

**Artigo original**João Augusto Reis de Moura ¹Cassiano Ricardo Rech ²Paulo Henrique Santos da Fonseca ³João Luiz Zinn ⁴**VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES PARA A ESTIMATIVA DA DENSIDADE CORPORAL EM ATLETAS DE FUTEBOL CATEGORIA SUB-20****VALIDATION OF EQUATIONS TO ESTIMATE BODY DENSITY OF SOCCER PLAYERS, CATEGORY SUB-20****RESUMO**

Este estudo teve como objetivo a validação de equações desenvolvidas a partir de diferentes populações, para a estimativa da densidade corporal em atletas de futebol do sul do Brasil, desta forma, buscando determinar a acuracidade destas frente a esta categoria de atletas. Foram analisadas 31 equações, tanto nacionais quanto internacionais. A amostra do estudo foi composta de 25 atletas de futebol de campo do estado do Rio Grande do Sul, do sexo masculino, com idade entre 16 e 20 anos, que possuíam no mínimo um ano e meio de treinamento na modalidade de futebol, com volume de treino em torno de 5 vezes por semana e 4 horas diárias. Foi utilizado para a validação cruzada as equações que estimam a densidade corporal com a pesagem hidrostática, método utilizado como padrão de referência, os critérios sugeridos por Lohman (1992): Teste “t” de Student para amostra dependentes, Correlação Linear de Pearson, análise dos Desvios Padrões e Erro Padrão de Estimativa. As equações analisadas tenderam a subestimar os valores da densidade corporal, assim, as equações não são válidas para a estimativa da densidade corporal em atletas de futebol, produzindo erros na avaliação da composição corporal de indivíduos que apresentem as mesmas características da amostra estudada.

Palavras-Chave: atletas de futebol, equações, validação.

ABSTRACT

The purpose of this study was to validate equations developed from different populations, to estimate body density of soccer players from the south of Brazil, in order to determine their accuracy for this category of athletes. Thirty one national and international equations were analyzed. The sample was composed of 25 male soccer players, aged 16 to 20 years, from the state of Rio Grande do Sul. They had been training at least 1.5 and practiced 5 times a week, 4 hours per session. For cross-validation, the criteria suggested by Lohman (1992) were used as a reference standard: Student's t test for dependent samples, Pearson's Linear correlation coefficient, analysis of standard deviations and standard error of estimate. The equations analyzed tended to underestimate body density and, as such, are not valid for estimating body density in soccer players, producing errors when evaluating the body composition of individuals with the same characteristics as the sample studied here.

Key words: soccer players, equations, validation.

¹ Profº da FURB/Blumenau e UNC/Caçador. Doutorando no PPGCMH/UFSM/Santa Maria.

² Profº de Educação Física. Especializando no PPGCMH/UFSM/Santa Maria.

³ Profº de Educação Física

⁴ Profº Dr. Titular do Centro de Educação Física e Desportos da UFSM/Santa Maria.

INTRODUÇÃO

O futebol é uma das práticas desportivas mais popular no mundo, pois segundo dados da FIFA (Federation International Football Association, 2001) existem 250 milhões de futebolistas em todo o mundo. No mundo há mais de 1,5 milhões de equipes com aproximadamente 300 mil clubes “uma em cada 25 pessoas em todo o mundo pratica futebol, percentual incrível que certifica a categoria de rei dos esportes [...]” (FIFA, 2001, p.1). No Brasil o futebol é a “Paixão Nacional” e percebe-se a grande evolução física a que os atletas sofreram nos últimos 15 a 20 anos. Sendo assim, aplicar metodologias modernas do treinamento, e utilizar-se de técnicas avaliativas mais adequadas com uma busca incessante de maior precisão, torna-se uma imposição do atual nível de profissionalismo, e conhecimento técnico-científico, a que se encontra o treinamento físico hoje.

A obtenção da performance máxima em diversas modalidades desportivas necessita de multidisciplinariedade de conhecimentos como: fisiologia do exercício, biomecânica, medidas e avaliação, cineantropometria, estatística, administração, entre outros. Cada uma destas áreas trabalhando integralmente fornece sua parcela de contribuição para que os resultados esportivos possam ser alcançados, dentro de uma perspectiva de preparação física atrelada a preparação técnica, tática, psicológica, social e nutricional. A esse respeito, Almeida et al. (2000), afirmam existir um contexto multifatorial, onde considera-se a existência de uma série de variáveis intrínsecas e extrínsecas interferindo direta e indiretamente no rendimento desportivo.

Também oscilar cargas de treino é uma necessidade premente dos treinos modernos e momentos ímpares são utilizados para avaliação dos atletas e detecção do atual *status* em relação a determinadas valências físicas e morfológicas, sendo, portanto, momentos de avaliação e análise do progresso do treinamento, verificando se metas anteriormente almejadas foram contempladas. Com relação aos aspectos avaliativos morfológicos, a quantificação dos componentes corporais, e principalmente entre estes a Massa Gorda (MG), percentual de gordura (%G) e Massa Corporal Magra (MCM), são valores preferencialmente levanta-

dos por treinadores (Dantas, 1998; McArdle et al., 1998; Almeida et al., 2000) para dados morfológicos que subsidiem a avaliação do treinamento.

Diversos modelos de avaliação podem ser realizados para o estabelecimento da composição corporal de atletas e não-atletas. Napper et al. (1988) considera “a pesagem hidrostática como o mais acurado método não invasivo para determinar a densidade corporal [...]”. Com um menor poder preditivo, fato que não inviabiliza o método, a utilização de equações regressivas têm sido usadas para estimativa da densidade corporal e posteriormente obtenção da MG. Estas, por sua vez, comportam normalmente como variáveis preditivas as dobras cutâneas, perímetros corporais, massa corporal, estatura e idade.

Muitas equações foram desenvolvidas em estudos internacionais para a estimativa da densidade corporal (Nagamine & Suzuki, 1964; Sloan, 1967; Faulkner, 1968; Wilmore & Behnke, 1969; Jakson & Pollock, 1978) onde a partir destes valores se estabelece à densidade ou %G.

No Brasil alguns pesquisadores conduziram estudos que buscavam desenvolver equações para densidade corporal (Guedes, 1985; Petroski, 1995; Rodriguez-Áñez, 1997). Outros ainda buscaram validar, e/ou comparar, equações construídas a partir de populações estrangeiras para a população nacional (Osiecki et al., 1995; Petroski, 1995; Glaner & Rodrigues-Áñez, 1999; Yonamine & Pires-Neto, 2000).

Tem-se, verificado a preocupação da comunidade científica quanto à comparação dos métodos de obtenção da composição corporal. A obtenção do %G por diferentes procedimentos (absortometria de raio X de dupla energia e equações preditivas via dobras cutâneas) foi estudado por Osiecki et al. (1998) aplicados em atletas de handebol do sexo masculino. O estudo pautou-se na verificação da acuracidade das equações via critério DEXA e para os autores as equações em que os resultados destas diferiram significativamente ($p < 0,05$) do DEXA foram, provavelmente, em função da especificidade da amostra utilizada no desenvolvimento das equações, ou seja, quanto mais diferem as amostras (a de desenvolvimento com a de utilização) menos acurados serão os resultados fornecidos.

Sinning & Wilson (1984) também preocuparam-se em validar equações, utilizando-se de amostra 79 atletas do sexo feminino nor-

te americanas que praticavam as modalidades esportivas tênis, *field hockey*, voleibol, *cross-country*, basquetebol, ginástica, natação e *softball*. O estudo detectou que as equações de Sloan et al. (1962), Wilmore & Behnke (1970) e Durnin & Womerly (1974) não são válidas para estimar o %G da população formada por estas atletas, mas os modelos propostos por Katch & McArdle (1973) e Jackson et al. (1980) possuem precisão para estimar o %G em atletas das modalidades acima citadas do sexo feminino.

Em um dos poucos estudos envolvendo atletas de futebol, Sousa et al. (1999), compararam três formas preditivas do %G, uma via perímetros corporais e duas via equações com dobras cutâneas. O estudo mostrou divergências entre os métodos analisados quando estes são aplicados a atletas de futebol.

Através da literatura publicada no meio científico, não se verificou equações específicas para estimar a densidade corporal para atletas de futebol no Brasil, os quais possuem peculiaridades de treinamento físico, técnico e tático que, por sua vez, induzem mudanças morfológicas específicas, e portanto, necessitam de meios (equações) que possam ter sensibilidade de detectar tais peculiaridades da composição corporal. Pois (Guedes, 1985; Osiecki et al., 1998; Petroski, 1999; Sousa et al., 1999) afirmam que é de fundamental importância para seleção de uma equação, que esta seja adequada à população a qual se esteja trabalhando, desta forma pode-se obter o maior grau de acuracidade nas estimativas realizadas.

Perante a moderna periodização de treinamentos em que se relaciona o futebol atualmente, a importância dada a preparação física, a necessidade de um controle morfológico acurado dos atletas, e a escassez de documentações científicas nacionais com respeito ao tema "avaliação morfológica de atletas de futebol" é que acredita-se ter justificado a realização deste estudo no sentido de contribuir com a análise das técnicas avaliativas de controle da composição corporal em atletas de futebol submetidos a treinamento físico intenso. Então, o objetivo deste estudo foi de validar equações para estimar a densidade corporal em jogadores de futebol categoria sub-20.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A amostra foi selecionada de forma intencional (n=25) devido à necessidade do tipo

de treinamento a que são submetidos os atletas (futebol de campo). Quanto às características amostrais, estes atletas apresentaram idade entre 16 a 20 anos, do sexo masculino, com um volume de treinamento técnico, tático e físico gerando em torno de quatro horas por dia e com cinco vezes por semana aproximadamente, que possuíam no mínimo um ano e meio de treinamento na modalidade de futebol dentro da respectiva periodização de treinos, e todos eram pertencente a clubes de futebol da cidade de Santa Maria participantes do Campeonato Estadual do Rio Grande do Sul.

Utilizou-se como variável dependente do estudo a densidade corporal, obtida através das equações de regressão propostas pelos autores estudados, como variável independente às medidas antropométricas, e como variáveis controladoras do estudo o sexo, idade, nível de treinamento, adaptação ao meio líquido.

A pesagem hidrostática foi utilizada para obter-se a densidade corporal e utilizada com critério de validação. Embora a absorptometria de raio X de dupla energia (DEXA) tenha se revelado um instrumento preciso para utilização como critério de validação (Kohrt, 1998; Visser et al., 1999) o procedimento de hidrodensitometria (pesagem hidrostática) continua sendo um método preciso e fidedigno para estudos de validação. Para Petroski (1995) e McArdle et al. (1998), alguns aspectos podem ser limitantes ou intervenientes e se apresentam neste estudo como: a impossibilidade de se determinar diretamente o volume de ar residual, a suposição de que cada indivíduo realizou a máxima exalação de ar no momento da pesagem submerso; a impossibilidade de controlar totalmente se os sujeitos realizavam o esvaziamento da bexiga e defecação antes da mensuração da pesagem hidrostática.

Mensurações Antropométricas.

Para este estudo, foram determinados os valores de Massa Corporal (MC) e estatura (EST) segundo procedimentos de Gordon et al. (1991), para estas medidas foram utilizados uma balança da marca Filizola (resolução 10 gramas) e estadiômetro (resolução 1cm), acoplado a balança. Oito Dobras Cutâneas (DCs) foram mensuradas: tríceps (TR), bíceps (BI), subescapular (SE), supra-ílica (SI), axilar média (AX), abdominal (AB), coxa média (CXM),

coxa inferior (CXI), coxa superior (CXS), perna média (PM) seguindo os procedimentos descritos por Harrison et al. (1991), sendo utilizado um adipômetro CESCORF para a mensuração das dobras cutâneas (resolução 0,1 mm). Foram mensurados 08 perímetros corporais: antebraço (PAT), braço relaxado (PBR), tórax (PTX), cintura (PC), abdômen (PAB), quadril (PQ), coxa média (PCXM), coxa inferior (PCXI), coxa superior (PCXS) perna média (PPM), seguindo os procedimentos descritos por Callaway et al. (1991), sendo utilizada uma fita métrica (resolução 0,1 cm).

A fidedignidade das medidas do avaliador foi estabelecida em estudo piloto entre pré e pós medidas. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre estas e a correlação, em todas as variáveis analisadas, foi acima de 0,80. Portanto, o avaliador apresentou fidedignidade nas medidas antropométricas.

Mensuração do Peso Hidrostático

Para a mensuração do Peso Hidrostático (PH), foi utilizada uma balança Filizola, com capacidade para 6 kg, com resolução de 5 gramas. A pesagem submersa na posição grupada seguiu a descrição de Petroski & Pires-Neto (1993). A respiração foi mantida bloqueada por aproximadamente 5-10 segundos, para a estabilização da balança, quando a leitura da pesagem foi então registrada, sendo o mesmo procedimento repetido por 7-10 vezes. Os sujeitos foram estimulados a fazerem expirações máximas no momento da mensuração. A média das três maiores últimas leituras foi usada como valor da pesagem hidrostática. Quando os valores das três últimas pesagens divergirem em mais de 50 gramas, tentativas adicionais eram realizadas, ficando registrados todos os valores obtidos das pesagens e a temperatura da água, após a última pesagem.

Para o cálculo da densidade corporal utilizou-se a equação proposta por Wilmore & Behnke (1969).

$$Dens(g/cm^3) = \frac{MC}{\left(\frac{MC - Pa}{Dens\text{água}}\right) - (VR + 0,1)}$$

Onde:

MC= Massa Corporal (kg)

Dens= densidade corporal

Pa= Peso Submerso (kg)

VR= Volume Residual (litros)

O Volume Residual (VR) foi estimado através da equação de Goldman & Becklake (1959), que consideram a idade, sexo e estatura:

$$VR = 0,017 * (Idade, anos) + 0,027 * (Estatura, cm) - 3,477$$

E considerou-se o valor de 0,1 litro como representativo do volume de gases intestinais. Foi pedido a amostra que não praticasse exercícios físicos no dia das mensurações nem que esta realiza-se refeições duas horas e meia antes das medidas. As mensurações foram realizadas no laboratório de Cineantropometria do Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal de Santa Maria, local o qual apresenta todos os equipamentos necessários para as testagens. A equipe de coleta foi formada por dois pesquisadores treinados para as mensurações realizadas.

As equações utilizadas neste estudo para estimar a densidade corporal encontram-se no Quadro 01. É apresentado também o Erro Padrão de Estimativa, Correlação, o n amostral e a idade (estatísticas de validação) da população a qual deu origem as equações.

Tratamento Estatístico

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para testar a normalidade dos dados obtidos tanto da PH quanto antropométricos. No processo de validação cruzada das equações adotou-se os critérios de Lohman (1992), isto é, entre os valores de densidade corporal mensurada (DM) através da PH (critério de validação) e densidade corporal estimada (DE) por meio das equações analisadas neste estudo, aplicou-se: Teste "t" de Student, Correlação Linear de Pearson, Análise dos Desvios Padrões (DPs) e Análise do EPE (Erro Padrão de Estimativa). A fim de atender os objetivos propostos para este estudo os dados coletados foram tratados estatisticamente através do pacote SPSS For Windows versão 8.0, adotando um nível de significância de 5%.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados mostraram que, para toda as variáveis antropométricas, idade e valores de PH, os dados são normalizados tendo sua significância ($p > 0,05$), variando de 0,150

para a dobra cutânea AB e 0,974 para o PBR. Com isso, denota-se a possibilidade de utilização de uma estatística paramétrica e que os

dados respeitam uma distribuição normal (Pedhazur, 1982; Vincent, 1995).

Quadro 1- Equações com sua fonte original e os valores estatísticos de desenvolvimento das mesmas (Erro Padrão de Estimativa, correlação, “n” amostral e idade).

Autor/Ano	Equação	EPE	r	n	Idade
Nagamine & Suzuki – 1964	$D=1,0913-0,00116(TR+SE)$	-	-	-	18-27
Wilmore & Behnke – 1969	$D=1,08543-0,00086(AB)-0,00040(CX)$	0,0076	0,80	-	17-37
Durnin & Rahman – 1967	$D=1,1610-0,0632\log_{10}(BI+TR+SE+SI)$	0,0069	0,83	60	22,7
Sloan – 1967	$D=1,1043-0,001327(CX)-0,001310(SE)$	-	-	50	18-26
Forsyth & Sinning – 1973	$D=1,10300-0,00168(SE)-0,00127(AB)$	0,006	0,82	-	-
Forsyth & Sinning – 1973	$D=1,10647-0,00162(SE)-0,00144(AB)-0,00077(TR)+0,000071(AX)$	0,0056	0,84	-	-
Katch & McArdle – 1973	$D=1,10-0,00083(TR)-0,00087(SE)-0,00098(PAB)+0,00210(PAT)$	0,0066	0,89	53	-
Katch & McArdle - 1973	$D=1,09665-0,00103(TR)-0,00056(SE)-0,00054(AB)$	0,0072	0,86	53	-
Katch & McArdle - 1973	$D=1,12691-0,00357(PBR)-0,00127(PAB)+0,00524(PAT)$	0,0072	0,86	53	-
Thorland et al - 1984	$D=1,1091-0,00052(TR+SE+AX+SI+AB+CX+PM)$	0,0055	0,82	141	-
Thorland et al - 1984	$D=1,36-0,00154(TR+SE+AX)+0,00000516(TR+SE+AX)^2$	0,0056	0,81	141	-
Lohman - 1981	$D=1,0982-0,000815(TR+SE+AB)+0,0000084(TR+SE+AB)^2$	0,0071	0,82	-	-
Petroski - 1995	$D=1,10098229-0,00145899(TR+AX)+0,00000701(TR+AX)^2-0,00032770(Idade)$	0,0072	0,88	391	18-66
Petroski - 1995	$D=1,09360757-0,00086876(SE+TR+SI)^2-0,00021422(Idade)+0,00191721(PBR)$	0,0072	0,88	391	18-66
Petroski - 1995	$D=1,10491700-0,0009906(SE+TR+SI)+0,00000327(SE+TR+SI)^2-0,00034527(Idade)$	0,0076	0,87	391	18-66
Petroski - 1995	$D=1,09158117-0,00077719(SE+TR+BI+SI)-0,00000257(SE+TR+BI+SI)^2-0,00022634(Idade)+0,00195027(PAT)-0,00057011(PAB)$	0,0072	0,88	391	18-66
Petroski - 1995	$D=1,09255357-0,00067980(SE+TR+SI+PM)+0,00000182(SE+TR+SI+PM)^2-0,00027287(Idade)+0,00204435(PAT)-0,00060405(PAB)$	0,0071	0,88	391	18-66
Petroski - 1995	$D=1,10726863-0,00081201(SE+TR+SI+PM)+0,00000212(SE+TR+SI+PM)^2-0,00041761(Idade)$	0,0075	0,87	391	18-66
Durnin & Womersley –1974	$D=1,1620-0,0630 \log(TR+BI+SI+SE)$	0,0073	-	24	17-20
Durnin & Womersley –1974	$D=1,1631-0,0630 \log(TR+SE+SI+BI)$	0,0084	-	24	20-29
Durnin & Womersley –1974	$D=1,1765-0,0744 \log(TR+BI+SE+SI)$	0,0103	-	24	17-20
Durnin & Womersley –1974	$D=1,1360-0,0700 \log(SE)$	0,0081	0,80	-	-
Durnin & Womersley –1974	$D=1,1575-0,0617 \log(TR+SE+SI)$	-	-	-	-
Guedes - 1985	$D= 1,13060-0,05437\log(AB)$	0,0064	0,86	110	17-27
Guedes - 1985	$D=1,15929-0,06550\log(AB+TR)$	0,0061	0,88	110	17-27
Guedes - 1985	$D=1,17136-0,06706\log(AB+SI+TR)$	0,0057	0,89	110	17-27
Guedes - 1985	$D=1,18282-0,07030\log(AB+TR+SI+AX)$	0,0057	0,89	110	17-27
Guedes - 1985	$D=1,20436-0,07848\log(AB+TR+SI+AX+SE)$	0,00570	0,89	110	17-27
Guedes - 1985	$D=1,21546-0,08119\log(AB+TR+SI+AX+SE+CXM)$	0,0056	0,89	110	17-27
Guedes - 1985	$D=1,22098-0,08214\log(AB+SI+TR+SE+AX+CXM+PM)$	0,0055	0,90	110	17-27
Guedes - 1985	$D=1,22627-0,08384\log(AB+TR+SE+SI+AX+CXM+PM)$	0,0055	0,90	110	17-27

Características da Amostra

A análise das características da amostra é de fundamental importância para que se possa expandir os resultados deste estudo. A Tabela 01 apresenta os valores descritivos da amostra quanto a características físicas (idade, EST e MC), valores do peso submerso, dobras cutâneas e perímetros corporais.

Comparando os resultados encontrados neste estudo com de outros pesquisadores, observa-se para a estatura uma similaridade muito grande com o estudo de Peres (1996) em atletas de futebol e de Sousa et al. (1999)

em atletas profissionais da equipe do Futebol Clube da Paraíba, os mesmos apresentaram uma média de estatura de $173,13 \pm 7,28$ cm e $170 \pm 5,57$ cm com um Coeficiente de Variação (CV) de 4,2% e 3,27%, respectivamente. Valores estes próximos aos da amostra analisada que apresentou uma média de $175,0 \pm 7,0$ cm, com CV de 4%. Quando analisada a MC este estudo apresentou como média $72,84 \pm 8,63$ kg sendo este valor superior ao encontrado por Peres ($66,29 \pm 7,73$ kg) e de Sousa et al. ($68,3 \pm 7,58$ kg) e pouco inferior ao encontrado por Ley et al. (2002) ($76,16 \pm 7,87$ kg) em atletas profissionais.

Tabela 1- Valores Descritivos das Variáveis Antropométricas, Idade e Peso Submerso.

Variáveis	\bar{x}	S	CV (%)	Min.	Máx.
n = 25					
Idade (anos)	18,48	1,41	7	16	20
EST (cm)	175,0	7,0	4	1,58	1,91
MC (kg)	72,84	8,63	11	60,50	88,9
PH (kg)	4,240	0,556	13	3,403	5,350
Dens. Corporal (gr/cm^3)	1,083765	0,00725			
Dobras Cutâneas (mm)					
DC BI	04,60	1,16	25	2,6	07,9
DC TR	10,39	3,93	37	4,4	19,8
DC SE	12,94	4,59	35	7,8	26,8
DC AX	8,96	3,37	37	4,7	17,8
DC AB	14,38	6,38	44	5,0	29,3
DC SI	14,73	5,88	39	7,3	25,2
DC CXS	13,38	5,90	44	4,3	25,2
DC CXM	13,68	5,02	36	5,2	23,6
DC CXI	14,60	4,89	33	5,8	22,0
DC PM	08,15	2,82	34	3,1	16,4
Perímetros (cm)					
PAT	26,65	1,86	5	22,6	30,3
PBR	27,84	1,49	5	25,1	30,5
PTX	91,38	4,26	4	85,2	100,7
PAB	78,98	4,56	5	71,2	89,4
PC	77,29	3,94	5	71,3	85,1
PQ	95,08	4,97	5	88,0	109,0
PCXS	57,28	3,78	6	52,2	67,3
PCXM	55,20	3,23	5	51,5	64,0
PCXI	43,51	3,23	7	38,2	48,9
PPM	37,46	2,44	6	33,1	42,5

Onde: \bar{x} = média; S = desvio padrão; CV = coeficiente de variação; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo

Este estudo de Ley et al. (2002) avaliou diferenças entre atletas profissionais, juniores e juvenis com relação a variáveis da composição corporal e funcionais. Não identificaram diferenças significativas entre profissionais e juniores nas variáveis analisadas (MC, MG, %G e MCM) demonstrando similaridade entre estes dois grupos. Como os valores pesquisados por Ley et al. (2002) são similares ao deste estudo, entende-se que amostra ora estudada aproxima-se a de jogadores profissionais, pois também as diferenças não são tão acentuadas em relação aos atletas da Paraíba (Sousa et al., 1999).

Estudo realizado por Mayhen apud Duarte (1988), observou uma densidade corporal de atletas de futebol próxima às encontradas neste estudo (1,0753 e 1,0837, respectivamente). Pollock et al. (1982) avaliou 19 patinadores de velocidade, candidatos ao time norte americano participantes dos Jogos Olímpicos dos Estados Unidos de 1980, obteve a média da densidade corporal igual $1,0810 \pm 0,006$, sendo esta muito semelhante à encontrada neste estudo o peso submerso apresentou valores de $4,240 \pm 0,556$ kg e um CV de 13%. Não foi encontrado valor de peso submerso de atletas de futebol na literatura para comparação.

Os valores de DCs dos atletas deste estudo apresentaram-se maiores dos encontrados por Vicente et al. (2000) em atletas de futebol de elite da Espanha DCs SU =7,7; AB =8,5; TR =6,6; CXM =8,0; PM =4,2. Todavia, os perímetros corporais de membros inferiores foram similares PCXM =57,0; PPM =37,1. Isto demonstra uma maior massa muscular dos atletas espanhóis e menor massa gorda comparativamente com os atletas ora estudados, porém deve-se salientar que a média de idade dos atletas espanhóis era de 26,9 anos, ou seja, eram atletas profissionais com maior experiência de treinamento, o que deve ser o fator explicativo para o possível maior desenvolvimento de massa muscular evidenciado na relação perímetros/DCs.

Análise dos Critérios de Validação

A validação de uma equação é o processo ao qual procura-se determinar o grau de acuracidade com que ela estima a sua variável dependente. A validação cruzada, ou dupla-validação, é a forma utilizada para validar uma equação e definir os limites de generalização desta, este método de validação foi utilizado em estudos de Petroski (1995); Rodriguez-Añez (1997), Glaner & Rodriguez-Añez (1999);

Petroski (1999); Yonomine & Pires Neto (2000). O primeiro critério para a validação das equações preditivas da densidade corporal, propostas por Lohman (1992), é a análise da correlação e significância da mesma. A Correlação Linear de Pearson foi aplicada aos valores da Densidade Estimada (DE) pelas equações testadas e aos valores Mensurados (DM) diretamente pela PH, para a análise da associação entre estes. Observou-se que, embora as correlações apresentem-se significativas ($p < 0,05$), os coeficientes são de baixos a moderados (Vincent, 1995), variando de $r = 0,252$ (equação 17) a $r = 0,704$ (equação 15), conforme a Tabela 2.

Considera-se, portanto, que os valores apresentados na análise correlacional não sustentam, de forma eficiente, o poder de predição das equações envolvidas, haja vista que, os coeficientes encontrados apresentam valores associativos de moderados a baixos podendo produzir, segundo Vincent (1995), erros grandes e inaceitáveis na predição, e segundo o autor somente valores acima de $r = 0,70$ poderiam ser considerados como aceitáveis. Conseqüentemente, somente as equações 15 e 18 superaram esses valores.

Tabela 2 - Correlação de Pearson, Teste "t" de Student, Erro Padrão de Estimativa (EPE), média e desvio padrão (DP), média e desvio padrão percentual de gordura (%G)

* Equação Utilizada para conversão da Densidade em % G (Siri, 1961).

** Representa a diferença nos valores de %G entre a PH e o valor estimado pela equação correspondente.

Todos os valores do Coeficiente de Correlação apresentaram-se menores do que os escores de seus estudos originais com populações diferentes. Nem mesmos os estudos realizados com atletas Thorland et al. (1984), que em seu estudo original apresentou uma correlação de $r=0,82$ e neste estudo apresentou $r=0,67$ (equação 10), demonstrando que, mesmo em atletas, existem especificidades entre as modalidades que devem ser respeitadas. Confirma-se, assim, as colocações de Osieck et al. (1998) quando explicam que quanto mais diferente for a amostra de desenvolvimento de uma determinada equação com relação a amostra em que será aplicada esta equação, menor a acuracidade de estimativa esta apresentará.

A equação quadrática de Petroski (1995), que utiliza a soma de três dobras cutâneas e mais a variável idade apresentou a maior correlação $r=0,704$ (equação 15) entre DE e DM, sendo o maior valor associativo encontrado. Contudo, observou-se que todas as 31 equações aqui analisadas apresentam coeficientes de correlação abaixo dos ideais ($r>0,80$) descritos por Petroski (1995) e somente duas equações (equação 15 e 18) obtiveram correlação consideradas por Vincent (1995) como aceitáveis $r>0,70$.

O segundo critério de validação, proposto por Lohman (1992), é análise do Teste "t" de Student para amostra dependentes, onde se busca verificar as possíveis diferenças entre as médias de DE e DM. Os resultados demonstraram (Tabela 02) que as médias de DE pelas equações apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p<0,05$) quando comparadas à DM determinada na PH. Conseqüentemente, o segundo critério de análise para validação (Teste "t" de Student) inviabiliza a utilização de todas as equações analisadas para prever densidade corporal em atletas de futebol da categoria Sub-20.

Em estudo de Osiecki et al. (1998) verificou-se a diferença de médias obtidas por equações preditivas cruzadas com o DEXA aplicadas a atletas de handebol da Seleção Brasileira Masculina. Neste estudo somente a equação de Katch & McArdle (equação 08) apresentou diferença significativa aos valores obtidos pelo DEXA, as equações 01 e 02 não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) e a equação de Guedes (equação 26) e de Sloan (equa-

ção 04) foram as melhores em termos preditivos. Estes resultados diferem frontalmente dos encontrados neste estudo, entretanto a amostra era composta de atletas em nível de Seleção Brasileira e de características morfológicas diferentes. Nesta análise deve-se desconsiderar o método padrão de referência (PH ou DEXA) pois estudos de Kohrt (1998) e Visser et al. (1999) identificaram o DEXA como excelente método para utilizar como padrão de referência. Portanto, o desporto praticado pelos atletas, além do nível de performance (Vicente et al., 2000), parece influenciar na estimativa das equações.

O terceiro procedimento de análise e com referência ao EPE (Erro Padrão de Estimativa). Segundo Lohman (1992), valores acima de 0,009 g/ml de EPE são considerados erros de predição elevados associados às equações. Os dados do presente estudo demonstram que somente a equação de Lohman (1981), apresentou EPE abaixo do ponto de corte desejado. Portanto, por este critério de validação, trinta equações não validaram para aplicação em atletas de futebol Sub-20.

As equações estudadas demonstraram diferenças quanto aos desvios padrões analisados (quarto critério de validação). A equação Linear de Lohman (equação 12) foi a que apresentou a média mais próxima da PH deste estudo (Lohman = 1,080821; presente estudo = 1,083765), no entanto a mesma tende a diminuir o desvio padrão, assim subestimando os dados extremos acima da média e superestimando os dados extremos abaixo da média. Analisando todas as equações com relação ao desvio padrão (Tabela 02) verifica-se que estas apresentaram-se de modo diferente. A equação de Behnke (equação 02), Lohman (equação 12) e Katch (equação 09) tenderam a subestimar os valores da densidade corporal acima da média e superestimar a densidade corporal abaixo da média, pois obteve um desvio padrão menor do obtido na pesagem hidrostática. As demais equações apresentaram o inverso, o Desvio Padrão foi maior do que o da PH.

Na análise dos quatro critérios de validação utilizados neste estudo, verifica-se que as equações analisadas não apresentaram a acuracidade necessária para que possam ser utilizadas em atletas de futebol Sub-20. Confirma-se, desta forma, que a especificidade da

população a qual da origem a uma determinada equação preditiva é um dos principais pressupostos a serem considerados quando utiliza-se esta equação, isto é, as equações preditivas são desenvolvidas e acuradas a uma determinada população (Guedes, 1985; Osiecki et al., 1998; Petroski, 1999; Sousa et al. 1999) quanto mais uma determinada população diferir da que deu origem a equação a tendência e desta tornar-se cada vez menos precisa. Isto também pode ser verificado nos trabalhos de Sinning & Wilson (1984); Guedes & Sampedro (1986), Glaner & Rodriguez-Añez (1999).

Verificando as diferenças em termos de %G estimado pela densidade corporal obtida através da PH ou pelas equações (Tabela 02), observou-se que os valores variaram de 3,58% (Lohman, 1981) à 12,16% (Durnin & Ruhman, 1967). Está variação em termos de massa gorda (kg) pode representar para um atleta de 70 kg de massa corporal uma variação de 2,50 kg e 8,51 kg de massa gorda para ambas as equações respectivamente, o que representa um erro considerável quando se trabalha com avaliações visando performance e saúde.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES DO ESTUDO

Através da análise das características antropométricas, conclui-se que a amostra apresenta características semelhantes à de outros estudos em atletas de futebol.

As equações propostas para a validação cruzada, não são válidas para a estimativa da densidade corporal em atletas de futebol com as características apresentadas neste estudo, produzindo erros na avaliação da composição corporal de indivíduos que apresentem as mesmas características da amostra analisada.

Sugere-se o acompanhamento e novos estudos com atletas, através da análise do peso hidrostático, para que se possa comparar os escores aqui apresentados e equações com maior poder preditivo sejam desenvolvidas. A construção de equações para estimar a densidade corporal em atletas de futebol, mostra-se necessária para uma correta avaliação da composição corporal, desta população em específico.

Por fim, observa-se que a avaliação da composição corporal em atletas necessita de uma maior atenção bem como uma fundamen-

tação científica na estruturação e utilização dos métodos de avaliação, principalmente na escolha da equação utilizada para o cálculo dos componentes corporais, a fim de não correr riscos de erros e imprecisões nas avaliações morfológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, H.F.R.; Almeida, D.C.M. & Gomes, A.C. (2000). Aspectos multidimensionais da forma desportiva: uma ótica contemporânea. **Treino Desportivo**. 5(2), 44-50.
- Callaway, C.W.; Chumlea, W.C.; Bouchard, C. et al. (1991). Circumferences. In: Lohman, A. F., Roche, A. F. & Martorell, R.; . (Eds.) **Anthropometric Standardization Reference Manual**. Abridged Edition. Champaign, IL: Human Kinetics Books.
- Dantas, E.H.M. (1998). **A Prática da Preparação Física**. 4. ed. Rio de Janeiro: Shape.
- Durnin, J.V.G.A. & Rahaman, M.M. (1967). The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. **British Journal of Nutrition**. 2. 681-689.
- Durnin, J.V.G.A. & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. **British Journal of Nutrition**. 32. 77-97.
- Duarte, V.B. (1988). **Estudo do perfil antropométrico de jogadores de futebol de salão da cidade de Santa Maria – RS**. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Educação Física. UFSM. Santa Maria.
- Faulkner, J.A. (1968). Physiology of swimming and diving. In: Falls, H. **Exercise Physiology**. Baltimore, Academic Press.
- 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 Respiratory Disease**, 79, 457-467.
- Gordon, C. C.; Chumlea, W. C. & Roche, A. F. (1991). Stature, Recumbent Length, and Weight. In: Lohman, A. F., Roche, A. F. & Martorell, R.; (Eds.) **Anthropometric Standardization Reference Manual**. Abridged Edition. Champaign, IL: Human Kinetics Books.
- Glaner, M.F. & Rodriguez-Añez, C.R. (1999). Validação de procedimentos antropométricos para estimar a densidade corporal e percentual de gordura em militares masculinos. **Revista Brasilei-**

- ra de Cineantropometria & Desempenho Humano.** 1(1), 24-29.
- Guedes, D.P. (1985). **Estudo da gordura corporal através da mensuração dos valores de densidade corporal e da espessura de dobras cutâneas de universitários.** Dissertação de Mestrado, Mestrado em Educação Física, UFSM. Santa Maria, RS.
- Guedes, D.P. & Sampedro, R.M.F. (1986). Tentativa de validação de equações para predição dos valores de densidade corporal com base nas espessuras de dobras cutâneas em universitários. **Revista Brasileira Ciência do Esporte.** 6(3), 182-191.
- Harrison, G.G.; Buskirk, E.R.; Carter, J.E.L. et al. (1991). Skinfold thicknesses and measurement technique. In: Lohman, A.F., Roche, A.F. & Martorell, R. (Eds.) **Anthropometric Standardization Reference Manual.** Abridged Edition. Champaign, IL: Human Kinetics Books.
- Jackson, A.S.; Pollock, M.L. & Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. **Medicine and Science in Sports and Exercise.** 12(3), 175-182.
- Jackson, A.S. & Pollock, M.L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition,** 40, 497-504.
- McArdle, W.D.; Katch, V.L. & Katch, F.I. (1998). **Fisiologia do exercício:** energia, nutrição e desempenho humano. 4. ed. Rio de Janeiro: Afiliada.
- Ley, O.R.; Gomes, A.C.; Meira, A.L.J.; Erichsen, O.A. & Silva, S.G. (2002). Estudo comparativo dos aspectos funcionais e da composição corporal entre atletas de futebol de diferentes categorias. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício.** 1(1), 75-87.
- Lohman, T.G. (1981). Skinfolds and body density and their relation of body fatness: A review. *Human Biology,* 53(2), 181-225.
- Lohman, T.G. (1992). **Advances in body composition assessment.** Champaign: Human Kinetics Publishers.
- Katch, F.I. & McArdle, W.C. (1973). Prediction of body density from simple anthropometric measurements in college-age men and women. **Human Biology,** 45(3), 445-454.
- Kohrt, W. (1998). Preliminary evidence that DEXA provides an accurate assessment of body composition. **Journal Applied Physiology.** 84(1), 372-377.
- Napper, G.E., Vogler, E.W., Donnelly, J. & Sanborn, C. F. (1988). Comparison of Hydrostatic Weighing at Residual Volume and Total Lung Capacity in Children. **Research Quarterly for Exercise and Sport,** 59(2), 173-175.
- Nagamine, S. & Suzuki, S. (1964). Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. **Human Biology.** 36(1), 08-15.
- Osiack, R.; Sampedro, R.M.F. & Silva, J.H.S. (1995). Comparação entre equações preditivas de percentual de gordura em indivíduos do sexo masculino praticantes de triatlon. **Synopsis,** (06). 10-18.
- Osiack, R.; Macedo, C.L.D. & Sampedro, R.M.F. (1998). Comparação entre a absorptometria de raio X de dupla energia e dobras cutâneas para predição do percentual de gordura em atletas de alto nível. **Revista Treinamento Esportivo.** 3(1), 11-17.
- Pedhazur, E.J. (1982). **Multiple regression in behavioral research:** Explanation and prediction. New York: CBS College Publishing.
- Petroski, E.L. & Pires Neto, C.S. (1993). Análise do peso hidrostático nas posições sentada e grupada em homens e mulheres. **Kinesis.** 10. 49-62.
- Petroski, E.L. (1995). **Desenvolvimento e validação e equações generalizadas para estimativa da densidade corporal em adultos.** Tese de doutorado, Doutorado em Educação Física. UFSM. Santa Maria, RS.
- _____ (1999). **Equações Antropométricas:** Substido par uso no estudo da composição corporal. In: Petroski, E.L. (Org.) *Antropometria: Técnicas e Padronizações.* Porto Alegre, RS: Pallotti.
- Peres, B.A. (1996). **Estudo das variáveis antropométricas e de aptidão física de futebolistas brasileiros e japoneses.** Dissertação de Mestrado, Mestrado em Educação Física-USP. São Paulo.
- Pollock, L.M.; Foster, C.; Anholm, J.; Hare, J.; Farrel, P.; Maksud, M. & Jackson, A.S. (1982). Body Composition of Olympic Speed Skating Candidates. **Research Quarterly for Exercise and Sport,** 53(2), 150-155.
- Rodrigues Añez, C.R. (1997). **Desenvolvimento de equações para estimativa da densidade corporal de soldados e cabos do Exército Brasileiro.** Dissertação de Mestrado, Mestrado em Educação Física. UFSM, Santa Maria-RS.
- Sousa, M.S.C.; Sousa, S.J.G.; Santos, J.P.; Torres, M.S. & Gonçalves, A. O (1999). percentual de gordura em atletas profissionais de futebol segundo diferentes métodos: ensaio envolvendo condições desportivas e de saúde. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde.** 4(3), (1998).
- Sloan, A.W.; Burt, J.J. & Blyth, C.S. (1962). Estimation of body fat in young women. **Journal of Applied Physiology.** 17(6), 967-970.
- Sloan, A.W. (1967). Estimation of body fat in young men. **Journal Applied of Physiology.** 23(3), 311-315.

- Sinning, W.E. & Wilson, J.R. (1984). Validity of "Generalized" Equations for Body Composition Analysis in Women Athletes. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, 55(2), 153-160.
- Thorland, W.G. Johnson, G.O., Tharp, G.D. Housh, T.J. & Cisar, C.J. (1984). Estimation of body density in adolescent athletes. **Human Biology**. 56(3), 439-448.
- Vicente, J.G.V.; Lopez, J.G. & Pascual, CM. (2000). Influencia de una pretemporada en el perfil cineantropométrico de futbolistas. **Archivos de Medicina del Deporte**. 17(75), 9-20.
- Visser, M.; Fuerst, T. Lang, T.; Salamone, L & Harris, T.B. (1999). Validity of fan-beam dual-energy X-ray absorptiometry for measuring fat-free mass and leg muscle mass. **Journal Applied Physiology**. 87(4), 1513-1520.
- Vincent, W. J. (1995). **Statistics in Kinesiology**. Ed. Human kinetics, California State University.
- Wilmore, J.H. & Behnke, A.R. (1969). An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young men. **Journal of Applied Physiology**. 27(1), 25-31.
- _____ (1970). An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young women. **American Journal of Clinical Nutrition**. 23(2), 267-274.
- Yonamine, R.S. & Pires Neto, C.S. (2000). Desenvolvimento e validação de equações para estimativa da massa corporal magra de meninos de 12 a 14 anos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. 2(1), 7-16.

Endereço para correspondência:

Cassiano Ricardo Rech
Rua Piauí 126, Parque Pinheiro Machado
Santa Maria – RS
97030-470
E-mail: crrech@hotmail.com

Recebido em 24/04/2003
Revisado em 30/07/2003
Aprovado em 10/08/2003