

**Artigo original**Renato Shoei Yonamine ¹
Cândido Simões Pires-Neto ²**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DA MASSA CORPORAL MAGRA DE MENINOS DE 12 A 14 ANOS**

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF LEAN BODY MASS PREDICTION EQUATIONS FOR MALE CHILDREN AGED 12 - 14 YEARS

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram: a) desenvolver e validar equações para estimar a massa corporal magra, específica para meninos de 12 a 14 anos de idade; b) validar equações estimativas desenvolvidas por outros investigadores. Participaram do estudo 93 meninos de 12 a 14 anos. Para o desenvolvimento das equações, foi usada a técnica de regressão múltipla "passo a passo". A análise de validação das equações propostas foi realizada através de correlação simples de Pearson, teste t pareado, erro constante (EC) e erro padrão de estimativa (EPE). Foram desenvolvidos quatro modelos com variáveis de biorresistência e um com variáveis antropométricas. As correlações múltiplas (R_m) variaram de 0,905 a 0,965 e EPE de 2,413 kg a 1,847 kg. A validação foi realizada em 22 meninos que não participaram da amostra de regressão. Concluindo, as equações desenvolvidas validadas para serem usadas em meninos de 12 a 14 anos, estudantes da rede pública de Campo Grande-MS.

Palavras-chave: crianças, composição corporal, equações preditivas, bioimpedância, pesagem hidrostática.

ABSTRACT

The objectives of this study were: a) to develop and validate equations to estimate lean body mass of males aged 12 to 14 years old; b) to validate lean body mass equations developed by other researchers. Data were collected from 93 male children aged 12-14 years. A stepwise regression technique was used to develop all prediction equations for lean body mass. Validation analysis of the proposed equations was performed using Pearson's correlation, paired Student t test, constant error (CE) and standard error estimates (SEE). Four models were developed with bioresistance variables and one model using anthropometric variables. The multiple correlation coefficients (R_m) of the equations developed ranged from 0.905 to 0.965 and SEE from 2.413 kg to 1.847 kg. Validation analysis was undertaken using an independent sample of 22 children who were not part of the regression sample. In conclusion, the equations that were developed are valid for male children aged 12 to 14 years old.

Key words: children, body composition, predictive equations, bioelectrical impedance, hydrostatic weighing.

¹ Prof. Adjunto Dr. DEF/ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

² Prof. Adjunto Dr. CEF/ Universidade Tuiuti do Paraná

INTRODUÇÃO

Este final de século está marcado por avanços tecnológicos que trouxeram inúmeros benefícios a toda a humanidade. Benefícios esses que aliados ao conforto, segurança, agilidade, têm provocado modificações na qualidade e estilo de vida do cidadão. É significativo o crescimento do sedentarismo, do estresse, das doenças cardiovasculares, desequilíbrio nutricional, também conhecidos por doenças hipocinéticas. Como uma das consequências, muitas pessoas têm atingido o excesso de massa corporal, culminando com a obesidade.

O excesso de gordura, principalmente aquele depositado na região abdominal, está relacionado a inúmeras doenças crônico-degenerativas, e, certamente é o que causa maior preocupação à saúde pública (Deprés et al., 1988, Bjorntorp, 1990).

Nesse sentido, a determinação e avaliação dos componentes estruturais do corpo humano, como a massa de gordura, massa óssea, massa muscular, é de fundamental importância (McArdle et al., 1992). Esses componentes sofrem variações principalmente no período do crescimento e no período do envelhecimento (Malina, 1969), assim como devido ao hábito da alimentação e da prática de exercícios físicos (Malina & Bouchard, 1991). Então a análise criteriosa da composição corporal é considerada como um dos recursos para amenizar os riscos à saúde.

Em investigações na Educação Física, as técnicas mais empregadas têm sido a antropométrica, densimétrica e da análise por impedância bioelétrica. São numerosas as equações de estimativas da densidade corporal e massa corporal magra, desenvolvidas e validadas no mundo todo, sendo que no Brasil, pesquisadores como Guedes (1985), Petroski (1995), Petroski e Pires Neto (1995), Petroski e Pires Neto (1996), Rodrigues Añez (1997), Carvalho (1998), Carvalho e Pires Neto (1998a), Carvalho e Pires Neto (1998b) e Rodrigues Añez e Pires Neto (1999), desenvolveram e validaram equações para estimar a densidade corporal e massa corporal magra da população brasileira.

As técnicas mais empregadas para a determinação da composição corporal têm sido a antropométrica, densimétrica e da análise por impedância bioelétrica. São numerosas as

equações de estimativas da densidade e massa corporal magra, desenvolvidas e validadas no mundo todo, sendo que no Brasil, pesquisadores como Guedes (1985), Petroski (1995), Rodrigues Añez (1997) e Carvalho (1998), desenvolveram e validaram equações para estimar a densidade corporal e massa corporal magra da população brasileira.

A técnica antropométrica tem a seu favor a simplicidade e o baixo custo na aquisição dos instrumentais, rapidez na coleta de dados e principalmente em atender a estudos epidemiológicos de grandes amostras. No entanto, os avaliadores precisam ser muito bem treinados, com atenção especial na coleta das espessuras de dobras cutâneas.

A análise da composição corporal por impedância bioelétrica é uma técnica recente. Mas os estudos das propriedades elétricas no sistema biológico datam do século 18, quando Galvani descobriu que centelhas elétricas estimulavam a contração *ex vivo* (Lukaski, 1996). No século seguinte, a eletricidade foi vista como um potencial agente terapêutico, que foi considerado útil no tratamento de algumas doenças, e que estas podiam ser reveladas com base na condutividade de corrente elétrica alternada no corpo (Lukaski, 1996).

Por outro lado, os fundamentos para utilização de impedância bioelétrica em humanos foram estabelecidos por Hoffer et al. (1969) quando demonstraram através desta técnica que os eletrodos tetrapolares, adaptados dos estudos de fluxo sanguíneo, podiam ser utilizados para determinar a quantidade de água corporal em 20 voluntários, através do uso do Trítium. Neste estudo, Hoffer et al. relacionaram a água corporal total com a massa corporal, estatura e combinações destas relações, com a estatura/impedância e estatura²/impedância e constataram que o coeficiente de correlação (R_m) variou de 0,83, quando a água foi correlacionada com a massa corporal, e 0,92 quando foi correlacionada com a estatura²/impedância. Com isso, demonstraram que o valor da impedância é muito próximo do valor da resistência e que a relação estatura²/impedância é praticamente igual à relação entre estatura²/R, que vem a ser o índice de resistência (IR).

São numerosas as equações antropométrica e de biorresistência desenvolvidas para adultos. E para crianças e jovens,

em menor quantidade, têm sido propostos por pesquisadores de diversos países, por isso, as dificuldades são enormes para escolher dentre as equações, aquelas que servem para determinada população. A insistência da utilização indiscriminada de modelos desenvolvidos em outros países para uma população que nem sempre corresponde às características da população brasileira, é muitas vezes devido a precariedades conceituais de fundamentação da composição corporal.

Em se tratando de composição corporal de crianças e jovens, a complexidade aumenta, inerente aos componentes água, proteína, mineral, lipídeo, que se modificam no decorrer de todo o seu desenvolvimento.

Equações de regressão para crianças e jovens são em número consideravelmente menor, em comparação às equações para adultos. Para citar algumas, foram as desenvolvidas por Mukherjee e Roche (1984), Lohman (1986), Slaughter et al. (1988), que utilizaram a técnica antropométrica, e, Segal et al. (1985, 1988), Lohman (1992), Lukaski et al. (1986), Lukaski (1987), Lukaski e Bolonchuk (1988), Chumlea et al. (1988), Cordain et al. (1988), Deuremberg et al. (1990), Houtkooper et al. (1989,1992), Kim et al. (1993), Watanabe et al. (1993) e Suprasongsing et al. (1995), que desenvolveram equações pela análise de impedância bioelétrica.

Revisando a literatura, não foi encontrado qualquer estudo abordando o desenvolvimento e validações de equações de regressão para crianças e jovens brasileiros utilizando as técnicas da pesagem hidrostática e da análise por impedância bioelétrica.

Portanto, o objetivo deste estudo é duplo: 1- desenvolver e validar equações de regressão para estimar a massa corporal magra de meninos de 12 a 14 anos de idade de Campo Grande-MS, e 2- comparar e validar equações de biorresistência desenvolvidas por diferentes pesquisadores de outros países.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Amostra

A amostra foi composta por 93 meninos de 12 a 14 anos, sendo 31 de cada idade, para o desenvolvimento das equações de regressão e de 22 meninos para validação os quais não fizeram parte da amostra do desen-

volvimento das equações de regressão. Todos voluntários e devidamente autorizados pelos pais e pela direção da Escola.

Variáveis Antropométricas

Seguiu-se os procedimentos de Gordon et al. (1988) para as mensurações da massa corporal (mc) e da estatura (est). A massa corporal é a quantidade de matéria de um corpo, e foi obtida em uma balança da marca Filizola, com capacidade até 150 kg e resolução de 100 g.

A estatura (est) é o comprimento linear vertical entre o apoio dos pés e o vértex (ponto mais alto da cabeça), expressa em centímetros (cm). Foi obtida com o sujeito descalço, os calcanhares, os glúteos, a cintura escapular e o plano occipital em contato e de costas para uma parede lisa (sem rodapé), onde perpendicularmente foi fixada uma fita métrica. Para a determinação do ponto de medida, um prisma triangular desceu pela parede até encontrar o vértex, quando no momento de máxima inspiração e olhar dirigido para o horizonte, foi realizada a leitura.

Para mensurações das dobras cutâneas (DCs), seguiu-se os procedimentos adotados por Harrison et al. (1988), com um adipômetro da marca CESCORF, com resolução de 0,1 mm e pressão constante em qualquer abertura de 10 g/cm², utilizando-se a média aritmética das três medidas repetidas após um ciclo completo. Foram mensuradas as DCs: subescapular (SE) e tríceps braquial (TR).

Foi também mensurado o perímetro antropométrico da coxa (Pcx), seguindo-se os procedimentos de Callaway et al. (1988), utilizando-se de uma fita metálica da marca Top Long de fabricação chinesa e resolução de 1 mm.

Pesagem hidrostática

A pesagem hidrostática foi realizada em Campo Grande, na piscina do Parque Aquático da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na região de profundidade 1,20 m, onde foi adaptada uma prancha de tábuas de madeira de 4,00 m x 1,40 m, posicionada num canto da piscina para diminuir os movimentos da água. Uma trave de madeira de 3,00 m de comprimento e 1,60 m acima do nível da água foi colo-

cada, onde, no ponto médio horizontal ficou suspensa uma balança da marca Filizola com capacidade 5,0 kg e resolução de 20,0 g. Para o apoio do avaliando foi construído um trapézio com tubos de PVC, sustentado por uma corrente galvanizada fixada na extremidade inferior da balança. A pesagem propriamente dita ocorreu com o avaliando descendo lentamente até que o corpo estivesse totalmente coberto pela água, assumindo neste instante a posição grupada e provocando a máxima exalação de ar, e a leitura, quando o ponteiro da balança ficasse com a menor oscilação, tendendo ao equilíbrio.

Volume residual (VR): Devido a impossibilidade de mensuração direta, foi utilizada a equação proposta por Goldman e Becklake (1959), para meninos não fumantes, ajustada para a idade e a estatura, também utilizada por pesquisadores como Pollock e Wilmore (1993), Petroski (1995), Goings (1996), Rodrigues Añez (1997) e Carvalho (1998).

$$VR = 0,017 * \text{Idade (anos)} + 0,027 * \text{est (cm)} - 3,477.$$

Cálculo da densidade corporal (Dc)

Dc	=
mc	= massa corporal na superfície
mca	= massa corporal na água
Da	= densidade da água ajustada pela temperatura
VR	= volume residual
0,1	= Volume de ar no trato gastrointestinal

A gordura relativa referência (%G), a partir da densidade corporal obtida pela pesagem hidrostática, foi calculada pela equação de Lohman (1989):

$$\%G = 507 - 464$$

$$Dc$$

De modo que a massa de gordura (mg) seja:

$$mg = \frac{mc * (\%G)}{100}$$

A massa corporal magra (mcm) referência foi obtida pela operação aritmética: $mcm = mc - mg$

Impedância bioelétrica

Para a análise por impedância bioelétrica foi utilizado o modelo tetrapolar do instrumento Biodynamics M.310, composto de teclado, visor de cristal líquido, impressora

termosensível, dois cabos com pares de placas eletrodos, complementado por um software contendo equações de estimativas (desconhecidas ao usuário) que forneceu valores do percentual de gordura, massa de gordura, massa corporal magra, água corporal total, percentual de água na massa magra, taxa de metabolismo basal, resistência elétrica corporal, reatância elétrica corporal, quociente reatância/resistência e o índice de massa corporal.

Para minimizar eventuais alterações no estado hídrico, todos os avaliandos foram orientados a seguirem as recomendações contidas no manual do fabricante:

1- evitar o consumo de bebidas alcoólicas e cafeína 24 horas antes do teste;

2- guardar jejum alimentar no mínimo 4 horas antes do teste;

3- evitar exercícios físicos intensos pelo menos 12 horas antes do teste;

4- comunicar se estivesse sendo medicado com drogas ou remédios à base de diuréticos (neste caso não foram submetidos ao teste);

5- submeter-se à assepsia (raspagem de pêlos e lavagem com álcool se necessário), nos locais de fixação dos eletrodos.

A mensuração ocorreu com o avaliando na posição de decúbito dorsal em uma mesa de madeira (isolante elétrico), trajando apenas calção ou bermuda, desprovido de qualquer adorno bom condutor de eletricidade e distante de qualquer elemento que pudesse provocar fuga de corrente elétrica, de modo a não interferir na medida da tensão elétrica (voltagem) e conseqüente determinação da resistência pela aplicação da 1ª Lei de Ohm.

Os eletrodos foram colocados no dorso da mão e pé direitos, com os terminais vermelho e preto nas posições proximal e distal respectivamente, seguindo o manual do fabricante.

Conferido as conexões, o aparelho foi ligado e inseridos os dados: sexo (mas.), idade (anos), estatura (cm) e massa corporal (kg). Neste momento uma corrente imperceptível à sensibilidade humana de intensidade 800 mA e frequência fixa de 50 kHz começou a fluir e em pouco tempo forneceu os resultados da composição corporal, de biorresistência, taxa de metabolismo basal, quociente reatância/resistência e o índice de massa corporal.

Tratamento Estatístico

Para encontrar as melhores equações de regressão para estimativa da massa corporal magra, foi utilizada a técnica de regressão múltipla “passo a passo” (stepwise), quando as variáveis preditoras foram introduzidas uma a uma até que o coeficiente de correlação múltipla (R_m) atingisse um valor superior a 0,80. Em seguida acompanhou-se a exclusão uma a uma das variáveis preditoras que não foram significativas para o modelo, sem que houvesse diminuição do R_m . Concomitantemente o EPE foi acompanhado de modo que este fosse inferior a 2,5 kg de massa corporal magra. Conforme consta em Heyward & Stolarczyk (1996), o EPE é estabelecido como sendo excelente para crianças, quando é inferior a 2,2 kg, e, até 2,5 kg pode-se aceitar, mas com cautela.

O momento seguinte foi a validação das equações desenvolvidas, utilizando-as em uma amostra de validação, constituída de elementos com as mesmas características da amostra de regressão, mas que não fizeram parte da mesma.

Para investigar as relações entre a massa corporal magra estimada pela densimetria, e as estimadas por diferentes procedimentos, como pela equação de Lohman (1986), corrigida pela idade e equações de

bioreistência de Cordain et al. (1988), Lukaski et al. (1985, 1986), Chumlea et al. (1988), Houtkooper et al. (1989, 1992), Deurenberg et al. (1990), Lohman (1992), Kim et al. (1993) e Suprasongsing et al. (1995), foram realizadas através do teste t dependente em nível de significância de 5%. Os dados foram processados utilizando-se o SPSS/PC+.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados na Tabela 1, os valores médios e desvio padrão (dp) das variáveis inseridas no desenvolvimento e validação das equações para a estimativa da massa corporal magra de meninos de 12 a 14 anos de idade, estudantes da rede pública de Campo Grande-MS.

A Tabela 2 mostra os indicadores da composição corporal no modelo de dois componentes nas amostras de regressão e validação, que serviram de referência, calculadas a partir da densidade corporal obtida pela pesagem hidrostática. Os valores da massa corporal magra em relação à massa corporal total, sinalizam que o índice de massa corporal (IMC) é indicador mais provável de massa magra do que de massa de gordura, ou seja o IMC, bastante utilizado para inferir o estado de obesidade, merece estudos mais aprofundados.

TABELA 1 – Características descritivas das amostras de regressão e de validação

Variáveis	Regressão (n = 93)		Validação (n = 22)	
	Média	Dp	Média	Dp
Idade (anos)	13,00	0,85	12,50	1,06
mc (kg)	41,85	7,88	37,26	10,57
est (cm)	152,50	9,43	144,91	22,16
mca (kg)	1,560	0,390	1,650	0,480
TR (mm)	9,12	3,95	8,27	3,01
SE (mm)	6,73	3,71	5,36	1,66
Pcx (cm)	46,16	4,52	42,13	9,15
R (Ω)	636,97	80,61	651,18	76,69
REAT (Ω)	66,28	9,74	68,23	8,59

Onde. mc = massa corporal

TR = DC tríceps

R = resistência elétrica corporal

est = estatura

SE = DC subescapular

REAT = reatância elétrica corporal

mca = peso submerso

Pcx = perímetro da coxa

TABELA 2 – Características da composição corporal obtidas pela pesagem hidrostática.

Variáveis	Regressão (n = 93)		Validação (n = 22)	
	Média	Dp	média	Dp
% mcm	87,42	5,30	88,02	6,30
% G	13,07	5,55	11,24	5,65
mg (kg)	5,58	2,96	4,22	2,07
mcm (kg)	36,28	6,56	33,12	10,57

Desenvolvimento das equações

Para o desenvolvimento das equações de regressão, tomou-se como base a 2ª Lei de Ohm, também conhecida como Lei da resistividade.

$R = \rho \frac{L}{A}$ sendo L o comprimento do condutor, que nos estudos de bioimpedância é representado pela estatura, e A, área da seção transversa do condutor.

Mas, pela análise dimensional, $A = L^2$, e por uma propriedade da matemática, multiplicando-se o numerador e o denominador de uma fração por um mesmo número, o resultado não se altera, então:

$R = \rho \frac{L \cdot L}{A \cdot L}$, ou $R = \rho \frac{L^2}{L^2}$, que também pode assim ser expresso $R = \rho \frac{L^2}{V}$

E, por arranjo matemático, $V = \rho \frac{L^2}{R}$

A expressão $\frac{L^2}{R}$ é denominada índice de resistência (IR), que sozinho ou compondo

com mc, est, R, Pcx, e IMC, foram utilizados para desenvolver as equações.

As variáveis perímetro do quadril e reatância foram estatisticamente significativas para compor uma equação, não apresentando diferenças estatisticamente significativas com a massa magra determinada pela pesagem hidrostática, mas quando da validação com amostra independente, apresentou EPE acima de 2,5 kg, valor superior ao corte estabelecido para este estudo.

Uma outra equação foi desenvolvida com o conjunto de variáveis IR, IMC e R, mas apresentou EPE elevado.

As variáveis independentes, espessura de dobras cutâneas do tríceps braquial e subescapular também foram testadas, mas estatisticamente não foram significativas para compor uma equação, apresentando inclusive EPE acima de 2,5 kg.

Então as equações que obedeceram aos critérios estatísticos de R_m superior a 0,80 e EPE inferior a 2,5 kg, são apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 – Equações para estimar a massa corporal magra, específica para meninos de 12 a 14 anos de idade.

EQ	EQUAÇÕES	R_m	R^2	EPE
A	$mcm = 0,99325 (mc) - 0,46533 (Pcx) + 16,34502$	0,951	0,905	2,152
B1	$mcm = 0,68682 (IR) + 10,93302$	0,905	0,819	2,413
B2	$mcm = 0,1766 (IR) + 0,50517 (mc) + 0,2997 (est) - 10,97801$	0,965	0,932	1,847
B3	$mcm = 0,70837 (mc) - 0,001159 R + 14,27037$	0,944	0,890	2,346
B4	$mcm = 0,18048 (IR) - 0,52213 (IMC) + 0,72394 (mc) + 8,67736$	0,964	0,930	1,889

A = equação antropométrica B1-4 = equações de biorresistência IR = índice de resistência (est^2/R) IMC = índice de massa corporal (kg/m^2) est = estatura (cm) mc = massa corporal (kg) R = resistência elétrica corporal (W) Pcx = perímetro da coxa (cm)

Das equações de biorresistência, como se constatou na literatura (Lukaski et al., 1985 e Segal et al., 1985), a B1, em que o IR participa isoladamente, é a que apresenta maior EPE, de modo que à medida que foram inseridas duas outras variáveis, o erro padrão diminuiu. Tentou-se incluir uma terceira, quarta e quinta variável, mas tornou-se inviável, devido ao EPE superar o valor 2,5 kg. Então para este estudo, o melhor comportamento foi a composição do IR com massa corporal e estatura (B2) e também com massa corporal e IMC (B4).

As equações B2 e B4 foram as que apresentaram os mais elevados coeficientes de correlação (0,965 e 0,964) e os menores EPE (1,847 e 1,889), que podem ser explicadas pela presença da mc e IMC. A massa corporal contém mais massa magra do que massa de gordura (Tabela 2) e o IMC está diretamente relacionado com o coeficiente de resistividade (r), conforme é demonstrado a seguir:

A partir do arranjo matemático da 2ª Lei de Ohm, assim expresso:

$$V = \rho \frac{L^2}{R}, \text{ e que pode também assim ser escrito } \rho = \frac{RV}{L^2}$$

Mas, $V = \frac{mc}{Dc}$, então, $\rho = \frac{R * mc}{Dc * L^2}$

Como $\frac{mc}{L^2}$ representa o índice de massa corporal (IMC), então a nova expressão fica assim:

$\rho = \frac{R * IMC}{Dc}$, mostrando que IMC guarda relação direta com r, e como este está diretamente relacionado à massa magra, IMC também o está.

Uma outra equação desenvolvida (B3), desta vez com mc e R, também pode ser considerada como ótima, apresentando R_m elevado (0,944) e EPE (2,346 kg) estando no padrão aceitável, de até 2,5 kg.

Validação das equações desenvolvidas

Outro objetivo deste estudo foi a validação das equações desenvolvidas, quando aplicadas em uma amostra independente, em que os componentes não fizeram parte da amostra de regressão. Para este procedimento, a massa corporal magra da amostra de validação obtida pela densimetria (mcm_D), foi testada com cada equação de regressão desenvolvida, através do teste t pareado, conforme é mostrado na Tabela 4.

TABELA 4 – Validação de equações para estimar a massa corporal magra de meninos de 12 a 14 anos de idade.

EQ	mcm_D	Mcm	R_m	R^2	t	p	EC	EPE
A	32,555	33,364	0,968	0,937	-1,06	0,303	-0,808	1,779
B1	33,118	34,074	0,968	0,937	-1,24	0,227	-0,956	1,780
B2	33,118	32,437	0,978	0,956	1,53	0,141	0,681	2,070
B3	33,118	33,119	0,978	0,956	0	0,998	0,001	1,667
B4	33,118	32,894	0,984	0,968	0,45	0,658	0,224	1,492

Dos cinco modelos desenvolvidos, as equações B1 e A, com idênticos R_m e EPE, foram as que superestimaram a massa magra (0,956 kg em B1 e 0,808 kg em A), mesmo assim, dentro dos limites de corte estabelecidos para este estudo.

Em relação ao erro constante (EC), interessante observar que na B3, com as variáveis mc e R, o EC foi praticamente nulo, mantendo elevado o R_m e reduzido EPE.

Quanto ao EPE, todos são considerados excelentes, mas chama atenção o valor en-

contrado para a B4, de 1,492 kg, que é explicado pela relação direta da massa corporal e o índice de massa corporal com a massa corporal magra, bem como a relação direta do IMC com o coeficiente de resistividade (r), a partir da 2ª Lei de Ohm.

Validação cruzada

Em virtude da inexistência de equações específicas, desenvolvidas para crianças brasileiras, e também pelo uso generalizado, por

avaliadores de academias, clubes, clínicas e escolas, de equações encontradas em livros ou periódicos científicos e também em publicações vulgares, sem passar pelo processo de validação para populações específicas, é da mais alta importância proceder a verificação e validação de equações desenvolvidas por outros investigadores.

A verificação e validação, constou da escolha de equações específicas para meninos da mesma faixa etária, desenvolvidas por

Lohman (1986), Houtkooper et al. (1989, 1992), Deuremberg et al. (1990), Chumlea et al. (1988), Cordain et al. (1988), Lukaski (1985), Lukaski et al. (1986, 1987), Segal et al. (1985, 1988), Kim et al. (1993) e Suprasongsing et al. (1995). Em seguida, realizou-se o teste t pareado, verificando a acuracidade através do R_m , significância estatística da diferença, a diferença entre as médias mensuradas pela densimetria (mcm_m) e as estimadas (mcm_e) pelas equações em teste, mostrados na Tabela 5.

TABELA 5 – Validação cruzada de equações de estimativa da massa corporal magra.

EQ	Autores	N	$mcm_m \pm dp$	$mcm_e \pm dp$	R^2	t	EC	EPE
1	Lohman (1986)	72	$36,849 \pm 6,887$	$37,151 \pm 6,651$	0,899	-1,07	-0,302	2,113
2	Houtkooper (1989)	93	$36,275 \pm 6,555$	$35,611 \pm 7,039$	0,773	1,90	0,664	3,354
3	Houtkooper (1992)	72	$36,849 \pm 6,887$	$35,188 \pm 7,316$	0,880	5,56*	1,660	2,534
4	Deuremberg (1990)	93	$36,275 \pm 6,555$	$31,805 \pm 6,955$	0,773	12,91*	4,470	3,314
5	Deuremberg (1991)	72	$36,849 \pm 6,887$	$32,201 \pm 7,412$	0,803	11,97*	4,648	3,289
6	Kim (1993)	72	$36,849 \pm 6,887$	$31,515 \pm 6,497$	0,874	18,53*	5,334	2,306
7	Chumlea (1988)	93	$36,275 \pm 6,555$	$35,792 \pm 7,803$	0,773	1,25	0,483	3,717
8	Cordain (1988)	93	$36,275 \pm 6,555$	$37,289 \pm 6,870$	0,773	-2,95*	-1,014	3,273
9	Lukaski (1985)	72	$36,849 \pm 6,887$	$35,528 \pm 7,683$	0,803	3,29*	1,321	3,410
10	Lukaski (1986)	72	$36,849 \pm 6,887$	$36,823 \pm 7,476$	0,803	0,07	0,026	3,318
11	Lukaski (1987)	72	$36,849 \pm 6,887$	$35,640 \pm 6,394$	0,833	2,27*	0,635	2,613
12	Segal (1985)	72	$36,849 \pm 6,887$	$55,684 \pm 6,225$	0,874	-65,19*	-18,83	2,209
13	Segal (1988)	72	$36,849 \pm 6,887$	$20,366 \pm 6,538$	0,884	59,47*	16,482	2,226
14	Suprasongsing (1995)	72	$36,849 \pm 6,887$	$37,243 \pm 7,808$	0,906	-1,37	-0,394	2,394

* médias com diferenças estatisticamente significativas ao nível de $p < 0,05$

As equações de número 1, 2, 7, 10, 14, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$), mas somente a EQ 1 [equação de Lohman (1986), $\%G = 1,35$ ($TR + SE$) – $0,012$ ($TR + SE$)² – $5,4$] e a EQ 14 [equação de biorresistência de Suprasongsing et al. (1995), $mcm = 0,524$ IR + $0,415$ mc – $0,35$], foram validadas para serem aplicadas nas crianças deste estudo. Nas demais equações, o EPE foi superior ao limite de corte estabelecido para este estudo.

Chama atenção a EQ 10 ($mcm = 5,214 + 0,827$ IR), com $R^2 = 0,908$ e EPE = $1,99$ kg, do modelo desenvolvido por Lukaski et al. (1986). Nesta verificação, foi a que apresentou o menor EC ($0,026$ kg), mas o EPE ($3,318$) é bastante elevado.

CONCLUSÕES

Dentro das limitações inerentes a este estudo, pode-se concluir que:

1- foi possível desenvolver e validar 5 (cinco) equações para estimar a massa corporal magra de meninos brasileiros com idade de 12 a 14 anos;

2- na validação cruzada, somente a equação antropométrica de Lohman (1986) e a equação de biorresistência de Suprasongsing et al. (1995) foram validadas para serem aplicadas nas crianças deste estudo;

3 - e, finalizando, no caso de se escolher as melhores equações, indica-se a EQ A, com mc e Pcx, baixo EPE e pela facilidade operacional; e a EQ B4 com IR, IMC, e mc, que apresentou o menor EPE e, finalmente a EQ B3, com mc, IR, baixo EPE e menor EC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bjorntorp, P. (1990). Portal adipose tissue as a generator of risk factors for cardiovascular disease and diabetes. **Atherosclerosis**, 10, 493-496.
- Callaway, C. W., Chumlea, W. C., Bouchard, C. et al. (1988). Circumference. In: T.G. Lohman, A. F. Roche & L. R. Martorell (Eds.). **Anthropometric Standardizations Reference Manual**. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Carvalho, A. R. B. (1998). **Composição corporal através dos métodos da pesagem hidrostática e impedância bioelétrica em universitários**. Dissertação de Mestrado, UFSM, Santa Maria-RS.
- Carvalho, A. B. R. & Pires Neto, C.S.(1998a) Desenvolvimento e validação de equações para a estimativa da massa corporal magra através da impedância bioelétrica em mulheres. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, 3(1), 14-21.
- Carvalho, A. B.R. & Pires Neto, C.S. (1998b). Desenvolvimento e validação de equações para a estimativa da massa corporal magra através da impedância bioelétrica. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, 3 (1), 5-12.
- Chumlea, W. C., Baumgartner, R. N. & Roche, A. F. (1988). Specific resistivity used to estimate fat-free mass from segmental body measures of bioelectrical impedance. **American Journal of Clinical Nutrition**, 48, 7-15.
- Cordain, L., Whicker, R. C. & Johnsson, J. E. (1988). Body composition determination in children using bioelectrical impedance. **Growth, Development & Aging**, 52, 37-40.
- Deprés, J. P., Prud'homme, D., Pouliot, M.C et al. (1988) Relationships between body fatness adipose tissue distribution and blood pressure in man and woman. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, 14, 889-897.
- Deuremberg, P., Kuster, C. S. L. & Smit, H. E. (1990). Assessment of body composition of bioelectrical impedance in children and young adults is strongly age-dependent. **European Journal of Clinical Nutrition**, 44, 261-268.
- Going, S. B. (1996). Densitometry. In: Roche, A. F., Heymsfield, S. B. & Lohman, T. G. (ed) **Human Body Composition**. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Goldman, H. I. & Becklake, M. R. (1959). Respiratory function tests: normal values of medium altitudes and the prediction of normal results. **American Review Respiratory Disease**, 79, 457-467.
- Gordon, C. C., Chumlea, W. C. & Roche, A. F. (1988). Stature, recumbent length and weigh. In: T.G. Lohman, A. F. Roche & R. Martorell (Eds.). **Anthropometric Standardizations Reference Manual**. (pp. 3-8). Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Guedes, D. P. (1985). **Estudo da gordura corporal através da mensuração dos valores de densidade corporal e da espessura de dobras cutâneas em universitários**. Dissertação de Mestrado, UFSM, Santa Maria-RS.
- Harrison, G. G., Buskirk, E. R., Carter, J. E. L. et al. (1988). Skinfold Thickness and measurement technique. In: T.G. Lohman, A. F. Roche & L. R. Martorell (Eds.). **Anthropometric Standardizations Reference Manual**. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Heyward, V. H. & Stolarczyk, L. M. (1996). **Applied Body Composition Assessment**. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Hoffer, E.C., Meador, C. & Simpson, D.C. (1969). Correlation of whole body impedance with body water volume. **Journal of Applied Physiology**, 27, 531-534.
- Houtkooper, L.B, Going, S.B, Lohman, T.G., et al. (1992). Bioelectrical impedance estimation of fat-free mass in children and youth: A cross-validation study. **Journal of Applied Physiology**, 72, 366-373.
- Houtkooper, L.B., Lohman, T.G, Going, S.B., & Hall, M.C. (1989). Validity of bioelectrical impedance for body composition assessment in children. **Journal of Applied Physiology**, 66, 814-821.
- Kim, H.K., Tanaka, K., Nakadomo, F., et al. (1993). Fat-free mass in japanese boys predicted from bioelectrical impedance and anthropometric variables. **Medicine and Sciences in Sport and Exercise**, 25, p. S59 (abstract).
- Lohman, T. G. (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youth. **Exercise and Sport Sciences Review**, 14, 325-357.
- Lohman, T.G. (1989). Assessment of body composition in children. **Pediatric Exercise Science**, 1, 19-30.
- Lohman, T. G. (1992). **Advances in body composition assesment**. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Lukaski, H. C., Johnson, P., Bolonchuk, W. & Lykken, G. (1985). Assessment of fat free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 41, 810-817.
- Lukaski, H., C., Bolonchuk, W. W., Hall, C. B et al. (1986). Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. **Journal of Applied Physiology**, 60, 1327-1332.
- Lukaski, H. C. (1987). Methodos for the assessment of human body composition: traditional and new. **American Journal of Clinical Nutrition**, 46, 537-556.

- Lukaski, H. C. & Bolonchuk, W. W. (1988). Estimation of body fluid volumes using tetrapolar bioelectrical impedance measurements. **Aviation, Space and Environmental Medicine**, v59, 1163-1169.
- Lukaski, H. C. (1996). Biological indexes considered in the derivation of the bioelectrical impedance analysis. **The American Journal of Clinical Nutrition (supplement)**, 64(3S), 397S-404S.
- Malina, R. M. & Bouchard, C. (1991). **Growth, maturation and physical activity**. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Malina, R. M. (1969). Quantification of fat, muscle and bone in man. **Clinical Orthopaedics**, 65, 9-38.
- McArdle, D. L., 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
- Mukherjee, D. & Roche, A.F. (1984) The estimation of percent body fat, body density and total fat by maximum R^2 regression equations. **Human Biology**, 56, 79-109.
- Petroski, E. L. (1995). **Desenvolvimento e validação de equações generalizadas para a estimativa da densidade corporal em adultos**. Tese de Doutorado, UFSM, Santa Maria-RS.
- Petroski, E.L. & Pires Neto, C.S. (1995). Validação de equações antropométricas para a estimativa da densidade corporal em mulheres. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, 2,(1), 65-73.
- Petroski, E. L. & Pires Neto, C.S. (1996). Validação de equações antropométricas para a estimativa da densidade corporal em homens. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, 1,(3), 65-73.
- Pollock, M. & Wilmore, J. (1993). **Exercícios na saúde e na doença: avaliação e prescrição para prevenção e reabilitação**. (2 ed.), Rio de Janeiro: Editora Medsi.
- Rodrigues Añez, C. R. (1997). **Desenvolvimento de equações para a estimativa da densidade corporal de Soldados e Cabos do Exército Brasileiro**. Dissertação de Mestrado, UFSM, Santa Maria-RS.
- Segal, K. R., Gutin, B., Presta, E. et al. (1985). Estimation of human body composition by electrical impedance methods: a comparative study. **Journal of Applied Physiology**, 58, 1565-1571.
- Segal, K.R., Van Loan, M., Fitzgerald, P.I., Hodgdon, J.A & Van Itallie, T.B. (1988). Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: A four site cross validation study. **American Journal of Clinical Nutrition**, 47, 7-14.
- Slaughter, M.H., Lohman, T.G., Boileau, R.^a, et al. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. **Human Biology**, 60, 709-723.
- Suprasongsing, S., Kalhan, S. & Arslanian, S. (1995). Determination of body composition in children and adolescent: Validation of bioelectrical impedance with isotope dilution technique. **Journal of Pediatric Endocrinology & Metabolism**, 8, 103-109.
- Watanabe, K., Nakadomo, F., Tanaka, K., Kim, K., & Maeda, K (1993). Estimation of fat-free mass from bioelectrical impedance and anthropometric variable in japanese girls. **Medicine and Sciences in Sport and Exercise**, 25, S163 (abstract).

Endereço dos Autores

Renato Shoei Yonamine
Rua José Oliva, 696
79010-110 Campo Grande-MS
reshoei@terra.com.br, ou rsyonamine@zipmail.com.br