação nos sujeitos avaliados, haja vista a facilidade de oscilação do estado hídrico mediante fatores como: alimentação, temperatura corporal, variações no ciclo menstrual, exercício físico e uso de drogas ou diuréticos; e, b) as poucas informações a respeito da validade e confiabilidade desse método na avaliação da composição corporal, haja vista pouco se conhecer sobre os protocolos que estão inseridos dentro do software dos analisadores de IB, o que certamente caracteriza outra limitação desse método.

Os principais objetivos desse estudo foram: a) revisar os princípios e conceitos biofísicos relacionados na avaliação da IB em humanos e, b) desenvolver e validar equações para avaliação da massa corporal magra (MCM) usando a IB em ambos os sexos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A população deste estudo foi composta por universitários dos cursos de Medicina, Odontologia, Enfermagem, Engenharia, Jornalismo e Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade de Pernambuco (UPE) e Universidade Católica de Pernambuco (UCPE), além de militares do NPOR da cidade de Santa Maria, (RS). A faixa etária dos grupos ficou compreendida entre 18 e 30 anos em ambos os sexos.

A amostra foi constituída por 124 voluntários, sendo 66 do sexo masculino e 58 do sexo feminino, de diversas classes sociais, 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. Para a obtenção dos valores da densidade corporal foram realizadas 7 a 10 pesagens submersas, estando o avaliado na posição grupada conforme sugerem PETROSKI & PIRES NETO (1992) e PETROSKI (1995). Para efeito de cálculo, foi utilizada a média das últimas três leituras

como a medida do peso hidrostático. Os procedimentos para a pesagem hidrostática foram realizados conforme as descrições de KATCH et al. (1967); KATCH (1968); KATCH & MICHAEL (1968) e as recomendações de HEYWARD (1991). Para a determinação da densidade corporal e volume residual empregou-se a equação sugerida por BEHNKE & WILMORE (1974) e GOLDMAN & BECKLAKE (1959), respectivamente.

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

Massa Gordida (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 de intensidade de corrente de 800 mA (Micro Ampéres) e frequência fixa de 50 kHz (Kilohertz).

Análise dos Dados: Com a finalidade de desenvolver e validar as equações de regressão para a estimativa da MCM os grupos foram randomicamente dividido em amostra de regressão e amostra de validação. A amostra de regressão foi utilizada para o desenvolvimento das equações de regressões e foi constituída por 50 homens e 47 mulheres. A amostra de validação foi utilizada para validar as equações desenvolvidas e foi formada por 16 homens e 11 mulheres oriundos da mesma população que foi randomicamente selecionada e que não participou do desenvolvimento dos modelos de regressão.

Para análise dos dados utilizou-se 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%. A variável dependente (critério) foi a MCM determinada através da pesagem hidrostática. A escolha da equação elaborada foi realizada segundo os seguintes critérios:

- nível de significância das variáveis;
- maior coeficiente de correlação múltipla (R);
- maior coeficiente de determinação (R^2);
- praticidade na utilização do modelo de regressão.

O processo de validação da equação proposta foi realizada mediante uma segunda amostra independente, segundo as sugestões de JACKSON, (1989); LOHMAN (1992) e HEYWARD & STOLARCZYK (1996), observando os seguintes critérios:

- correlação linear;
- teste "t" de Student dependente;
- erro padrão de estimativa (EPE), onde: $EPE = s \sqrt{1 - R^2}$

Toda a estatística foi analisada através do programa SPSS PC + (1988).

PRINCÍPIOS BIOFÍSICOS DA IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA

O método da IB baseia-se na condução de uma corrente elétrica no organismo. Por sua vez, os organismos vivos contêm fluidos intra e extracelulares que agem como condutores elétricos, e de membranas celulares que atuam como condensadores elétricos. O método da IB baseia-se no princípio de que uma resistência a uma corrente elétrica está inversamente relacionada à distribuição da água corporal total e dos eletrólitos (LUKASKI, 1985).

Para HOFFER et al. (1969) a hipótese de que a medida da IB pode ser usada para determinar a massa corporal livre de gordura, está fundamentada no princípio de que a impedância de um sistema geométrico está relacionada ao comprimento do condutor e a sua configuração, à sua área de corte transversal e à frequência de sinal. Nesse caso, usando um sinal de frequência constante em um condutor, a impedância ao fluxo da corrente elétrica pode ser relatado pelo volume do condutor, ou seja:

$$Z = \rho L / A \text{ (equação 1);}$$

onde Z é expresso em ohms, r é a resistividade do volume corporal (ohms-cm), L é o comprimento do condutor em (cm) e A é a área transversal do condutor (cm^2). Assim, a impedância de um sistema está diretamente relacionada ao comprimento do condutor (L) e inversamente relacionada com a sua área transversal (A) (LUKASKI et al. 1985; HEYWARD & STOLARCZYK, 1996).

Multiplicando a equação 1 por L na medida

em que este L seja o mesmo tanto no numerador, quanto no denominador teremos:

$$Z = \rho L^2 / AL \text{ (equação 2);}$$

ora, se A é a área do condutor e L é o comprimento do condutor, então: AL é igual ao volume do condutor - V . Substituindo AL por V na equação 2 teremos:

$$Z = \rho L^2 / V \text{ (equação 3).}$$

LUKASKI et al. (1985) comentam que essa equação foi proposta por NYBOER em 1943. Esse autor foi quem primeiro demonstrou que em um volume biológico (neste caso o corpo humano) a determinação da passagem de uma corrente elétrica está inversamente relacionada com a impedância (Z), a resistência (R) e a reatância (R_c), ou seja, Z é igual a raiz quadrada de $R^2 + R_c^2$. Assim, pode-se dizer que a impedância é composta por dois vetores: a resistência e a reatância, matematicamente é expressa pela seguinte equação ($Z = \sqrt{R^2 + R_c^2}$).

A resistência é a oposição ao fluxo de uma corrente elétrica através do corpo (KUSHNER, 1992) e está diretamente relacionada com os níveis de hidratação dos meios intra e extra celular (BAUMGARTNER et al. 1990; CHUMLEA & GUO, 1994). Também pode ser traduzida pela expressão:

$$\text{Resistência} = \frac{1}{1/R_m + 1/R_g + 1/R_o}$$

onde, R_m = resistência do tecido muscular; R_g = resistência do tecido gorduroso e R_o = resistência do tecido ósseo. Como no corpo humano, o tecido muscular contém muito mais água e eletrólitos em relação ao tecido gorduroso e ósseo, e os valores de R_g e R_o são altos por circunstância da alta resistência do tecido adiposo e ósseo, fica assumido que $1/R_g$ e $1/R_o$ são praticamente zero. Assim, a medida da resistência é aproximadamente equivalente à do tecido muscular (CHUMLEA & GUO, 1994).

A reatância, também chamado de resistência capacitiva, é conceituada como a medida de oposição ao fluxo de uma corrente através do corpo devido a capacitância (KUSHNER, 1992). Os capacitores são dispositivos usados para armazenar cargas elétricas por um curto momento

de tempo (BAUMGARTNER, 1996). No ser humano, as células das membranas são constituídas por duas camadas de proteínas e fosfolipídeos (material bom condutor), separadas por uma camada de lipídeo não condutivo (KUSHNER, 1992). Dessa forma, a membrana celular atua como se fosse um capacitor, oferecendo uma certa reatância à corrente elétrica (capacitância).

Em se tratando da determinação da resistência e da reatância no estudo da composição corporal quando aplicado em humanos, tanto a R como a R_c são dependentes do sinal de frequência da corrente elétrica (KUSHNER, 1992). Nesse particular, a literatura especializada sobre a IB mostra que o valor da R é muito maior do que da R_c . No entanto, essa suposição só é verdadeira quando a frequência da corrente elétrica é baixa e constante, isto é, 50 kHz (HEYWARD & STOLARCZYK, 1996).

Por essa razão, a R e a Z são muitas vezes usadas como sinônimo, porque o valor da R_c é muito pequeno quando relacionado com a Z ($< 4\%$). Contudo, em certos contextos, o papel da R_c e, conseqüentemente, a distinção da Z e da R é muito importante. Isto é particularmente verdadeiro quando da utilização de um analisador de IB multi-frequência (BAUMGARTNER, 1996).

Outros estudos também têm demonstrado a importância da R_c e do ângulo de fase (\emptyset) nas medidas de algumas variáveis fisiológicas e principalmente no diagnóstico de desordens metabólicas, particularmente nas doenças da tireóide (BAUMGARTNER et al. 1990). O ângulo de fase corresponde à relação geométrica entre a R e a R_c . Pode ser quantificado pela tangente do ângulo formado entre a R e a R_c , e pode variar de zero grau (sistema puramente resistivo) e 90 graus (sistema puramente capacitivo). No corpo humano, o \emptyset varia entre 8 e 15 graus (BAUMGARTNER, 1996).

Então, admitindo que a R_c é hipotética, e que sua magnitude é muito pequena quando relacionada com a R , e sendo a R um maior preditor da Z do que R_c (LUKASKI et al. 1985; LOHMAN, 1992), a expressão final para o volume do condutor (V), seria:

$$V = \rho L^2 / R \text{ (equação 4);}$$

onde, L é a estatura em cm e R é a resistência em ohms.

A resistividade específica, ou ρ , na fórmula

$V = \rho L^2 / R$ é uma propriedade particular de todo material condutor e independe da forma ou do tamanho do mesmo. Para efeitos de cálculos, a resistividade específica é assumida como constante, mas, na verdade, cada tecido tem características diferentes, o que leva, conseqüentemente, à obtenção de valores diferenciados de resistividade (CHUMLEA & GUO, 1994).

Para confirmar esses achados, em uma amostra de 53 homens e 70 mulheres que incluía 26 meninos e 24 meninas CHUMLEA et al. (1988), mostraram que a resistividade específica do tronco é, pelo menos, duas vezes maior do que a dos membros. E ainda, nos adultos, a resistividade específica dos braços e das pernas é maior do que quando comparado com as das crianças. Nessa pesquisa, os autores separaram os percentuais de gordura em quartis, e os resultados indicaram que quanto maior a quantidade de gordura corporal maior era o índice de resistividade encontrado. Segundo CHUMLEA et al. (1988), BAUMGARTNER et al. (1990) & KUSHNER, (1992) a resistividade específica não é constante devido aos diferentes níveis de hidratação e concentração eletrolítica que ocorrem intra e inter-indivíduo encontradas na composição dos diversos tecidos que formam o corpo humano.

Como em um sistema biológico, a condução elétrica está relacionada com a água e a distribuição iônica do condutor, e a massa corporal livre de gordura contém quase toda água e eletrólitos do corpo, a condutividade nesse tecido é maior do que aquela registrada no tecido adiposo (LUKASKI et al. 1986). Conseqüentemente, na teoria, a magnitude de uma medida de impedância permitiria a diferenciação entre a massa livre de gordura e a massa gordurosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, com o intuito de fornecer uma melhor visão quanto à caracterização da amostra estudada, evidencia-se, através da **TABELA 1**, as características descritivas das amostras de regressão dos grupos masculinos e femininos.

Na **TABELA 1**, observa-se que, em ambos os grupos, os valores da densidade corporal determinados através da PH e posteriormente convertidos em %G através da fórmula de SIRI (1961), possuem uma heterogeneidade bastante

acentuada. A gordura corporal do grupo masculino oscilou de 3,3% a 22,9%, enquanto no sexo feminino a variação foi de 12,8% a 31,1%, ou seja, em ambos os grupos tínhamos indivíduos muito magros, normais e com sobrepeso conforme a classificação da gordura corporal sugerida por LOHMAN (1992). Segundo LOHMAN (1992), apenas os homens com mais de 25% de gordura corporal e as mulheres com mais de 32% são considerados obesos.

Acredita-se, com base nesses resultados, que a heterogeneidade nos valores de densidade corporal utilizadas na análise desse estudo em muito contribuiu para o desenvolvimento das equações de regressão. Esta abrangência nos valores de densidade corporal parece ser um fato evidente em estudos dessa natureza, haja vista resultados similares também terem sido publicados aqui no Brasil por GUEDES (1985), PETROSKI (1995) e RODRIGUES-AÑES (1997), quando os mesmos desenvolveram equações específicas para universitários, generalizadas e específicas para soldados e cabos do exército brasileiro respectivamente, para a estimativa da densidade corporal.

No desenvolvimento das equações para a estimativa da MCM em homens e mulheres, foi empregada a análise de regressão múltipla stepwise, com a finalidade de se detectar quais das variáveis independentes (resistência, reatância, estatura ao quadrado/resistência, massa corporal, estatura e idade) que melhor traduzissem a variável dependente a ser estimada, neste caso a MCM, para cada sexo.

As equações desenvolvidas para estimativa da MCM em homens e mulheres estão apresentadas na **TABELA 2**. Através dessa tabela, pode-se observar em detalhes, os coeficientes de correlação múltipla (R), os coeficientes de determinação (R^2), e os erros padrões da estimativa (EPE) da MCM para cada equação proposta.

Para a obtenção do modelo de regressão que estabeleceu a equação estimativa para a MCM, foi utilizada a técnica de regressão múltipla Stepwise, onde as variáveis independentes (preditoras), são introduzidas no modelo uma a uma até que o coeficiente de correlação múltipla (R) seja satisfatório, ou seja, $R > 0.80$. No momento seguinte, o programa começa a excluir, uma a uma, as variáveis independentes que não são significativas para o modelo sem diminuir o coeficiente de correlação múltipla (R).

Contudo, de acordo com as observações de LOHMAN (1992), o recurso estatísticos de maior importância na elaboração de equações de regressão é o erro padrão de estimativa (EPE). Segundo LOHMAN, o EPE verifica o quanto os valores preditos (estimados através das equações de regressão) estão subestimando ou superestimando os valores reais (neste caso, a MCM determinada pela PH). Como limite de precisão, o autor preconiza que o EPE não ultrapasse 3,5 Kg para os homens e 2,8 Kg para as mulheres.

Diante desses valores, observa-se que, tanto no sexo masculino como no feminino (TABELA 2), as equações propostas neste estudo não extrapolaram o limite de precisão proposto por LOHMAN. Portanto, com base nessas evidências, os valores da MCM estimados através das equações aqui propostas apresentam um alto grau de confiança quando de sua aplicação. Nos homens e nas mulheres, os EPEs encontrados foram de 2,4 Kg e 1,6 Kg, respectivamente.

Um outro aspecto importante no desenvolvimento das equações para a estimativa da MCM, refere-se à validação das equações propostas. Para tanto, foram selecionadas duas amostras, oriundas da mesma população e foi formada por 16 homens e 11 mulheres que não participaram do desenvolvimento dos modelos de regressão. As características descritivas das amostras de validação para ambos os sexos encontram-se apresentadas na TABELA 3.

Através da TABELA 4, é possível analisar os resultados das validações nos grupos masculinos e feminino. Com base nesses resultados, verifica-se que, em ambos os grupos, as correlações lineares entre os valores da MCM, determinadas diretamente através da PH, e os valores preditos através das equações publicadas nesse estudo, são bastante semelhantes, elevadas e significativas. No grupo masculino a correlação foi de ($r = 0,96$), Entre as mulheres, a correlação foi levemente inferior às dos homens, ($r = 0,91$).

TABELA 3: Características descritivas das amostras de validação dos sexos masculino e feminino.

	Masculino (n = 16)			Feminino (n = 11)		
	\bar{x}	s	Variação	\bar{x}	s	Variação
ID	20,2	2,3	18 - 25	22,4	3,3	18 - 28
MC	65,8	8,8	53,1 - 81,5	57,9	6,7	47,0 - 67,6
EST	174,3	6,8	164,8 - 190,8	162,5	8,1	149,0 - 174,2
Pesagem Hidrostática						
D	1,075	0,011	1,05795 - 1,09259	1,045	0,014	1,02921 - 1,07066
%G	10,2	4,6	3,1 - 17,8	23,9	6,2	12,3 - 30,9
MCM	58,9	7,3	47,0 - 71,0	43,9	4,6	36,7 - 49,1
MG	6,9	3,3	1,6 - 12,4	14,0	4,3	6,3 - 18,5
Impedância Bioelétrica						
%G	10,6	3,5	5,2 - 17,5	26,5	3,6	20,0 - 32,4
MCM	58,7	6,6	49,5 - 70,4	42,3	5,1	32,6 - 49,0
MG	7,2	3,1	2,7 - 14,3	15,3	3,1	11,2 - 20,5
R	494,9	33,1	420 - 547	632,4	66,4	536 - 769
Rc	67,3	6,2	60 - 84	75,6	10,4	58 - 94

Onde: MC (kg); EST (cm); ID (anos); D (g/ml); MCM e MG (Kg); R e Rc (ohms)

TABELA 4: Validação das equações propostas para estimativa da MCM dos sexos masculino e feminino.

Grupo masculino		\bar{x}	s	r*	t**	EPE
MCM determinada pela pesagem hidrostática		58,9	7,3			
MCM estimada pela equação de regressão		59,2	6,0	0,96	0,54	2,0
Grupo feminino		\bar{x}	s	r*	t**	EPE
MCM determinada pela pesagem hidrostática		44,3	4,5			
MCM estimada pela equação de regressão		43,9	4,6	0,91	0,55	1,9

* $p < 0,001$; ** $p > 0,05$

Outro aspecto analisado na validação das equações desse estudo, foi a comparação das médias obtidas através do teste t dependente entre a MCM determinada através da PH e a MCM estimada pela equação de regressão. Neste particular, tanto no sexo masculino como no sexo feminino, observa-se que o teste "t" dependente indicou que não existem diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) entre as duas médias, evidenciando assim, que a utilização de qualquer uma das equações propostas produzem valores de MCM extremamente confiáveis.

Quanto aos EPEs, verifica-se que os mesmos apresentaram valores de 2,0 Kg para os homens e 1,9 Kg para as mulheres. Diante desses resultados, observa-se que os valores dos EPEs, estão enquadrados dentro da faixa de aceitação para o critério de validação conforme preconiza LOHMAN (1992). Assim, os baixos EPEs indicam que as equações desenvolvidas nesse estudo estimam acuradamente a MCM para esta amostra de universitários dos sexos masculino e feminino.

Um outro ponto importante, ainda no aspecto da validação, está relacionado com os valores de gordura corporal. Desta forma, através do teste "t" dependente, objetivou-se verificar a existência de possíveis diferenças estatísticas entre o %G, determinado através da densidade obtida pela PH, e o %G derivado das equações propos-

tas neste estudo. Após a análise dos dados, observou-se que nenhuma das duas equações apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) o que credencia ainda mais a validação dessas equações para o uso de universitários. Os resultados são mostrados na TABELA 5.

Assim, após conhecido o valor da MCM, o percentual de gordura pode ser calculado através da determinação da massa gorda (MG), ou seja: $MG = MC - MCM$ e dividindo a MG pela MC do indivíduo, isto é: $\%G = (MG / MC) \times 100$. Convém salientar que não recomendamos a utilização das estimativas do %G e/ou da MCM obtidas direto do analisador de IB (Byodinamics, Valhalla, RJL systems 101, Maltron, ou qualquer outro modelo), pois tais estimativas são baseadas em predições derivadas de amostras com características de idade, sexo, raça, níveis de atividade física e níveis de gordura corporal desconhecidos, a menos que:

- a) se conheça quais equações estão programadas dentro software do analisador;
- b) se obtenha informações do fabricante a respeito da validade e acuracidade dessas equações e;
- c) se determine se essas equações são generalizadas ou específicas e se podem ser aplicadas para o grupo a ser avaliado.

TABELA 5: Comparação dos percentuais de gordura determinados pela pesagem hidrostática e estimados através das equações de regressão.

Grupo masculino	\bar{x}	s	r*	t**
%G determinado pela pesagem hidrostática	10,3	4,6		
%G estimado pela equação de regressão	9,8	3,4	0,78	0,71
Grupo feminino	\bar{x}	s	r*	t**
%G determinado pela pesagem hidrostática	23,4	4,4		
%G estimado pela equação de regressão	23,9	6,2	0,82	0,42

* $p < 0,01$; ** $p > 0,05$

Finalmente, as equações desenvolvidas são válidas para a estimativa da MCM de homens e mulheres que estejam dentro dos limites dos valores das variáveis analisadas, haja vista, as mes-

mas terem sido validadas fornecendo altos e significativos valores de correlação múltipla e baixos valores de EPE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUMGARTNER, J. A. ; CHUMLEA, C. & ROCHE, A. F. Bioelectrical Impedance for Body Composition. **Exerc. Spor. Sci. Rev.** v.18, p. 193 - 224,1990
- BAUMGARTNER, J. A. Electrical Impedance and Total Body Electrical Conductivity. In: ROCHE, A. F. ; HEYMSFIELD, S. B. & LOHMAN, T. G. **Human Body Composition**. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois, 1996.
- BIODYNAMICS: Manual de Instruções, 1995: **Monitor de Composição Corporal Biodynamics Modelo 310**. TBW - Newmed Importadora LTDA, São Paulo.
- BEHNKE, A. R. & WILMORE, J. H. **Evaluation and regulation of body build and composition**. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1974.
- CHUMLEA, WC. ; BAUMGARTNER, J. A. & ROCHE, A. Specific Resistivity Used to Estimate Fat-Free Mass from Segmental Body Measures of Bioelectrical Impedance 1 - 3. **Am. J. Clin. Nutr.** v.48, p. 7 - 15, 1988.
- CHUMLEA, WC. & GUO, S. Bioelectrical Impedance and Body Composition Present Status and Future Directions. **Nutr. Rev.** v.52, p. 123 - 131, 1994.
- GOLDMAN, H. I. & BECKLAKE, M.R. Respiratory Function Tests: Normal Values of Medium Altitudes and the Prediction of Normal Results. **Am. Rev. Respir. Dis.** v.79, p.457-467, 1959.
- GUEDES, D. P. **Estudo da Gordura Corporal Através da Mensuração dos Valores de Densidade Corporal e da Espessura de Dobra Cutânea em Universitários**. Dissertação de Mestrado. UFSM, Santa Maria, RS, 1985.
- HEYWARD, V. H. **Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription**. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois, 1991.
- HEYWARD, V. H. & STOLARCZYK, L. M. **Applied Body Composition Assessment**. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois, 1996.

- HOFFER, E. C., ; MEADOR, C. K. & SIMPSON D. C. Correlation of Whole-Body Impedance with Total Body Water Volume. **J. Appl. Physiol.** v.27 n.4, p. 531 - 534, 1969.
- JACKSON, A. S. Application of Regression Analysis to Exercise Science. In: SAFRIT, M. J.; WOOD, T. M. **Measurement Concepts in Physical Education and Exercise Science.** Human Kinetics Books. Champaign, Illinois, 1989.
- KATCH, F. I.; MICHAEL, E. D. & HORVATH, S.M. Estimation of Body Volume by Underwater Weighing: Description of a Simple Method. **J. Appl. Physiol.** v. 23, n.5, p. 811 - 813, 1967.
- KATCH, F. I. & MICHAEL Jr, E. D. Prediction of Body Density From Skin-fold and Girth Measurements of College Females. **J. Appl. Physiol.** v. 25 n. 1, p. 92 - 94, 1968.
- KATCH, F. I. Apparent Body Density and Variability During Underwater Weighing. **Res. Quarterly.** v. 39, n. 4, p. 993 - 999, 1968.
- KUSHNER, R. F. Bioelétrical Impedance Analysis: A Review of Principles and Applications. **J. Am. College Nutr.** v.11, n.2, p. 199 - 209, 1992.
- LOHMAN, T. G. **Advances in Body Composition Assessment.** Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois, 1992.
- LUKASKI, H. C. ; JOHNSON, P. E. ; BOLONCHUK, W. W. & LYKKEN, G. Assessment of Fat-Free Mass Using Bioelectrical Impedance Measurements of the Human Body. **Am. J. Clin. Nutr.** v. 41, p. 810 - 817, 1985.
- LUKASKI, H. C. ; BOLONCHUK, W. W. ; HALL, C. B. & SIDERS, W. A. Validation of Tetrapolar Bioelectrical Impedance Method to Assess Human Body Composition. **J. Appl. Physiol.** v. 60, n. 4, p. 1327 - 1332, 1986.
- MALINA, R. M. Quantification of Fat, Muscle and Bone in Mem. **Clin. Orthop. Rel. Res.** 65, p. 9 - 38, 1969.
- MALINA, R. M. & BOUCHARD, C. **Growth, Maturation and Physical Activity.** Human Kinetics Books. Champaign, Illinois, 1991.
- McARDLE, D. W. ; KACTH, F. I. & KACTH, V. L. **Fisiologia do Exercício Energia, Nutrição e Desempenho Humano.** 3ª ed. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara Koogan S.A. 1992.
- PETROSKI, E. L. & PIRES NETO, C. S. Análise do Peso Hidrostático nas Posições Sentadas e Grupadas em Homens e Mulheres. **Kinesis.** v. 10, n. 2, p.49 - 62, 1992.
- PETROSKI, E. L. **Desenvolvimento e Validação de Equações Generalizadas para Predição da Densidade Corporal.** Tese de Doutorado. UFSM, Santa Maria, RS, 1995.
- POLLOCK, M. , WILMORE, J. **Exercícios na Saúde e na Doença: Avaliação e Prescrição para Prevenção e Reabilitação.** 2ª Ed. Rio de Janeiro. Ed. Medsi 1993.
- RODRIGUEZ-AÑES, C. R. **Desenvolvimento de Equações para a Estimativa da Densidade Corporal de Soldados e Cabos do Exército Brasileiro.** Dissertação de Mestrado. UFSM, Santa Maria, RS, 1997.
- 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.
- SEGAL, K. R.; GUTIN, B.; PRESTA, E.; WANG, J. & VAN ITALLIE, T. Estimation of Human Body Composition by Electrical Impedance Methods: A Comparative Study. **J. Appl. Physiol.** v. 58, n.5, p. 1565-1571, 1985.
- SPSS/PC+ Statistical Package for the Social Sciences. Chicago, IL. 1988.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Rua Manoel de Carvalho 200 / 1601

Espinheiro - Recife, PE

Cep 52050-370 Fone 0 (xx) 81 2210740 / 0 (xx) 81 91469146

e-mail: anacleto@interway.com.br