



PPGCEE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIAS DO EXERCÍCIO E DO ESPORTE



CROSSBRIDGES  
LABORATÓRIO

# Composição Corporal:

## Pressupostos Conceituais, Métodos e Aplicação Prática

Paulo Sergio Chagas Gomes, Ph.D.  
IEFD/UERJ

Atualizado Nov. 2020



PPGCEE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIAS DO EXERCÍCIO E DO ESPORTE



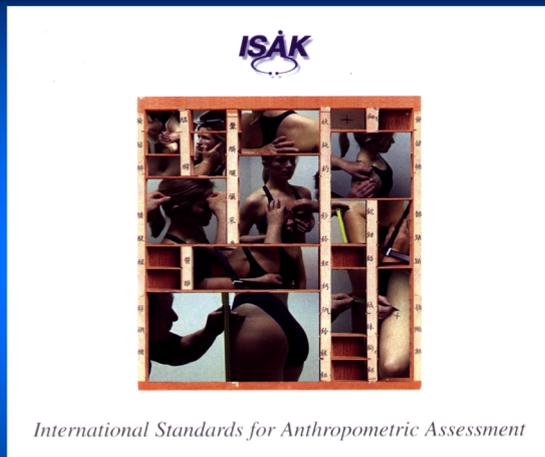
CROSSBRIDGES  
LABORATÓRIO

Visite regularmente o site da disciplina  
<https://gomespscj.wixsite.com/kinantropo>

e-mail: [LabCrossbridges@yahoo.com.br](mailto:LabCrossbridges@yahoo.com.br)

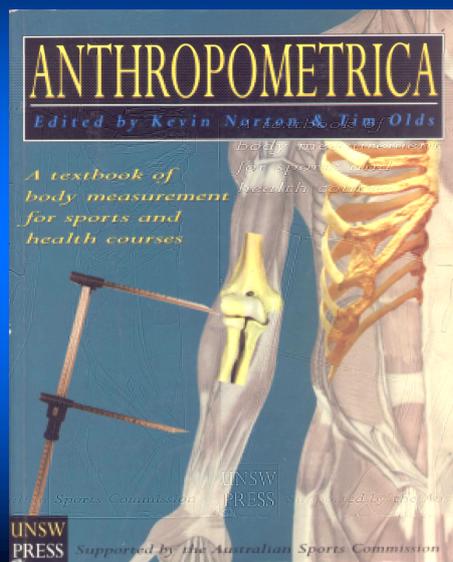
Paulo Sergio Chagas Gomes, Ph.D.  
IEFD/UERJ

## Leitura Recomendada



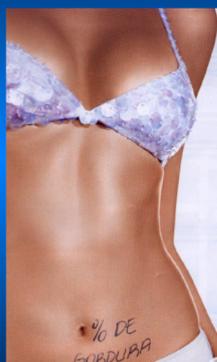
Tradução: André Leta, Cristiane Matsuura, Marta Pereira, Cláudia Meirelles e Paulo Gomes  
Revisão: Marta Pereira (Português); Paulo Gomes (técnica)  
Diagramação: André Estrela Gomes  
Supervisão Geral: Paulo Gomes

## Leitura Recomendada



CROSSBRIDGES

## Revisando a Determinação da Composição Corporal

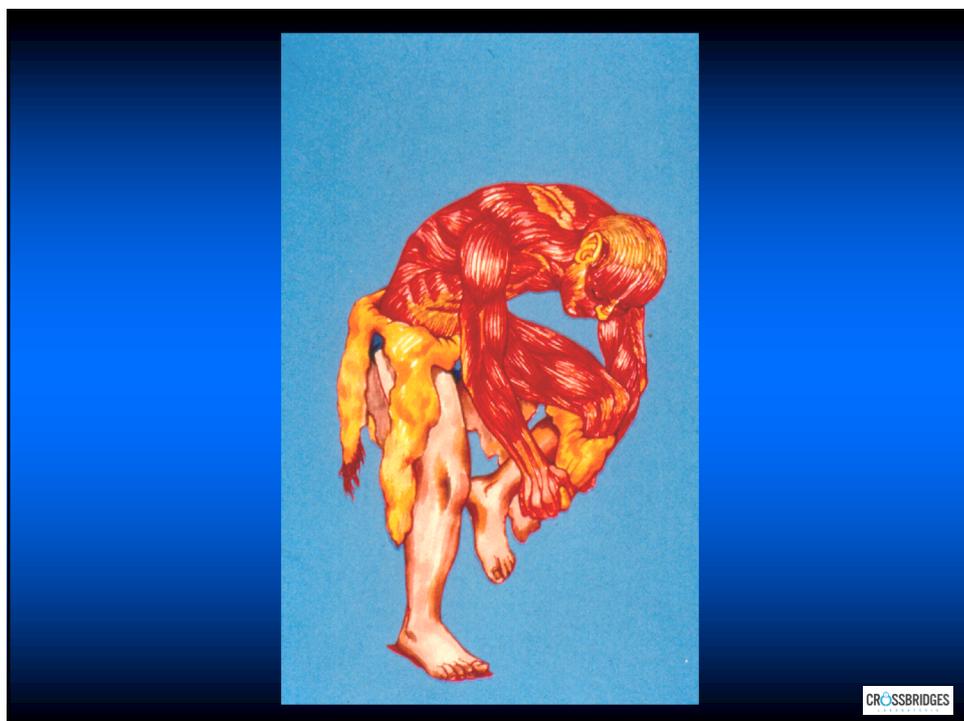
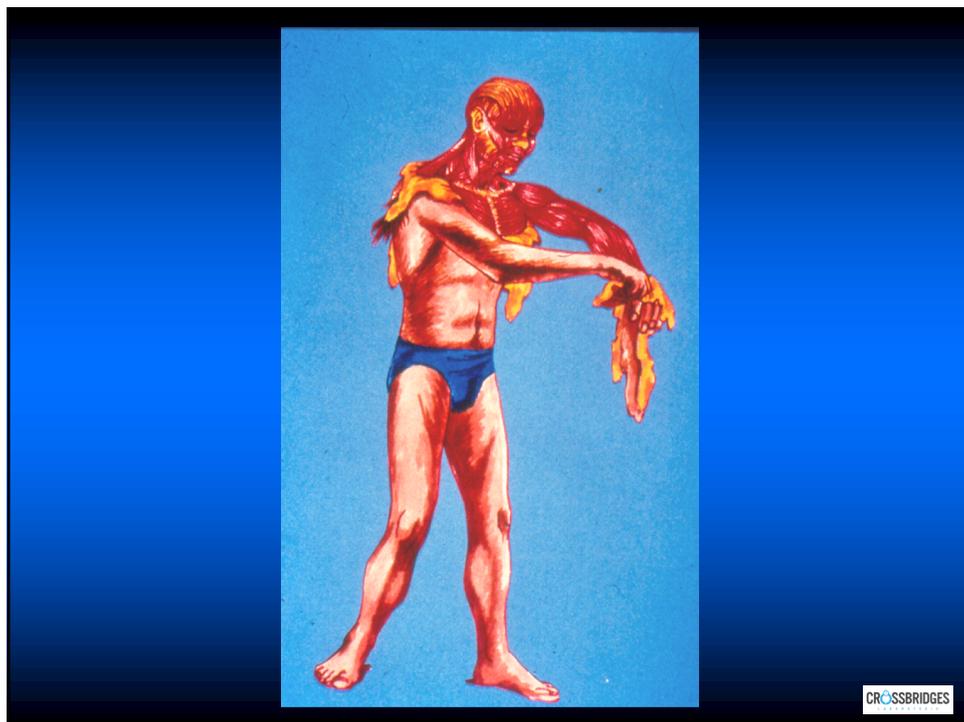


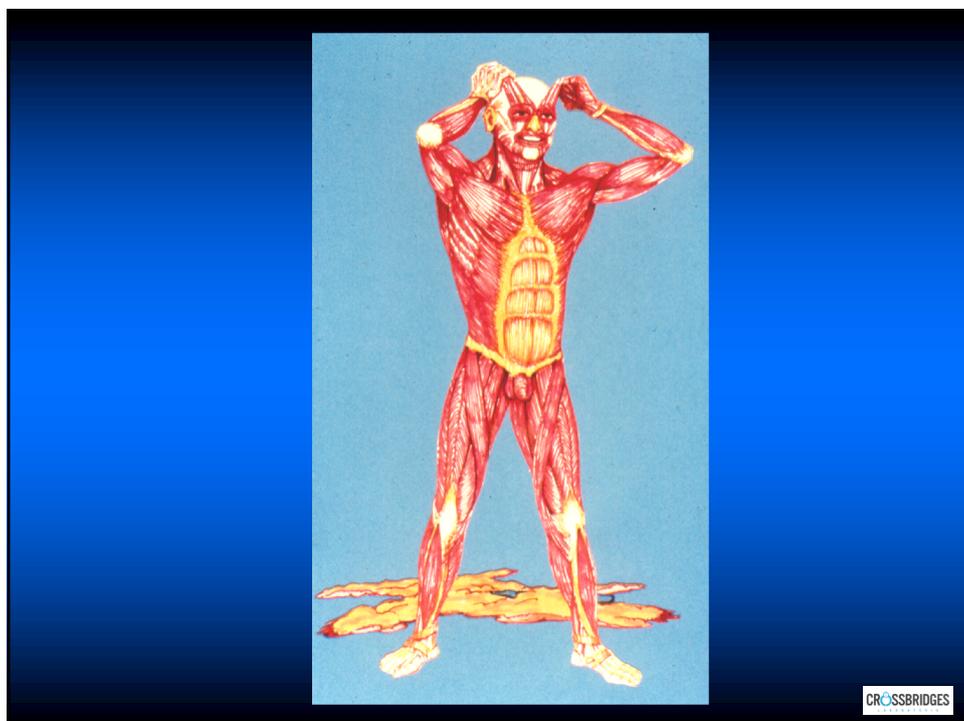
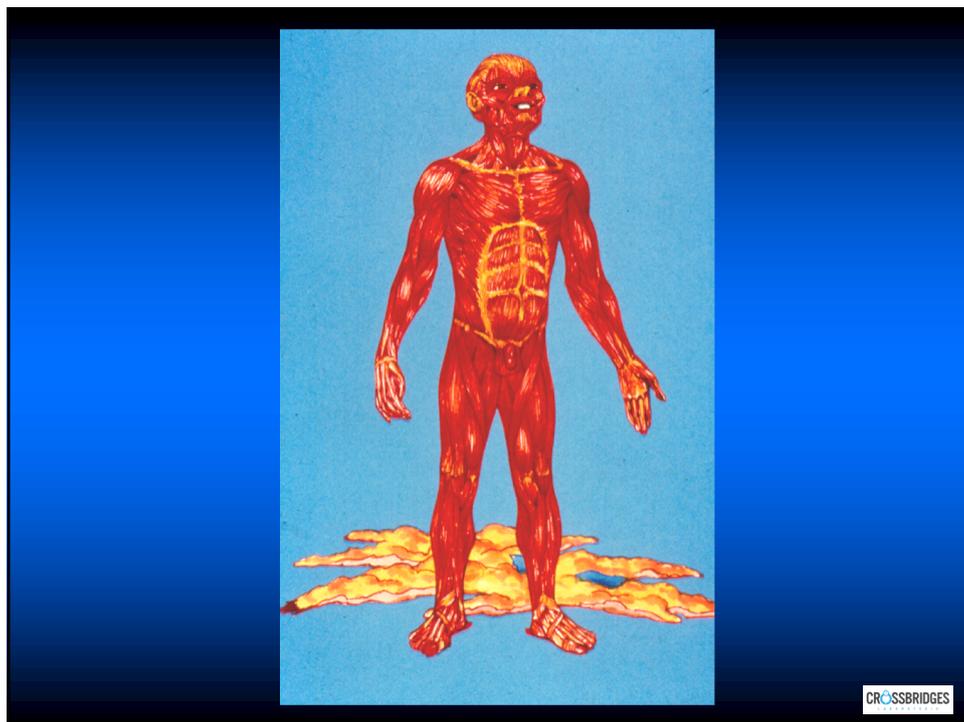
CROSSBRIDGES

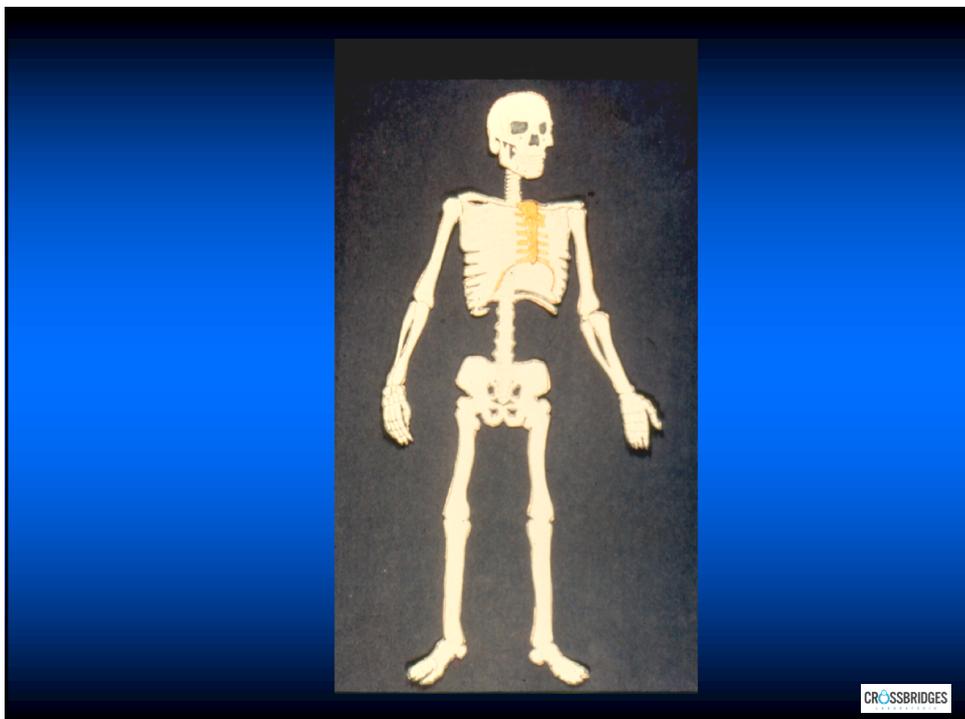
## Entendendo o Modelo

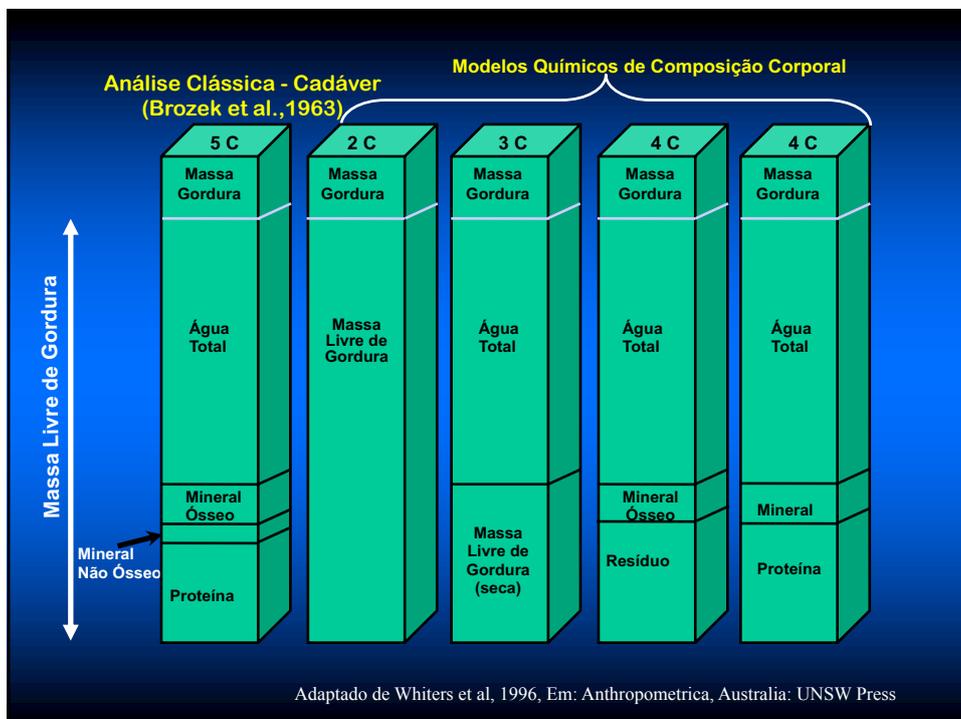


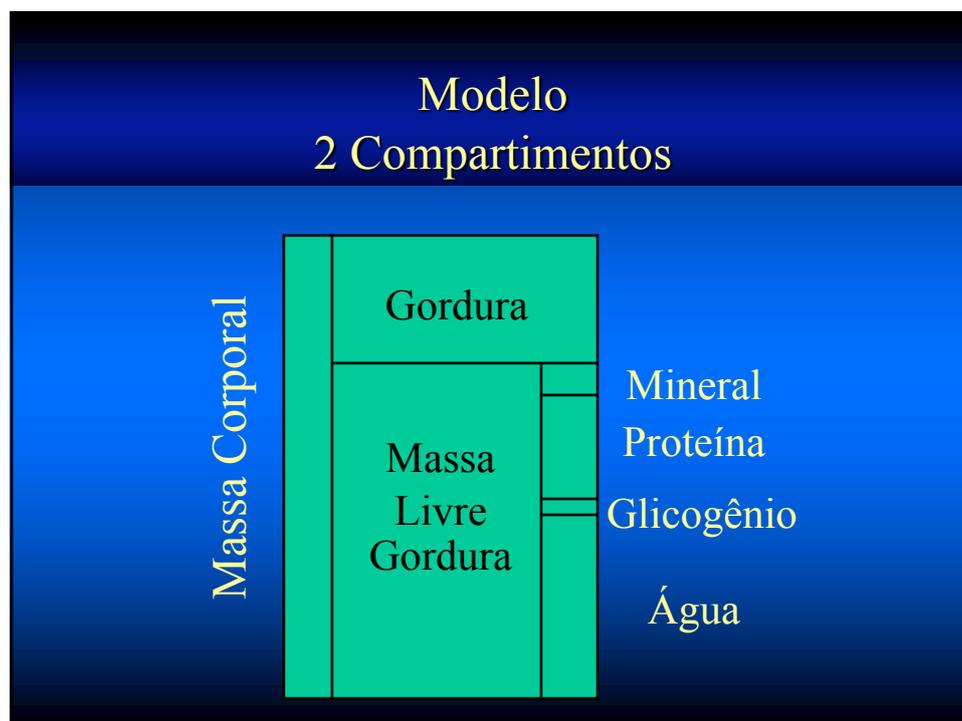
CROSSBRIDGES











## MODELO QUÍMICO DE “2” COMPARTIMENTOS

Corpo dividido em dois compartimentos  
quimicamente distintos

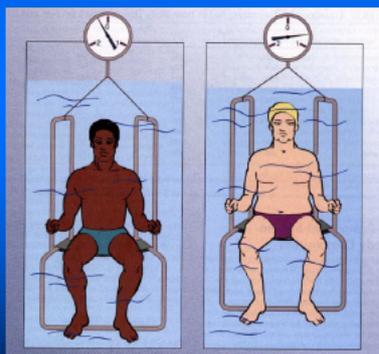
### 1. Massa de Gordura

Lípides extraídos com éter  
Dens =  $0,9007 \text{ g.cm}^{-3}$  @  $36^\circ\text{C}$   
Não contém potássio

### 2. Massa Livre de Gordura

Dens =  $1,1000 \text{ g.cm}^{-3}$  @  $36^\circ \text{C}$   
72% de  $\text{H}_2\text{O}$   
 $68,1 \text{ mmol.kg}^{-1}$  de potássio

## Pesagem Hidrostática *Gold Standard\**



Determinação da  
Densidade Corporal

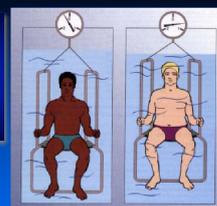
\*Ressonância Nuclear Magnética  
tem sido considerada por alguns  
como o *gold standard* atual da área

## Pesagem Hidrostática



$$\text{DENSIDADE (g.cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{MASSA (g)}}{\text{VOLUME (cm}^3\text{)}}$$

## Pesagem Hidrostática



$$DC(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}) = \frac{M_{\text{Car}}(\text{g})}{\left[ \frac{M_{\text{Car}}(\text{g}) - M_{\text{H}_2\text{O}}(\text{g})}{D_{\text{H}_2\text{O}}(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})} \right] - \text{VR}(\text{ml}) - \text{VGI}(\text{ml})}$$

DC = Densidade corporal

$M_{\text{Car}}$  = Massa do corpo no ar (pesado fora da água)

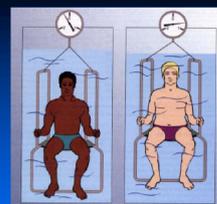
$M_{\text{H}_2\text{O}}$  = Massa do corpo pesada dentro da água

$D_{\text{H}_2\text{O}}$  = Densidade da água (de acordo com a temperatura)

VR = Volume Residual (medido ou predito)

VGI = Volume de gas no trato gastro intestinal (estimado)

## Pesagem Hidrostática



Ex.:

Homem

$M_{\text{Car}} = 75,0 \text{ kg (75000 g)}$

$M_{\text{H}_2\text{O}} = 3,0 \text{ kg (3000 g)}$

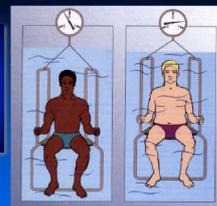
Temperatura da  $\text{H}_2\text{O} = 35^\circ\text{C}$

Densidade  $\text{H}_2\text{O} = 0,9941 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

Volume Residual (VR) = 1,43 l (1430 ml)

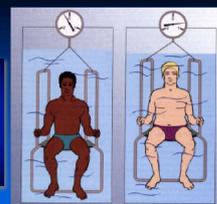
Volume de Ar no Trato Gastrointestinal (VGI) = 0,1 l (100 ml)

## Pesagem Hidrostática



$$DC(g.cm^{-3}) = \frac{75000}{\left[ \frac{75000 - 3000}{0,9941} \right] - 1430 - 100}$$

## Pesagem Hidrostática



$$DC(g.cm^{-3}) = 1,05593$$

$$G \% = \frac{497}{1,05593} - 451,9 = 18,8$$

Obs.: Não há necessidade de precisão maior do que 1 casa decimal para G%

## Determinação da Gordura Percentual a partir da Densidade Corporal

DC = densidade corporal

$$G \% = \frac{497,1}{DC} - 451,9$$

Fonte: Brozek J, Grande E, Anderson JT, Keys A. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. Ann New York Acad Sci, 110: 113-140, 1963.

$$G \% = \frac{495}{DC} - 450$$

Fonte: Siri WE. Body composition from fluid spaces and density; analysis of methods, In: J, Brozek & A, Henschel (eds.), Techniques for measuring body composition, p, 223-244, Washington DC: National Academy of Sciences – National Research Council.

## Pesagem Hidrostática

- Método indireto
- Pressupostos conceituais não se sustentam
  - Hidratação da massa livre de gordura constante
  - Densidade óssea constante
- Volume residual difícil de medir
- Ar no trato gastrointestinal não é medido
- Técnica da pesagem (curva de aprendizagem)

## (In)Constância da MLG

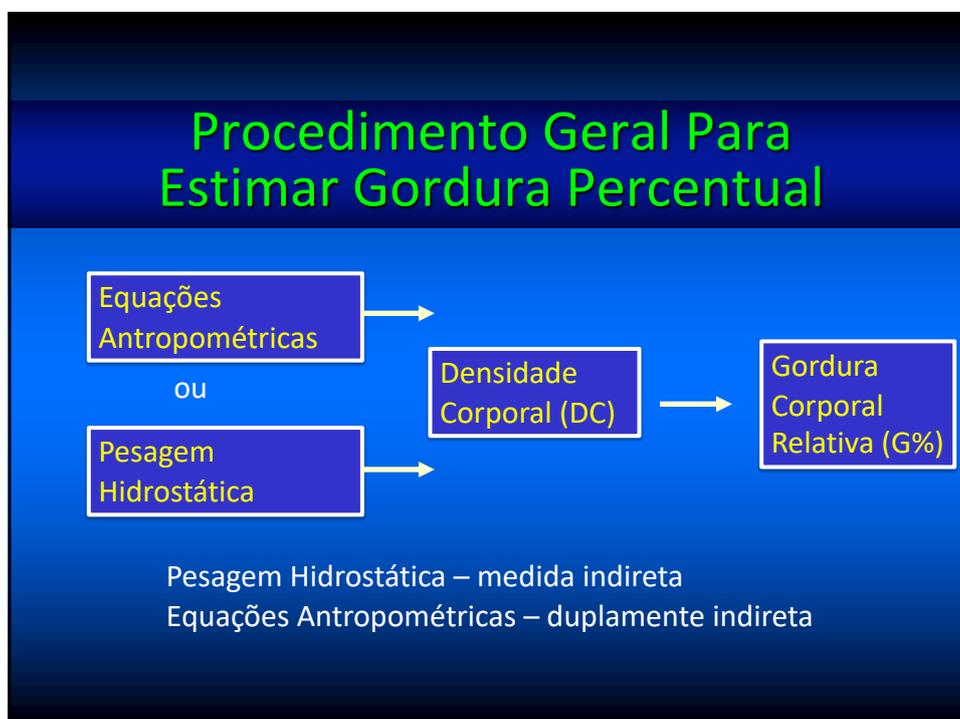
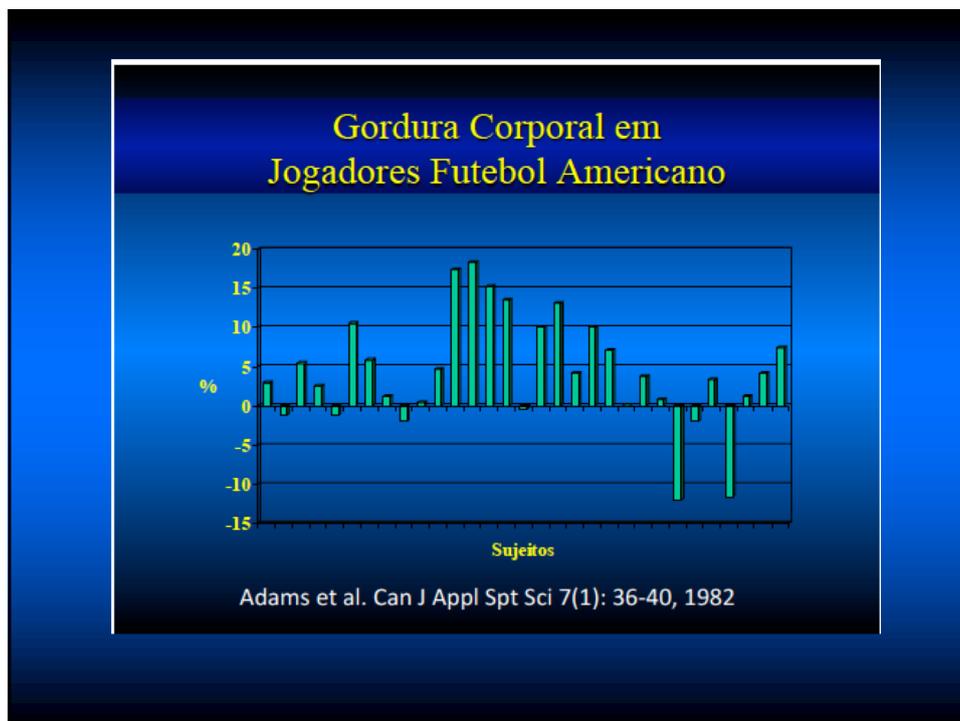
- Mulheres
- Negros
- Crianças
- Adolescentes
- Idosos

Hidratação do Tecido Magro  
Amplitude da Densidade Óssea

Bunt et al., 1989 e 1990; Cote & Adams 1993;  
Janz et al., 1993; Lohman 1981; Berl & Better 1979

## Estimativa da Dens. da MLG Derivada de Modelos M-C

Grupo	Idade (anos)	FFM <sub>D</sub> (g,cc-1)	Autor
<u>Sexo Masculino</u>			
<i>Branco</i>	13-16	1,094	Lohman (1986)
	19-24	1,103	Friedl et al.(1992)
	42-94	1,094	Heymsfield et al. (1989)
<i>Negro</i>	18-32	1,113	Schutte et al. (1984)
<u>Sexo Feminino</u>			
<i>Branca</i>	13-16	1,093	Lohman (1986)
	20-59	1,100	Fuller et al. (1992)
	24-85	1,097	Heymsfield et al. (1989)
<i>Negra</i>	24-79	1,106	Ortiz (1992)



## Equações Preditivas

- Método duplamente indireto
- Herda os erros da pesagem hidrostática
- Próprios pressupostos inadequados
  - Algumas poucas dobras cutâneas quase nunca representam toda a gordura subcutânea
  - Gordura subcutânea não representa a gordura interna
  - Compressibilidade das dobras diferem entre si para a mesma pessoa e a mesma dobra cutânea difere em pessoas diferentes

## O Método Antropométrico (Dobras Cutâneas)

- Alguns pressupostos (**Problemas**):
  - As Dobras Cutâneas representam bem a gordura subcutânea;
  - A distribuição entre gordura subcutânea e interna é similar para todos os indivíduos de mesmo sexo;
  - Há uma boa relação entre gordura subcutânea e total, assim o somatório das DC de determinados sítios anatômicos podem expressar bem a G%

## Antropometria (duplamente indireto)

- Padrão ouro: hidrodensitometria
- Equações para DC



## Validação??



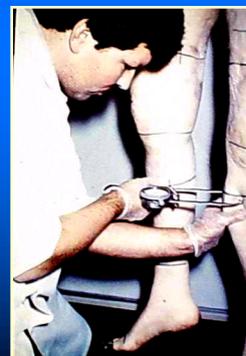
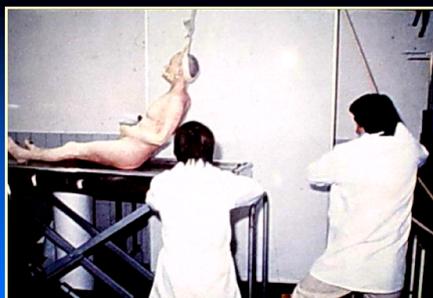
# The Brussel's Cadaveric Study

Clarys, Drinkwater, Martin, Ross et al.,  
Diversas Publicações nos Anos 80

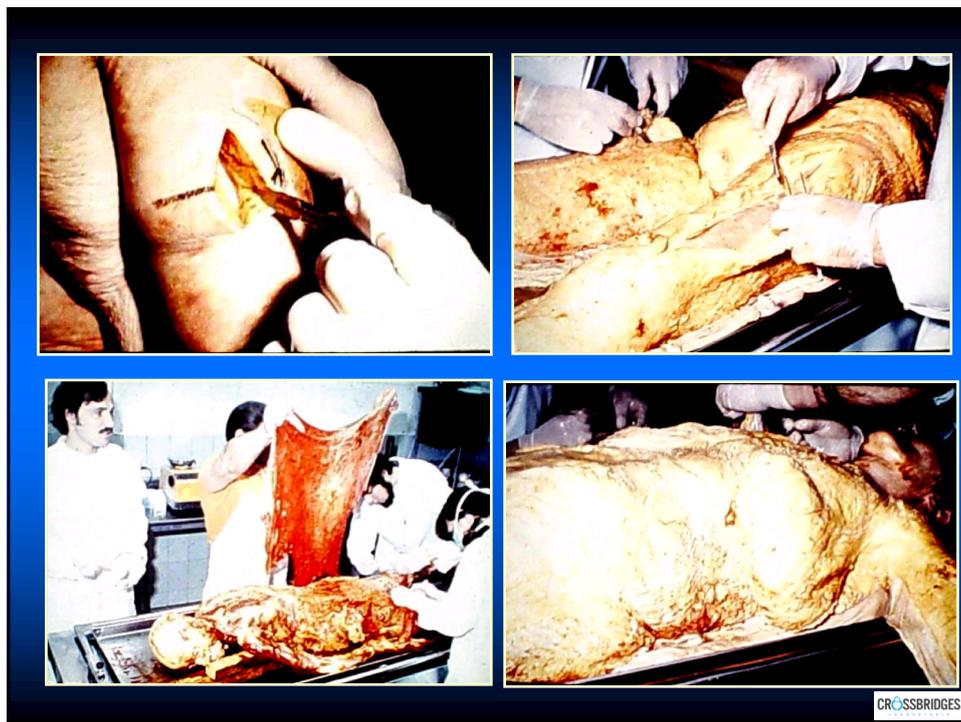
Slides cedidos gentilmente por Prof. Alan D. Martin, Ph.D.  
University of British Columbia, Canadá.



CROSSBRIDGES



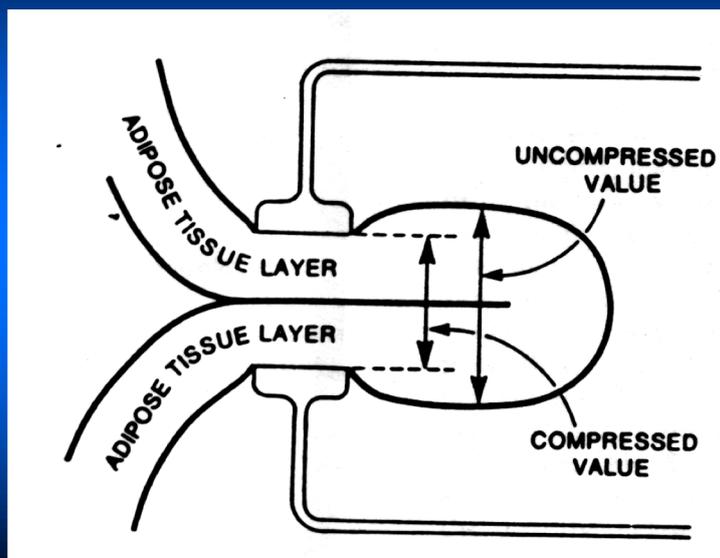
CROSSBRIDGES





CROSSBRIDGES

## Medida de Dobra Cutânea



CROSSBRIDGES

## Compressibilidade da Dobra Cutânea

Martin, Ross, Drinkater e Clarys (1985)

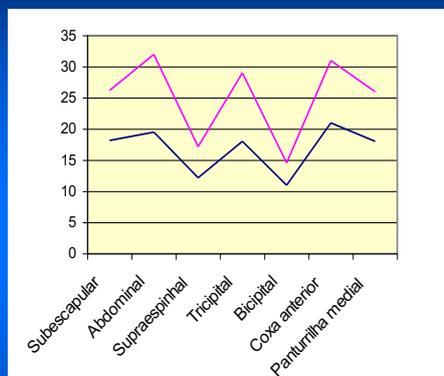


Fig 1: Gordura subcutânea de 2 sujeitos medida através de compasso

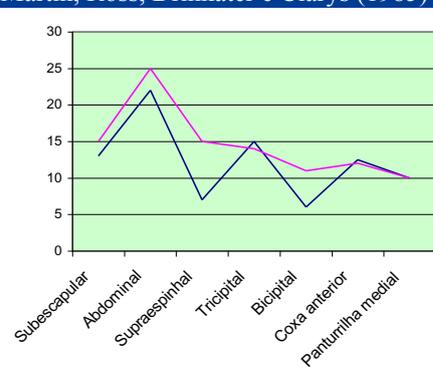


Fig 2: Gordura subcutânea dos mesmos sujeitos medida através de incisão

Compressibilidade = 36,2%; 68,3% / G% = 27,1 e 27,8%

CROSSBRIDGES

## Características do Avaliador

1. Treinado e com experiência em medidas
  - ETM conhecido para as medidas a serem usadas
  - ETM dentro dos valores sugeridos pela ISAK
2. Familiarizado com os pressupostos conceituais dos métodos
3. Esteja sempre praticando para não perder a habilidade
4. Sempre o mesmo avaliador

## Dobras Cutâneas

- A espessura da dupla camada de pele mais tecido adiposo subcutâneo (sem músculo) é destacada c/ os dedos polegar e indicador
- As garras do plicômetro devem ser aplicadas a 1 cm de distância dos dedos indicador e polegar (lateralmete)
- O plicômetro deve ser aplicado num ângulo reto em relação à dobra cutânea

## Dobras Cutâneas

- A leitura é realizada aproximadamente **2 segundos** após a aplicação do plicômetro sobre a dobra, quando a velocidade da agulha diminui
- A leitura deve ser feita após permitir uma pressão total da mola do instrumento, através da liberação total do gatilho do plicômetro

## Dobras Cutâneas

- Compressibilidade constante das DC
- Espessura da pele é desprezada ou uma fração constante da DC
- Padrão de tecido adiposo fixo
- Fracionamento constante da gordura (do tecido adiposo)
- Proporção fixa da gordura interna para a externa

## Dobras Cutâneas

- Utilizar fita métrica e lápis dermatográfico p/ marcação do ponto
- Utilizar preferencialmente o lado direito do corpo, salvo quando fizer comparações entre os lados
- As medidas devem ser realizadas em uma sequência pré-estabelecida, com o procedimento repetido **3 vezes**

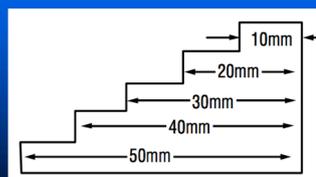
## Antropometria - Equipamentos

- Compasso de dobras cutâneas
- Diferentes Modelos – Diferentes características



## Lange

- Pressão constante de 10 g/mm<sup>2</sup>
- Amplitude máxima 60 mm
- Precisão de 1 mm



## Harpندن

- Pressão constante de  $10 \text{ g} \cdot \text{mm}^{-2}$
- Amplitude máxima 80 mm
- Escala de 0-20 mm
- Precisão de 0,2 mm



## Cescorf

- Pressão constante de  $10 \text{ g}/\text{mm}^2$
- Amplitude máxima 85 mm
- Escala de 0-10 mm
- Precisão de 0,1 mm



## Slinguide

- Pressão constante de 10 g/mm<sup>2</sup>
- Amplitude máxima 85 mm
- Escala de 0-85 mm
- Precisão de 0,5 mm



## Precisão entre Medições

- **Precisão**
  - variabilidade observada em medidas repetidas em um mesmo sujeito
- **Erro Técnico da Medida (ETM)**
  - desvio padrão de medidas repetidas obtidas independentemente em um mesmo sujeito

## Precisão entre Medições

### ERRO TÉCNICO DA MEDIDA (ETM)

- **Intra-testador**
  - medidas feitas em 2 ou mais ocasiões por um mesmo testador e nos mesmos sujeitos
- **Inter-testador**
  - medidas feitas por testadores diferentes e em ocasiões diferentes nos mesmos sujeitos
  - usado para verificar a objetividade – comparação com um “expert”



Visite regularmente o site da disciplina

<https://gomespscg.wixsite.com/kinantropo>

Paulo Sergio Chagas Gomes, Ph.D.  
IEFD/UERJ

## ERRO TÉCNICO DA MEDIDA (ETM)

- **ETM absoluto**

- expresso na mesma unidade da medida

$$ETM = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2N}}$$

- onde  $d$  = diferença entre medições

- **ETM relativo**

- expresso em termos percentuais

$$ETM\% = \frac{ETM}{m\acute{e}dia} \times 100$$

- onde  $m\acute{e}dia$  = média de todos os valores
- facilita comparação entre variáveis e populações diferentes

## ERRO TÉCNICO DA MEDIDA (ETM)

- Medidas repetidas de dobra cutânea de tríceps (mm)

Sujeito	T1	T2	$d$	$d^2$
1	9,9	9,3	0,6	0,4
2	8,6	8,7	-0,1	0,0
3	11,6	10,6	1,0	1,0
4	10,3	10,5	-0,2	0,0
5	11,7	11,4	0,3	0,1
6	9,9	9,6	0,3	0,1
7	10,8	11,0	-0,2	0,0
8	9,4	9,1	0,3	0,1
9	7,6	7,4	0,2	0,0
10	8,8	8,2	0,6	0,4

Valores arredondados para uma casa decimal

$$ETM = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2N}}$$

$$ETM = \sqrt{\frac{2,12}{20}} = 0,33mm$$

$$ETM\% = \frac{ETM}{m\acute{e}dia} \times 100$$

$$ETM\% = \frac{0,33}{9,72} \times 100 = 3,4\%$$

Média total = 9,72

Soma  $d^2$  = 2,12

## ISAK – Erro Técnico da Medida

Certificação ISAK – Critérios para ETM

		Nível 1		Níveis 2 e 3	
		exame	20 perfis	exame	20 perfis
Intra-avaliador	<u>dobras</u>	10,0%	7,5%	7,5%	5,0%
	<u>cutâneas</u>				
	outras medidas	2,0%	1,5%	1,5%	1,0%
Inter-avaliador	<u>dobras</u>	12,5%	-	10,0%	-
	<u>cutâneas</u>				
	outras medidas	2,5%	-	2,0%	-

Recomendado pela:



## Critérios da Avaliação

- ◆ Erro intra-avaliador
  - ◆ 7,5% para dobras cutâneas
  - ◆ 1,5% para perímetros
- ◆ Interavaliadores
  - ◆ 10% para dobras cutâneas
  - ◆ 2% para perímetros
- ◆ O critério de corte acima de 60 % de acerto

## Experiência da Certificação % Acima do Esperado

Homens			Mulheres		
Peitoral	Abdômen	Coxa	Triceps	Suprailíaca	Coxa
64%	48%	48%	48%	92%	48%

## Como Escolher a Equação

- Decida sobre o modelo
  - Quadrático ou Linear
- Equações específicas
  - Atletas
  - Crianças
  - Idosos
  - Étnicas (afrodescendentes, asiáticos, latinos etc.)
  - Homens, Mulheres, Adultos, Jovens
  - Necessidades especiais
- Equações oriundas de populações específicas

## Como Escolher a Equação

- Coeficiente de Determinação ( $r^2$ )
  - Quanto maior, melhor
- Erro Padrão da Estimativa (EPM – na unidade da medida)
  - Quanto menor, melhor
- Identificar a técnica usada para desenvolvimento da equação
- Lembre-se de não comparar resultados de diferentes equações

### Modelo Quadrático (EPM)

3,3 a 4,0 %

### Modelo Linear(EPM)

5 + %

3,3 a 4%

5 + %

Modelos semelhantes para a média da população

No linear a variabilidade aumenta quando se afasta da média

Jackson & Pollock Can J Appl Spt Sci 7:189-196, 1982

### Equação Preditiva para Mulheres Adultas

- $Dc = 1,0994921 - 0,0009929 (X_a) + 0,0000023 (X_a)^2 - 0,0001392 (X_b)$

a = somatório das dobras cutâneas de tríceps, supra espinhal e coxa anterior

b = idade em anos

$r = 0,84$        $SEE = 0,009 (D) \ 3,9 (G\%)$

Pollock et al. (Compr. Ther. 6:12-17, 1980)

### Equação Preditiva para Homens Adultos

- $Dc = 1,1125025 - 0,00131125 (X_a) + 0,0000055 (X_a)^2 - 0,0002440 (X_b)$

a = somatório das dobras cutâneas de tórax, tríceps e subescápula

b = idade em anos

$r = 0,89$        $SEE = 0,008 (D) \ 3,6 (G\%)$

Pollock et al. (Compr. Ther. 6:12-17, 1980)

### Equação Preditiva Atletas – Mulheres (18-29 anos)

- $Dc = 1,096095 - 0,0006952 (\sum 4 Dob) + 0,0000011 (\sum 4 Dob)^2 - 0,0000714 (\text{idade})$

Dob = tríceps + suprailíaca anterior + abdome +  
coxa

Idade em anos

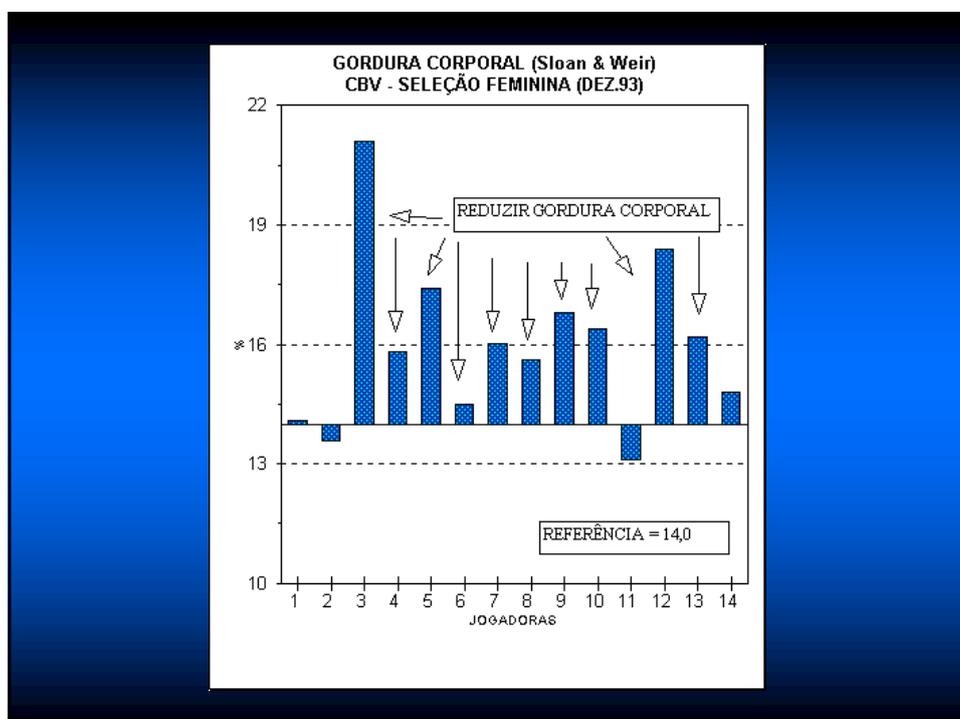
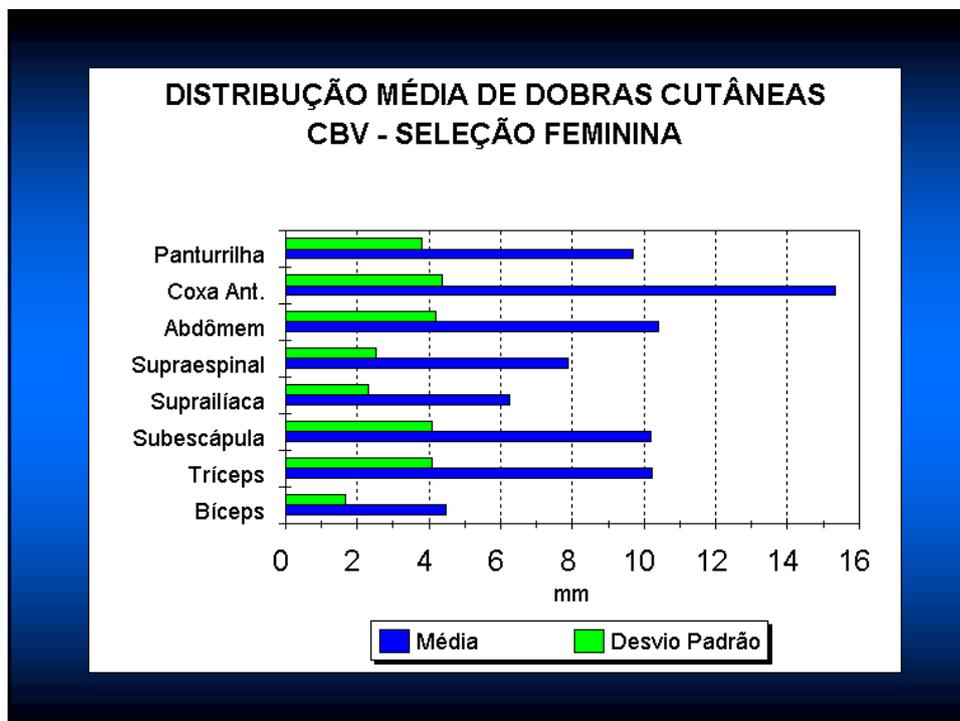
Jackson et al. 1980

### Equação Preditiva Atletas – Homens (18-29 anos)

- $Dc = 1,112 - 0,00043499 (\sum 7 Dob) + 0,00000055 (\sum 7 Dob)^2 - 0,00028826 (\text{idade})$

Dob = tórax + axilar média + tríceps +  
subescapular + abdome + suprailíaca + coxa

Jackson & Pollock 1978



## Classificação do percentual de gordura por sexo e faixa etária

Percentil	Faixa Etária					
	20 a 24		25 a 29		30 a 34	
	M	H	M	H	M	H
5	31.3	22.1	32.7	26.4	34.7	27.7
10	29.2	20.5	30.7	24.2	31.5	23.8
15	27.9	19.2	29.5	21.7	29.9	22.7
20	26.8	18.2	28.2	20.5	28.4	21.5
25	26.1	17.2	27.0	19.7	27.5	20.3
30	25.3	16.0	26.2	18.4	26.6	18.8
35	24.7	15.5	25.5	17.4	25.9	18.0
40	23.9	15.1	24.8	16.6	25.2	17.5
45	23.3	14.0	24.3	15.8	24.6	16.6
50	22.4	13.1	23.4	15.1	24.2	16.1
55	21.8	11.8	22.4	14.2	23.6	15.4
60	21.2	11.1	21.8	13.4	22.9	14.6
65	20.5	10.3	21.2	12.7	21.9	14.1
70	19.9	9.5	20.6	11.9	21.3	13.1
75	19.3	8.7	20.0	11.0	20.6	12.3
80	18.4	7.8	19.3	10.2	19.9	11.6
85	17.5	6.9	18.4	9.0	19.0	10.5
90	16.6	6.3	17.4	8.0	17.9	9.5

Maciel, Santos e Gomes, 1994  
Anais do Simpósio Internacional de Ciências do Esporte/CELAFISCS.

67



Visite regularmente o site da disciplina  
<https://gomespscgl.wixsite.com/kinantropo>

Paulo Sergio Chagas Gomes, Ph.D.  
IEFD/UERJ