

**FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO  
DA UNIVERSIDADE DO PORTO**

**MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO  
CORPORAL**

**Maria José Castro Inácio Couto Leite  
2004**

## Dedicatória

*À Dr<sup>a</sup> Alexandra Bento Pinto:*



Preciosa, compreensiva,  
consciente,  
sua lealdade para com os outros  
é espantosa,  
sua paciência  
imensa,  
e seu coração  
ainda mais vasto  
que os céus,  
sua sabedoria  
sempre certa,  
tão meiga, tão próxima,  
quantas vezes o sustentáculo  
de **TUDO...**

## Índice

	Página
1- Lista de abreviaturas.....	1-3
2- Resumo.....	3
3- Introdução.....	4-5
4- Desenvolvimento.....	5
4.1- Modelos de Compartimentos Corporais.....	5-9
4.2- Antropometria.....	9-11
4.3- Métodos de Avaliação da Composição Corporal.....	11
4.3.1- Métodos Antropométricos.....	11-12
4.3.1.1- Peso.....	12-14
4.3.1.2- Índices Antropométricos.....	14-16
4.3.1.3- Pregas Cutâneas.....	16-18
4.3.1.4- Perímetros da Anca e da Cintura.....	18-19
4.3.1.5- Circunferência Muscular do Braço e Área Muscular do Braço.....	19-21
4.3.2- Métodos de Determinação da Densidade Corporal e Volume.....	21
4.3.2.1- Pesagem Submersa (Hidrodensitometria).....	21-25
4.3.2.2- Plestimografia por Deslocamento de Ar.....	25-26
4.3.2.3- Reconstrução de uma imagem a três dimensões dos contornos da superfície corporal usando um analisador de fótons.....	26
4.3.3- Métodos de Diluição.....	27
4.3.3.1- Diluição de Isótopos.....	27-28
4.3.4- Métodos de Condutividade.....	28
4.3.4.1- Impedância Bioelétrica.....	28-37

4.3.5- Métodos de Contagem Corporal Total.....	37
4.3.5.1- Potássio Corporal Total.....	37
4.3.5.2- Análise por Activação Neutrónica.....	37,38
4.3.6- Absorciometria de Raio-X .....	38
4.3.6.1- Absorciometria de Raio-X de Dupla Energia.....	38-39
4.3.6.2- Absorciometria de Raio-X de Tripla Energia.....	39
4.3.7- Métodos de Imagem.....	40
4.3.7.1- Ressonância Magnética.....	40-41
4.3.7.2- Tomografia Computorizada.....	41-42
4.3.7.3- Ultra-som.....	42
5- Análise Crítica.....	42-44
6- Conclusão.....	44-45
7- Bibliografia.....	46-50

## **Agradecimentos**

À Dr.<sup>a</sup> Alexandra Bento, minha orientadora de estágio, cujo sentido intuitivo da nutrição tornou o seu apoio, conselhos e críticas invulgarmente valiosos. Sem ela tudo seria impossível.

Terá sempre um lugar no meu coração.

À Dr.<sup>a</sup> Ana Paula Pinto minha supervisora agradeço o carinho com que me abraçou sempre.

Recordarei sempre a sua competência e o seu elevado grau de dedicação.

À Dr.<sup>a</sup> Susana Sinde pela colaboração que me prestou com os seus conhecimentos técnico-científicos, mas também com o seu elevado sentido de justiça e rigor que a caracteriza.

À Prof. Dr.<sup>a</sup> Daniel Vaz pelas suas palavras, de mestre, que memorizei e que me serviram de estímulo nos momentos mais difíceis.

À Cátia Alexandra, a gótica da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, agradeço a paciência e a disponibilidade que demonstrou e que muito me ajudaram.

## 1- Lista de abreviaturas

ACT = Área corporal total

AMB = Área muscular do braço

BIA = Bioimpedância

BOD POT = Sistema de composição corporal

CMB = Cintura muscular do braço

Da = Densidade da água na temperatura vigente

DC = Densidade corporal

DEXA = Absorciometria de raio-x de dupla energia

E = Estatura

E/I = Estatura para a idade

IMC = Índice de massa corporal

LEC = Líquidos extracelulares

MC = Massa corporal

MS = Massa do indivíduo completamente submerso

OMS = Organização mundial de saúde

PA = Perímetro da anca

PC = Perímetro da cintura

PCT = Prega cutânea tricipital

P/E = Peso para a estatura

P/I = Peso para a idade

RJL = Analisador de bioimpedância

RT = Resistência dos tecidos por unidade de estatura

SEC = Sólidos extracelulares

V = volume dos tecidos condutores

VGI = volume gastrointestinal

VR = volume residual

XC = Estruturas de células e tecidos que contém as soluções electrolíticas

Z = Impedância

%G = Percentagem de gordura corporal

## 2- Resumo

O objectivo deste trabalho é o estudo da avaliação da composição corporal, através do uso de diferentes métodos. Julgo ser de primordial importância este tema, pois a composição corporal do organismo, reflecte o estado de saúde, sendo um importante aspecto na determinação da condição física, em qualquer programa de emagrecimento ou na prevenção e tratamento de diversas doenças crónicas.

Neste estudo, vários foram os métodos de avaliação da composição corporal referenciados, nomeadamente a antropometria (índice de massa corporal, pregas cutâneas, perímetro da cintura / perímetro da anca, circunferência e área muscular do braço), hidrodensitometria, plestimografia, diluição de isótopos, impedância bioeléctrica, potássio corporal total, análise por activação neutrónica, absorciometria de raio-x de dupla e tripla energia, ressonância magnética, tomografia computadorizada e ultra-som.

Durante a elaboração deste trabalho procurou-se reunir informação mais recente acerca destes variados métodos, o seu fundamento, limitações e vantagens. Procurou-se, de igual modo, reportar as maiores preocupações dos investigadores nesta área e a utilidade de cada um deles.



### 3- Introdução

A avaliação da composição corporal é um importante aspecto na determinação da condição física, em qualquer programa de emagrecimento ou na prevenção e tratamento de diversas doenças crónicas como diabetes, hipertensão arterial, dislipidemias e cardiopatias, nefropatias, ou seja, é extremamente importante pela sua relação com o estado de saúde, dado ser indiscutível que tanto o excesso de gordura corporal, como o défice de massa magra apresentam relação directa com uma série de factores de risco para o aparecimento ou o agravamento de condições desfavoráveis para a saúde. (1,2)

O principal objectivo da avaliação da composição corporal é determinar as quantidades de massa magra e massa gorda do organismo. Isto torna-se importante no caso de dois indivíduos com o mesmo peso e estatura, porém com composições corporais diferentes. Por outras palavras, um indivíduo pode ser sedentário e apresentar uma elevada percentagem de gordura corporal, enquanto que outro indivíduo fisicamente activo pode apresentar menor percentagem de gordura e maior desenvolvimento muscular. Portanto, conclui-se que o peso corporal como parâmetro isolado de avaliação da composição corporal não é indicativo do estado nutricional dos indivíduos. Como tal, a avaliação da composição corporal, tem como objectivo primordial implementar medidas profiláticas em indivíduos com proporções e distribuição dos componentes corporais anormais e de risco (como no caso do aumento da gordura visceral, alterações na hidratação, na massa muscular, nas proteínas e nos minerais ósseos). (1,2,3)

As quantidades dos diferentes componentes corporais sofrem alterações durante toda a vida dos indivíduos, o que torna a composição corporal uma

característica extremamente dinâmica, que sofre influência de aspectos fisiológicos, como crescimento e desenvolvimento, e aspectos ambientais, como o estado nutricional e o nível de actividade física. (4)

#### **4- Desenvolvimento**

Recomendada pelos Organismos Internacionais e Nacionais, solicitada pelas organizações que coordenam a investigação médica e nutricional ao nível mundial, o estado nutricional é o primeiro passo a dar, para o reconhecimento e diagnóstico da situação nutricional de qualquer país (5).

##### **4.1- Modelos de compartimentos corporais**

Para tentar avaliar a composição corporal tem-se como base a divisão do corpo em diferentes compartimentos, podendo esta separação ser feita em dois, três, quatro ou mais compartimentos, No caso de mais de quatro denomina-se multicompartimental. (2,6,7,8)

O primeiro modelo a ser usado foi o modelo de dois compartimentos distintos que, parte do pressuposto que o corpo é constituído por dois compartimentos distintos: massa gorda e massa magra. Este modelo básico de dois compartimentos é, ainda hoje, usado em grande escala, na medida em que, os componentes corporais que sofrem maior influência de actividade física e de dieta são a massa muscular e a gordura. Baseados neste modelo aparecem, inicialmente, os métodos de contagem corporal de potássio, de diluição com água radioactiva e da densidade corporal (hidrodensiometria). (6,7,8,9)

Com as limitações inerentes a este modelo torna-se lógico expandir para um modelo de três compartimentos. Esta abordagem requereu que ao método de

hidrodensitometria fosse adicionada a medição de água corporal total (por diluição de isótopos). Tendo assim como compartimentos medidos a massa gorda e a massa livre de gordura, subdividida em compartimento aquoso e restantes sólidos (principalmente proteínas e minerais). (2,6,7)

Com o objectivo de obter uma maior precisão surge o modelo de quatro compartimentos, elaborado por *Matiegka*, que fracciona o peso corporal nos seguintes componentes: peso de gordura, peso muscular, peso ósseo e peso residual, que compreende órgãos, pele, sangue, tecido epitelial, sistema nervoso, etc. Este antropólogo checoslovaco baseou o seu estudo na dissecação de cadáveres que é a única metodologia considerada directa. Neste método, ocorre a separação dos diversos componentes estruturais do corpo humano, a fim de verificar a sua massa isoladamente e estabelecer relações entre eles e a massa corporal total. Assim sendo, *Matiegka* desenvolveu uma série de equações para estimar a massa de tecido adiposo subcutâneo (incluindo a pele), dos músculos esqueléticos, dos ossos e do tecido residual (órgãos e vísceras). No seu estudo, reconheceu a necessidade de novas pesquisas com cadáveres para validar os coeficientes derivados, pois muitas vezes os valores obtidos pela sua técnica apresentavam grande discrepância em relação aos valores reais de composição corporal. (2,4,6,7)

No referido modelo de quatro compartimentos, vários são os métodos para a medição exacta dos componentes propostos pelo mesmo, destacando-se: o método de hidrodensitometria conjugada com a activação neutrónica (para a medição exacta da proteína); a absorciometria de Raio-X de dupla energia (para a determinação exacta do conteúdo mineral); o método de medição de potássio corporal total (para obter a massa celular corporal), conjugado com a diluição de

isótopos (para obter o compartimento da água extracelular e mineral). Por conseguinte, a massa livre de gordura é a soma de todos estes compartimentos e a massa gorda é a diferença entre o peso total e a massa livre de gordura. (2,6,7,8)

Contudo, este modelo de quatro compartimentos não teve grande repercussão entre os estudiosos da composição corporal pois, é muito dispendioso, devido ao uso de variados métodos, e ao somar os valores obtidos para cada um dos componentes encontrava-se, muitas vezes, um valor bastante discrepante em relação ao peso corporal total do indivíduo, o que está relacionado com a acumulação de erros inerentes a cada método, aumentando, assim, a imprecisão. (10)

O modelo multicompartimental usa vários métodos para medir o mesmo compartimento usando-os como confirmação uns dos outros. A informação de todos os modelos anteriores (usando vários métodos) foi compilada e assim descrito o modelo de cinco compartimentos. Os cinco níveis, propostos por *Wang et al* (1992) são (fig.1): (6,7,8,11)

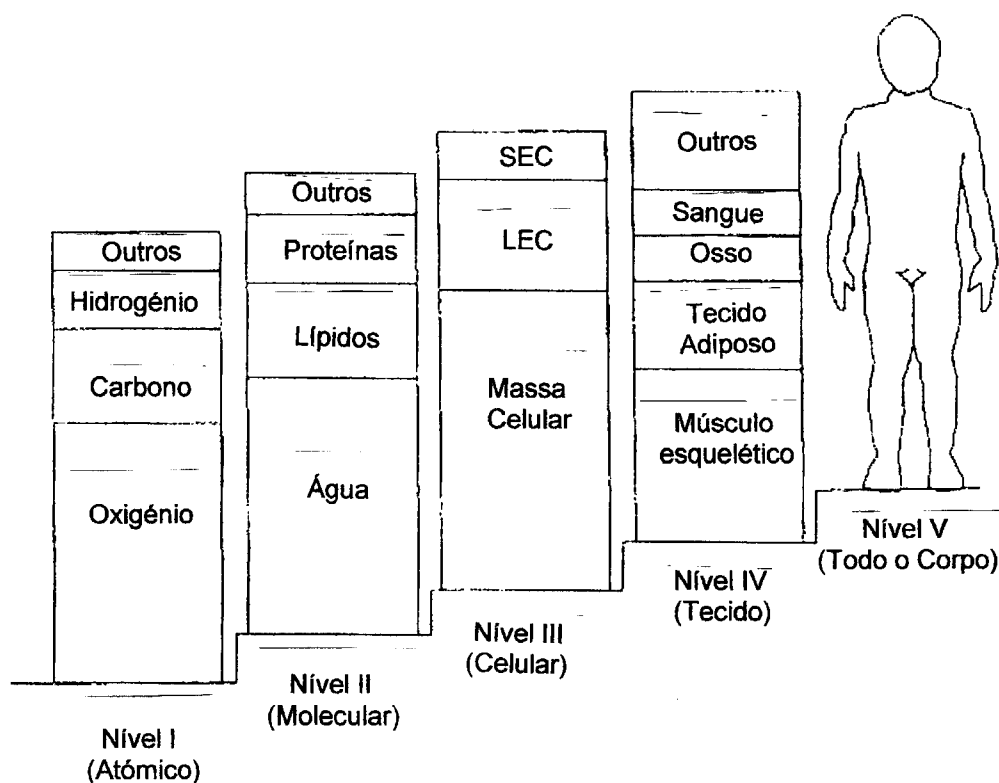
✓ **Nível I (atômico)**- compreende cerca de 50 elementos, sendo que mais de 98% da massa corporal total é determinada pela combinação de oxigénio, carbono, hidrogénio, nitrogénio, cálcio e fósforo. Os 44 elementos restantes representam menos de 2% da massa corporal total. (4)

✓ **Nível II (molecular)**- divide os compostos químicos corporais, que compreendem mais de 100 moléculas diferentes, em cinco grupos: lípidos, água, proteínas, hidratos de carbono e minerais. (4)

✓ **Nível III (celular)**- divide o corpo em três componentes: massa celular total, fluidos extracelulares (incluindo plasma intra e extracelular) e sólidos extracelulares. (4)

✓ **Nível IV (tecidos, órgãos e sistemas- funcional)**- são as quatro categorias de tecidos apresentadas neste nível: tecido conjuntivo (formas de tecido conjuntivo como o tecido adiposo e tecido ósseo), tecido epitelial, tecido muscular e tecido nervoso. (4)

✓ **Nível V (corpo total)**- neste nível o corpo é analisado segundo as suas características morfológicas, com medidas relacionadas com o tamanho, forma e proporções do corpo humano. (4)



**Fig. 1-** Modelo de cinco níveis da composição corporal. (12)

Em que:

SEC = sólidos extracelulares

LEC = líquidos extracelulares

Os cinco níveis de organização do corpo fornecem uma estrutura conceitual, dentro da qual as diversas pesquisas de composição corporal podem ser realizadas. (4)

Observando a complexidade exigida em cada nível, é possível perceber que a avaliação do corpo como um todo é aquela que está mais próxima da realidade dos profissionais que actuam na área clínica ou em trabalho de campo. (4)

#### **4.2- Antropometria**

A palavra antropometria deriva do grego *anthropos* (antropo ou antropia) que significa *homem* e *metron* (metria ou metro) que equivale a *medida*. A antropometria pode, então, ser definida como "A parte da antropologia que estuda as proporções e medidas do corpo humano". (13)

Desde os tempos remotos, o homem teve a necessidade de estudar e classificar o corpo humano nos seus mais distintos aspectos morfológicos. Isso deve-se tanto a razões materiais/concretas como a considerações estéticas mais abstractas. Além disso, o homem sempre se preocupou com a forma, proporção e composição do seu corpo, principalmente porque desde muito cedo se relacionou a capacidade de realizar trabalhos ou exercícios físicos com a quantidade ou proporção que existia entre os diferentes tecidos do seu corpo. (13)

Contrariamente ao que muitos pensam, a antropometria não teve a sua origem na medicina ou na biologia, mas sim nas artes plásticas, já que historicamente os escultores e pintores sempre procuraram as proporções ideais entre as diferentes partes do corpo, com o objectivo de retratar da melhor e mais bela maneira possível o corpo humano. (13)

A *Hipócrates* deve-se a primeira classificação biotipológica conhecida com uma base morfológica que identifica correlações patológicas. Além deste filósofo, houve outros pesquisadores que propuseram diferentes classificações biotipológicas, dando origem a diferentes escolas, tais como: francesa, italiana, alemã, inglesa e norte-americana. (13)

O termo antropometria parece ter sido usado pela primeira vez no seu sentido contemporâneo, em 1659, na tese de graduação do alemão *Elshöltz*, com o título: "*Antropometria da mútua proporção dos membros do corpo humano: questões actuais de harmonia*". Mas é o belga Adolphe Quetelet o primeiro pesquisador a realizar um estudo transversal de massa corporal e estatura em crianças entre 1831 e 1832, que é considerado o pai da antropometria. É interessante notar que além de pesquisador, Quetelet era um artista e as suas preocupações com as medições corporais tinham mais a ver com a procura da beleza. (13)

Entre os anos de 1885 e 1900 houve o florescimento da mensuração antropométrica dentro da educação física. Entre os cientistas que iniciaram este estudo, destacam-se o *Dr. Hitchcock* (Amherst) e o *Dr. Sargent* (Harvard) que realizaram várias destas medidas: idade, peso, estatura, circunferência torácica e de membros. (13)

A Antropometria Nutricional foi definida por *Jellitte* em 1966 como "medição da variação das dimensões e composição corporal do organismo humano em diferentes faixas etárias e Graus de Nutrição". Esta técnica, com uma implementação já antiga, tanto na área clínica como na área dos estudos

epidemiológicos, usa procedimentos simples para quantificar diferenças na força Humana. (9)

A antropometria tem como objectivos principais:

- ✓ Descrever o protocolo geral para a obtenção de medidas antropométricas compatíveis com os standards actuais e com as recomendações do Comité de Standardização Antropométrica. Como tal, esta informação pode ser utilizada por diferentes disciplinas; (14,15,16)

- ✓ Apresentar informação descritiva (médias, desvios standard e percentis) por idade, sexo, e tamanho de grelha de dimensões antropométricas do tamanho corporal e composição utilizada na avaliação do crescimento e estado nutricional de crianças e adultos; (14,15,16)

- ✓ Ilustrar o uso de critérios estatísticos para a classificação das dimensões antropométricas de crianças e adultos em 5 categorias de crescimento e estado nutricional; (14,15,16)

- ✓ Ilustrar com exemplos práticos o uso das dimensões antropométricas no diagnóstico do estado nutricional de populações clínicas e não clínicas. (14,15,16)

#### **4.3- Métodos de avaliação da composição corporal**

##### **4.3.1- Métodos antropométricos**

A antropometria utiliza métodos de relativa simplicidade e de baixos custos que, são aplicáveis para grandes amostras e podem proporcionar estimativas nacionais e dados para análise de mudanças seculares. Utiliza medidas relativamente simples como estatura, perímetros, diâmetros ósseos e espessura de pregas cutâneas, sendo que a maioria dos métodos antropométricos usados



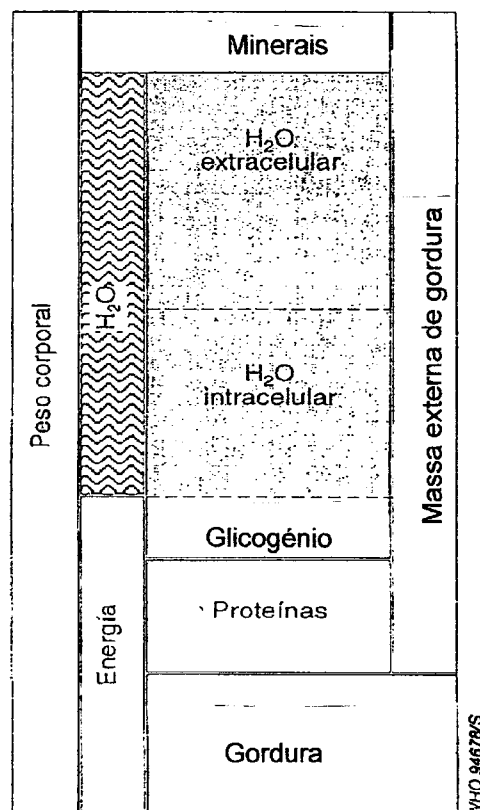
para determinar a composição são baseados num modelo que divide o corpo em dois compartimentos, a massa gorda e a massa livre de gordura. (4,17)

As medidas antropométricas podem ser de dois tipos: avaliação de crescimento e avaliação da composição corporal. (9)

O método de avaliação mais comum é o uso de tabelas que correlacionam peso e altura, sendo que a mais frequentemente usada é a de Metropolitan Life Insurance Company. Essas tabelas foram elaboradas através de levantamentos de dados antropométricos de determinadas populações, tendo valor, porém, como dados relativos às mesmas. As médias calculadas a partir desses levantamentos aplicam-se a uma boa parte da mesma população, entretanto, podem não oferecer uma boa orientação na avaliação de um indivíduo em particular. (9)

#### **4.3.1.1- Peso**

O peso é o dado antropométrico mais comum e equivale ao tecido adiposo, músculos esqueléticos, ossos, sangue e elementos residuais (órgãos, vísceras, etc.) (fig.2). O tecido adiposo inclui as células adiposas, os vasos sanguíneos e elementos estruturais, sendo o local principal para o armazenamento dos lípidos. Está situado nos compartimentos subcutâneos e internos ou viscerais; a sua distribuição é regulada por controle genético e hormonal. (12)



**Fig.2-**Principais componentes do peso corporal.

Água, proteínas e minerais presentes na massa corporal isenta de gordura. (12)

O peso pode ser medido com precisão suficiente para revelar as variações de vários compartimentos: adiposo, muscular, ósseo, mineral, de órgãos e fluidos intra e extracelulares. A interpretação do peso deve ser combinada com a inspecção clínica e, sempre que possível, com considerações de outras medições apropriadas, especialmente altura (comprimento) em todas as faixas etárias e idealmente, com a largura (envergadura), em adultos. (9,14,15)

Os indivíduos devem ser avaliados sempre nas mesmas condições, à mesma hora do dia, com a mesma roupa, o mesmo estado de hidratação e após dejectação e/ou micção. (14,15,16)

O peso actual comparado com o peso habitual permite avaliar a percentagem da perda de peso e, com isso, ter uma ideia mais rigorosa do estado nutricional do indivíduo. (9)

$$\text{Percentagem da Variação Corporal} = \frac{\text{Peso habitual} - \text{Peso actual}}{\text{Peso habitual}} \times 100$$

#### 4.3.1.2- Índices antropométricos

Muitos índices diferentes, como a relação cintura-anca, foram desenvolvidos mas, o mais difundido é o índice de massa corporal (IMC). O IMC, índice de Quetelet, é um instrumento bastante útil do ponto de vista clínico para o diagnóstico de obesidade, uma vez que tem uma boa correlação com a massa gorda. Além disso, este índice apresenta resultados satisfatórios para avaliações populacionais, no entanto, para a avaliação clínica individual não se revela satisfatório, já que não leva em consideração as quantidades proporcionais dos diferentes componentes corporais. (9)

Segundo Ross (1997), o IMC é a razão mais famosa em biologia humana, sendo expresso como massa em quilograma (kg) dividida pela estrutura em metros quadrados (m<sup>2</sup>):

$$IMC = \frac{\text{peso (kg)}}{[\text{altura (m)}]^2}$$

Segundo a Organização Mundial de Saúde, OMS, um IMC entre 18,5 e 24,9 é sinónimo de normalidade; abaixo de 18,4 é considerado magreza, o que acarreta um maior risco para a saúde. Valores de IMC entre 25 e 29,9 revelam um excesso ponderal; valores acima de 30 configuram um diagnóstico de obesidade. O IMC é, então, determinado em situações clínicas para identificar doentes

hospitalizados com subnutrição ou sobrenutrição crónica, e para monitorizar alterações da composição corporal a longo termo durante o suporte nutricional. Também são usados em Saúde Pública para identificar indivíduos vulneráveis a subnutrição ou sobrenutrição e/ou avaliar a efectividade dos programas de intervenção nutricional. (4,9)

Contudo, devido a algumas limitações inerentes a este método, outros índices antropométricos foram desenvolvidos, nomeadamente os índices de avaliação corporal em crianças, tais como a estatura para a idade (E/I) que reflecte o crescimento linear alcançado e as suas deficiências de saúde ou nutrição a longo prazo; o peso para a idade (P/I) que reflecte a massa corporal em relação à idade cronológica, sendo influenciado pela estatura para a idade, não avaliando o crescimento linear e não distinguindo a natureza do défice nutricional, recente ou de longa data e o peso para a estatura (P/E) que reflecte o peso relacionado com a estatura. Tem a vantagem de não requerer o conhecimento da idade, mas este índice não substitui os outros dois, já que cada um deles reflecte uma combinação diferente de processos biológicos. (9,6)

Os índices antropométricos podem ser expressos como:

✓ **Valor-Z:** expressa o valor antropométrico como o número de desvios padrão abaixo (ou acima) da mediana da população referência. (9)

✓ **Percentis:** refere-se à posição do indivíduo numa determinada distribuição de referência. Usualmente, os percentis são muito utilizados na prática clínica porque a sua leitura é directa. (9)

✓ **Percentual da Mediana:** foi um sistema muito utilizado no passado, no entanto, não é actualmente usado com muita frequência, porque apresenta limitações, ou seja, inconsistência no significado de défices percentuais de peso,

falta de correspondência exacta com um ponto físico da distribuição segundo a idade ou estatura. (9)

Dos três sistemas deve optar-se pelo sistema de pontuações Z. (9)

$$\text{Pontuação Z} = \frac{(\text{valor observado}) - (\text{valor da mediana da referência})}{\text{desvio standard da população referência}}$$

#### **4.3.1.3- Pregas Cutâneas**

A segunda técnica antropométrica mais usada para a determinação da massa gorda corporal é baseada na medição de pregas cutâneas que, segundo *Lohman*, é um dos mais práticos métodos para a avaliação da composição corporal de populações adultas, entre os 20 e 50 anos. Este método baseia-se no facto de, aproximadamente, metade do conteúdo da gordura corporal estar localizada no compartimento subcutâneo. (4)

A medição de reservas de gordura pelas pregas cutâneas não requer grande espaço, não implica material muito dispendioso e dá resultados imediatos. São utilizados para o efeito lipocalibradores. Devido à variabilidade das medidas das pregas cutâneas devem ser executadas três medidas não consecutivas. Quando existe uma diferença superior a 5% entre a menor e a maior medida deverá realizar-se uma nova série de medidas. Além disto, deve-se obter a média para que os valores extremos sejam eliminados. No entanto, pequenas alterações na gordura corporal, menos que 0,5 kg, não podem ser medidas com rigor utilizando a antropometria. (2,9)

As pregas cutâneas mais utilizadas são: a prega cutânea tricipital, a bicipital, a subescapular e a suprailíaca (de entre a vasta gama de 93 locais anatómicos existentes para a medida das pregas cutâneas). (2,9)

A medida de espessura das pregas cutâneas podem ser utilizadas em valores absolutos ou por equações de regressão para o cálculo de densidade corporal ou de percentagem de gordura corporal. Existem dezenas de equações, sendo as mais utilizadas as de *Durnin & Womerstey* (1974); *Faulkner* (1968); *Guedes* (1985); *Jackson, Pollock & Ward* (1980) e *Petroski* (1995). Teoricamente, as equações generalizadas podem ser usadas para todos os tipos de indivíduos. As equações específicas só devem ser utilizadas em indivíduos ou grupos com características muito semelhantes aos dados para a elaboração dessas fórmulas, de modo a obter-se conclusões fiáveis (sexo, idade, actividade física, país de origem, etc.). (2,4)

Com o objectivo de minimizar erros de cálculo são encontrados numerosos estudos para testar as equações para grupos específicos ou grupos populacionais em diferentes localidades. (4)

*Guedes, Gagliardi* realizaram alguns estudos entre outros, podendo-se concluir que dentro do mesmo país ou da mesma cidade uma equação pode ser válida para um grupo populacional mas não para outro, mesmo quando a equação é teoricamente correcta para os sujeitos avaliados, daí o rigor absolutamente necessário para a escolha das equações. (4)

Em suma, as pregas cutâneas podem ser utilizadas só em valores absolutos. O seu valor individual permite a verificação da topografia do tecido adiposo subcutâneo, ou seja, permite concluir em que local o indivíduo apresenta

maior acumulação de gordura. As pregas cutâneas utilizadas como somatório permitem a análise da quantidade de gordura como um todo, por ter em conta um maior número de pontos anatómicos. (4)

#### **4.3.1.4- Perímetros da anca (PA) e da cintura (PC)**

Com o reconhecimento da distribuição da gordura como um indicador de risco, as medições de perímetro tornam-se importantes. (18)

A relação entre o perímetro da cintura e o da anca é um método simples e de baixo custo, usado para descrever a distribuição do tecido adiposo subcutâneo e intra-abdominal, ajudando a distinguir, por exemplo, entre uma obesidade andróide e uma obesidade ginóide. Uma desvantagem deste índice é que as medidas de circunferência incluem, para além de massa gorda, outros tecidos como os músculos, ossos e órgãos. Apesar desta desvantagem este método merece destaque pela alta associação existente entre a acumulação de gordura, na região central do corpo, e doenças crónico-degenerativas. (4,9)

O perímetro da anca (PA) mede-se posicionando a fita métrica na máxima circunferência, passando pelo ápice das nádegas, com a fita num plano horizontal, tocando a pele mas não a pressionando demasiado. (9)

O perímetro da cintura (PC) mede-se após localizado o bordo inferior das costelas e feita a palpação da crista ilíaca na linha média axilar. (9)

A relação entre estes dois parâmetros pode dar-nos uma indicação clara quanto ao risco de desenvolvimento de patologias associadas ao padrão de deposição adiposa. (2,9)

Para a interpretação deste índice, *Bray & Gray* apresentam valores referenciais que indicam o risco de acordo com a idade e o sexo assim, para os

homens é considerado um valor de risco uma relação  $PC/PA \geq 1,0$ . Para as mulheres esse valor é  $PC/PA \geq 0,8$ . (2,9)

Alguns autores consideram que o PC poderá ser, isoladamente, melhor indicador de risco do que a relação entre cintura e anca, definido como limiar de risco, valores maiores ou iguais a 88 cm para as mulheres e 102 cm para os homens. (2,9)

Será importante realçar que há aspectos a ter em consideração antes da medição, nomeadamente:

- ✓ Os indivíduos devem ser medidos, preferencialmente, de manhã em jejum e sem roupa, para se assegurar que a fita métrica está bem posicionada. (9)
- ✓ Durante a medição os indivíduos devem permanecer de pé, com o abdómen relaxado, braços ao longo do corpo e com o seu peso equitativamente distribuído pelos dois pés. (9)

#### **4.3.1.5- Circunferência Muscular do Braço (CMB) e Área Muscular do Braço (AMB)**

Para a avaliação da massa não gorda, que é constituída por uma mistura de água, proteínas e minerais e que serve como principal reserva proteica muscular, temos os métodos da Circunferência Muscular do Braço (CMB) e Área Muscular do Braço (AMB). Esta avaliação da massa não gorda é extremamente importante e vantajosa, pois pode dar-nos uma indicação das reservas proteicas do organismo. (2,9,20)

Quanto ao CMB é um índice antropométrico que pode ser utilizado na prática clínica para avaliar má nutrição proteico-calórica e o tamanho da massa muscular, como indicador das reservas proteicas do organismo. (2,8,19)



Estes índices são baseados nos seguintes parâmetros:

- ✓ A secção do braço e a secção muscular são perfeitamente circulares; (9)
- ✓ A prega cutânea tricipital é o dobro do diâmetro médio do anel de gordura que envolve o tecido muscular; (9)
- ✓ O osso atrofia proporcionalmente à perda de massa muscular durante a má nutrição proteico-calórica; (9)
- ✓ A área da secção dos tecidos neurovascular e o ósseo do úmero são relativamente pequenas, constantes entre indivíduos e desprezíveis. (9)

Deste modo, vários são os erros que podem surgir aquando da avaliação da Circunferência Muscular do Braço. (7)

No que diz respeito à AMB, este é um indicador preferível ao CMB, uma vez que, este reflecte de uma forma mais adequada e precisa, a magnitude das variações do tecido muscular. (8,9)

$$AMB = \frac{[CB(mm) - (\pi \times PCT)]^2}{4 \pi}$$

Em 1982, *Heymsfield e col.* Verificou que esta fórmula deveria ser corrigida de forma a ter em linha de conta os erros que resultam da natureza não circular do músculo e da inclusão de tecidos musculares não esqueléticos, como os tecidos neurovascular e ósseo, o que reduz assim em cerca de 7% a margem média do erro. (8,9)

Mesmo esta correcção é uma aproximação e estas fórmulas ainda não foram validadas para serem utilizadas com idosos e não são aplicáveis a obesos. (8,9)

$$AMB \text{ corrigida} = \frac{[CB - (\pi \times PCT)]^2}{4\pi - 6,5 \text{ (mulher)}}$$

$$AMB \text{ corrigida} = \frac{[CB - (\pi \times PCT)]^2}{4\pi - 10,0 \text{ (homem)}}$$

Partindo destas correcções e utilizando a estimativa de massa muscular derivada da excreção urinária de creatinina, *Heymsfield e col.* desenvolveram uma equação para calcular a massa muscular total do organismo e cuja margem de erro é de 5% a 9%. (8,9)

$$\text{Massa Muscular (kg)} = \text{Estatura (cm)} \times [0,0264 + (0,029 \times AMB \text{ corrigida})]$$

É importante referir que estes índices não são sensíveis para avaliar pequenas variações na gordura corporal e na massa magra que podem surgir após privação nutricional de curta duração. (8,9)

#### **4.3.2- Métodos de Determinação da Densidade Corporal e Volume**

Com o crescente interesse por novos métodos de mensuração que permitissem a obtenção de dados mais precisos a respeito da composição corporal, surge a Densitometria (também designada por pesagem hidrostática). (2,7)

##### **4.3.2.1- Pesagem Submersa (Hidrodensitometria)**

É o método de densidade corporal mais difundido e baseia-se no princípio de *Arquimedes*, onde “todo corpo mergulhado num fluido (líquido ou gás) sofre,

por parte do fluido, uma força vertical para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo" (*Carron & Guimarães, 1997*). (19)

Este método foi desenvolvido, principalmente, como um meio de medição do volume corporal, para determinar a gordura corporal, expressa como percentagem de gordura. Baseia-se no pressuposto de que o corpo se divide em dois compartimentos, a massa gorda e a massa livre de gordura e que estas têm densidades constantes e que as quantidades relativas dos três maiores constituintes da massa livre de gordura (água, proteína e minerais) são conhecidas e constantes em todos os indivíduos. (2,20,21)

Deste modo, a pesagem hidrostática define o volume corporal pelo cálculo da diferença entre a massa corporal aferida normalmente e a medição do corpo submerso em água. Por outras palavras, o volume corporal é igual à perda de peso na água com a devida correcção da temperatura para a densidade da água. (2,4)

$$\text{Densidade corporal (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Massa corporal (kg)}}{\text{Volume corporal (l)}}$$

Como a densidade da água sofre alterações em função da temperatura ou de impurezas, e como a densidade corporal é influenciada pelo volume de ar pulmonar e pelo ar que permanece no aparelho gastrointestinal, o cálculo da densidade corporal deve levar em consideração todas essas variáveis; sendo realizado pela fórmula proposta por *Brozek*: (2,4)

$$DC = \frac{MC}{\frac{(MC - MS) - (VR + VGI)}{Da}}$$

em que:

DC = densidade corporal ( $\text{g/cm}^3$ )

MC = massa corporal (g)

MS = massa do indivíduo completamente submerso (g)

Da = densidade da água na temperatura vigente ( $\text{g/cm}^3$ )

VR = volume residual (ml)

VGI = volume gastrointestinal = 100 ml (*Buskirk*, 1961)

Para o procedimento do cálculo da densidade corporal pela pesagem hidrostática, verifica-se, primeiramente, a massa do indivíduo fora da água, e em seguida dentro de água. Nesta última pesagem, o avaliado deve realizar uma expiração máxima, visando eliminar o máximo possível de ar dos pulmões. (2,4)

Uma vez calculada a densidade corporal, pode-se converter este valor em percentagem de gordura corporal, que, em última análise, é o resultado que mais interessa quando se realizam avaliações da composição corporal. Essa conversão é realizada por meio de equações que assumem que a gordura corporal apresenta densidade constante a  $37^\circ\text{C}$ . As equações mais utilizadas para este fim são a de *Siri* e a de *Brozek*, que assumem as densidades para a gordura corporal e  $0,9 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  e  $0,9007 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ , respectivamente: (4)

$$\text{Siri (1961): \%G} = \frac{(4,95 - 4,5)}{\text{DC}} \times 100$$

$$\text{Brozek et al (1963): \%G} = \frac{(4,57}{\text{DC}} - 4,142) \times 100$$

em que:

%G = percentagem de gordura corporal

DC = densidade corporal ( $\text{g/cm}^3$ )

Com o intuito de tornar tais equações mais específicas, *Lohman* propôs diferentes constantes para a conversão da densidade corporal em percentagem de gordura, de acordo com idade e sexo (tabela 1). (4)

Porém, a validade da estimativa da gordura corporal pela densidade do corpo depende dos seguintes pressupostos:

✓ As densidades dos componentes do corpo, massa gorda e massa magra, são aditivas. (4)

✓ As densidades destes componentes são relativamente constantes de pessoa para pessoa. (4)

✓ As proporções dos componentes que constituem a massa magra são relativamente constantes de pessoa para pessoa. (4)

✓ O indivíduo avaliado difere de um padrão de referência, apenas em relação à quantidade de gordura corporal (triglicerídeos) ou tecido adiposo. (4)

Idade	Homens	Mulheres
7-8	(538/DC) - 497	(543/DC) - 503
9-10	(530/DC) - 489	(535/DC) - 495
11-12	(523/DC) - 481	(525/DC) - 484
13-14	(507/DC) - 464	(512/DC) - 469
15-16	(503/DC) - 459	(507/DC) - 464
17-19	(498/DC) - 453	(505/DC) - 462
20-50	(495/DC) - 450	(503/DC) - 459

**Tabela 1-** Constantes de *Lohman* para a conversão da densidade corporal em percentagem de gordura (4)

Embora esta técnica apresente valores de densidade corporal muito precisos, apenas indivíduos com razoável adaptação ao meio aquático podem ser submetidos aos seus procedimentos, o que limita a sua utilização em análises rotineiras da composição corporal. Além destes aspectos, o seu uso é igualmente posto em causa, pois usa pressupostos de que a densidade da massa livre de gordura é constante, o que não é válido, dado que as proporções dos seus constituintes não são estáveis com a idade, sexo, etnia, doença por alteração da hidratação e densidade. (4)

#### 4.3.2.2- Plestimografia por Deslocamento de Ar ("Bod Pot")

A plestimografia é um método relativamente recente para avaliação da composição corporal, com a vantagem de ser simples, seguro e requerer uma cooperação mínima do avaliado. Porém, exige equipamento complexo, sofisticado e de alto custo. A avaliação através desta técnica consiste de uma câmara cujo modelo mais utilizado na actualidade é o BOD POT- Body Composition System.

Através de um software específico, instalado num microcomputador conectado à câmara, são determinadas variações de volumes de ar e de pressão no seu interior, com a câmara desocupada e com o avaliado, além de variáveis pulmonares necessárias às estimativas do volume corporal (*Guedes & Guedes*, 1998). (19)

Deste modo, o volume do corpo humano é medido quando um sujeito se senta dentro da câmara e desloca um volume de ar igual ao volume do seu corpo e, a diferença de pressão do ar é registada. O volume corporal é calculado indirectamente subtraindo o volume de ar restante dentro da câmara quando o sujeito se encontra lá dentro, do volume de ar na câmara quando está vazia. (2,6,22)

#### **4.3.2.3- Reconstrução de uma imagem a três dimensões dos contornos da superfície corporal usando um analisador de fotões**

Ao contrário dos outros métodos, em que não havia uma aceitação total por parte do avaliado, uma vez que tinha que ser submerso em água, ou sentado fechado dentro de uma pequena câmara, esta técnica é rápida (demora apenas 15 segundos), aumentando, assim, a predisposição dos sujeitos a serem avaliados. Contudo, é uma técnica recente, pelo que apenas alguns sujeitos a ela foram submetidos. (2,6,23)

Este método, permite a avaliação da composição corporal, uma vez que, reflecte as alterações da gordura subcutânea, utilizando para tal a monitorização dos contornos corporais. (2,6,23)

### 4.3.3- Métodos de Diluição

#### 4.3.3.1-Diluição de Isótopos

O princípio de conservação de massa (ou princípio da diluição) é a base do princípio básico das técnicas de diluição para a determinação da composição corporal. Neste princípio adiciona-se uma quantidade desconhecida de um marcador ao compartimento a avaliar. Atingido o equilíbrio, a concentração final do marcador é igual à dose do marcador dividida pelo tamanho do compartimento. Na análise da composição corporal há um rearranjo da equação, para permitir o cálculo do tamanho do compartimento, uma vez que ele é desconhecido. (7,24)

$$\text{Tamanho do Compartimento} = \frac{\text{Dose do Marcador}}{\text{Concentração final do marcador}}$$

Para a medição do tamanho exacto dos compartimentos, têm que ser seguidos vários pressupostos, relativamente ao uso de marcadores:

- ✓ Os marcadores têm que ser distribuídos homogeneamente e apenas no compartimento de interesse. (2,7)
- ✓ Têm que atingir o equilíbrio, relativamente, rápido, não podendo, no entanto, serem metabolizados durante este período. (2,7)

Durante a execução desta técnica têm que ser recolhidas duas amostras de fluido corporal (nomeadamente sangue, saliva ou urina), uma antes da administração da dose com o objectivo de determinar os níveis de base, e outra após ter decorrido tempo suficiente para o marcador ter penetrado no compartimento em estudo e respectivo equilíbrio. (2,25)

Estudos recentes, mostraram que mesmo com mudanças significativas na razão entre a água intracelular e a água extracelular a razão de hidratação continua constante. (26)



$$\text{Razão de Hidratação} = \frac{\text{Água corporal total}}{\text{Massa livre de gordura}}$$

Funcionalmente, a água divide-se em dois compartimentos, extra e intracelular. No compartimento extracelular a água serve como meio de suporte e é caracterizado pela predominância de sódio e cloro e, o número de potenciais marcadores a usar na análise de diluição é maior do que no intracelular. Os marcadores predominantes são a inulina, sacarose, manitol, sulfato, sódio e cloro radioactivo, bromoinulina, tiosulfato e outros sacarídeos. O mais utilizado é o bromo não radioactivo, administrado oralmente, mas o que dá melhor a estimativa do espaço extracelular é o tiosulfato. Por sua vez, o compartimento intracelular serve como um indicador do compartimento mais activo do corpo e, é caracterizado pela predominância de potássio. (24,27)

Este método apresenta limitações, entre as quais se destacam:

- ✓ A dificuldade na quantificação da dose do marcador
- ✓ A necessidade de pessoal especializado
- ✓ A obtenção dos resultados é demorada
- ✓ O resultado é influenciado pelo estado de saúde do avaliado (28)

#### **4.3.4- Métodos de condutividade**

##### **4.3.4.1- Impedância Bioeléctrica**

A bioimpedância (BIA) é o que há de mais moderno e preciso no conceito mundial da composição corporal, onde a mesma determina a quantidade total de água corporal, massa magra (ossos, músculos e órgãos) e a real quantidade de

massa adiposa (gordura). A bioimpedância identifica a necessidade de perda, ganho ou manutenção do peso corporal, levando em consideração a estrutura óssea do indivíduo. (29)

A biompedância é considerada uma técnica, para a medição da composição corporal, indolor, precisa, rápida, segura, não invasiva e portátil. Por estas razões substitui na prática clínica, com a mesma precisão os métodos mais sofisticados, mais complexos e caros, que não justificam a relação custo/benefício. Tornou-se então, um dos métodos mais difundidos e utilizados na clínica, por estas e outras razões (nomeadamente custos baixos, resultados imediatos, não requerimento de pessoal altamente especializado, presença de equações específicas para diferentes grupos populacionais, etc.). Contudo, este método também apresenta limitações, sendo a principal, a dependência da grande colaboração por parte do avaliado, dado que não pode apresentar alterações de hidratação. Assim, a quantidade de alimentos e líquidos ingeridos, assim como a actividade física são factores a ter em conta no dia do teste. Além disso, só pode avaliar em algumas condições de saúde (indivíduos saudáveis, obesidade leve ou moderada, diabetes mellitus). Por exemplo, em indivíduos com patologias como as nefropatias, hepatopatias podem influenciar a bioimpedância. (2,4,7,9,33)

A bioimpedância assenta em alguns princípios básicos. A medição da composição corporal é executada através da introdução no organismo de uma pequena corrente eléctrica alternada (cerca de 1 mA) a uma frequência de 50 kHz, e posterior registo da oposição diferencial dos tecidos (impedância) ao percurso da mesma. (9)

Os tecidos que contêm pouca água e electrólitos, tais como tecido adiposo e o tecido ósseo, são maus condutores da corrente eléctrica, oferecendo grande oposição à passagem da mesma. Tecidos biológicos como o sangue, as vísceras e os músculos são bons condutores devido aos elevados conteúdos em fluidos e electrólitos. Logo, pessoas com uma grande musculatura têm uma impedância menor do que indivíduos com uma grande quantidade de tecido adiposo. (9)

Esta técnica é baseada na premissa de quando uma corrente eléctrica é feita passar através do corpo, a voltagem cai entre dois eléctrodos e essa queda é proporcional ao volume de fluido corporal dessa região do corpo. (6)

A impedância é uma função da Resistência (oposição da massa corporal extracelular) e Reactância (oposição adicional das membranas celulares ou massa corporal intracelular). (9)

As estimativas da composição corporal baseiam-se, por este método, no princípio que a impedância é directamente proporcional à estatura, e inversamente proporcional à área seleccionada. A sua expressão matemática, em termos de volume (água corporal total) é dada pela seguinte equação: (2,9)

$$V = \frac{RT E^2}{Z}$$

em que:

V = volume dos tecidos condutores (área corporal total, ACT, ou massa não gorda)

RT = resistência dos tecidos por unidade de estatura, que é um valor constante

E = estatura

Z = impedância

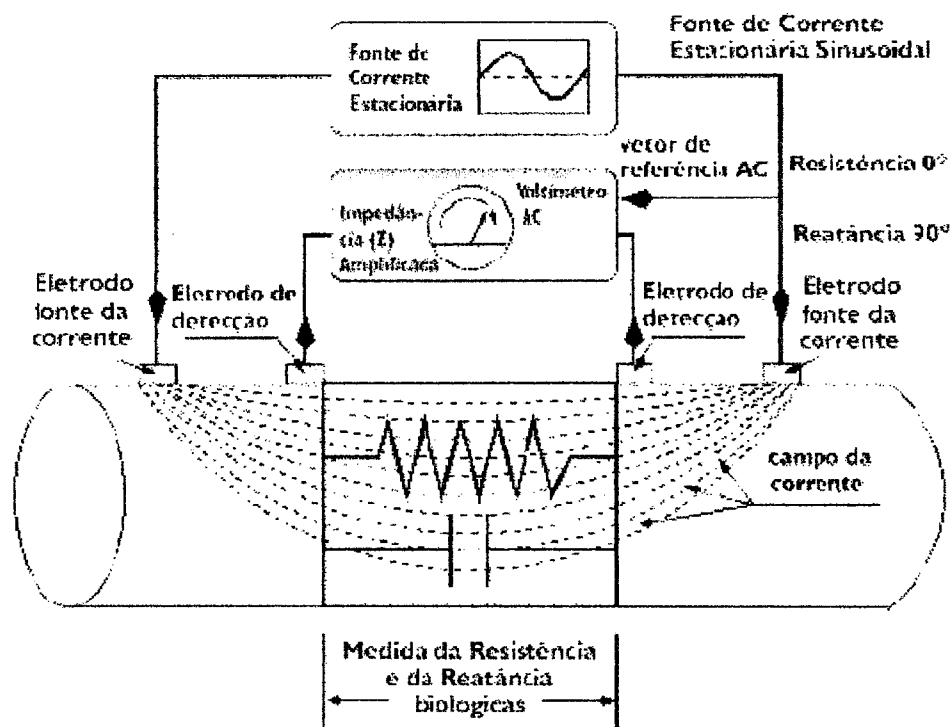
Para estimar o volume de água corporal através da bioimpedância são usados três pressupostos:

- ✓ Todo o corpo actua como um cilindro condutor;
- ✓ O comprimento do condutor é proporcional à altura do sujeito;
- ✓ O termo reactância que contribui para a impedância total é pequena, tal que, o componente resistência pode ser considerado equivalente à impedância corporal. (6,7)

Quando estes pressupostos são combinados, pode ser mostrado que o volume condutor é proporcional ao termo  $(\text{Altura})^2/\text{Resistência}$ , chamado índice de impedância. (2,7)

Apesar da existência de um grande número de aparelhos e métodos para a medição de impedância bioeléctrica, alguns princípios básicos deverão ser cumpridos (fig.3). Assim sendo, *Lukaski* propõe que, o avaliado tem uma participação decisiva devendo obedecer a determinados procedimentos: (4)

- ✓ Não deve tomar diuréticos nos 7 dias antecedentes à realização do exame.
- ✓ Não ingerir bebidas alcoólicas e café 48 horas antes do teste;
- ✓ Não realizar actividades físicas extenuantes 24 horas antes;
- ✓ Manter-se em jejum 4 horas antes do teste;
- ✓ Urinar 30 minutos antes do teste;
- ✓ Permanecer 5 a 10 minutos antes do teste deitado em decúbito dorsal, antes da execução do teste, e em total repouso; (4)



**Fig. 3- Analisador de bioimpedância- RJL.**

Esta figura ilustra o funcionamento de um dos vários analisadores de BIA existentes- o RJL. Este distribui uma corrente de 800  $\mu$ A (no máximo) a 50 kHz que passa entre os dois eléctrodos distais, fonte da corrente. A diferença de voltagem entre os dois eléctrodos internos é medida através de um amplificador de alta impedância. (30,31,32)

É, ainda importante realçar, que os aparelhos de medição de bioimpedância não podem ser utilizados por indivíduos portadores de pacemakers. (9)

Como o não conhecimento das equações dos equipamentos adequados, aos indivíduos que se pretendem avaliar, são uma fonte de erro comum, existem inúmeras equações disponíveis para grupos específicos que devem ser escolhidos cuidadosamente. (2,4,9)

Assim, a determinação da composição corporal, nos seus diferentes parâmetros, que não apenas a água corporal total, carece da definição de

equações validadas para as populações em estudo. Existem fórmulas validadas por idade, raça, peso e actividade física. Existem também, algumas fórmulas de utilização generalizada onde se incluem factores como a idade, o sexo e o peso corporal, as quais têm vindo a ser validadas em diferentes populações. A validação destas fórmulas faz-se a partir da comparação com os resultados obtidos a partir de uma técnica laboratorial directa, como a diluição de isótopos para o caso da água corporal total e, a Absorciometria de Raio-X de Dupla Energia (DEXA) para a massa gorda. Muitas das fórmulas estimativas têm sido validadas recorrendo ao modelo de dois compartimentos que assume, erradamente, que a massa gorda é constituída por 73,2% de água. As estimativas da massa não gorda são baseadas nesta relação e na medição directa da água corporal total por diluição isotópica. O erro resultante deste pressuposto é directamente proporcional à diferença entre este valor e a real composição corporal do indivíduo. Poucas são as equações estimativas da BIA que tenham sido validadas usando um modelo de multicompartimentos. (8,31,32)

A capacidade da BIA para determinar variações na composição corporal é particularmente importante na validação da água corporal total antes e depois da hemodiálise. Alguns estudos, revelaram uma elevada correlação entre a água corporal total, determinada por BIA, e o fluido removido pela diálise. A BIA tem algumas limitações na determinação de variações inferiores entre 1 e 2 Kg na água corporal total ou na massa não gorda. (9,30,31)

A aplicação da BIA para a avaliação nutricional de doentes hospitalizados tem vindo a demonstrar a utilidade desta técnica na determinação da água corporal total, bem como, mais recentemente das fracções correspondentes à

água intracelular e à água extracelular, a partir de novos desenvolvimentos tecnológicos. (9,30,31)

A medição da composição corporal pode ser feita pela aplicação de métodos e equipas baseadas na BIA. Então, várias são as opções técnicas para a BIA:

- ✓ Opções sobre a posição dos eléctrodos
- ✓ Opções de medição com mono ou multifrequências
- ✓ Opções sobre a interpretação da medida (33)

#### Opções sobre a posição dos eléctrodos

Dentro desta opção técnica distinguem-se vários tipos de BIA: distal, proximal e segmentar.

★ *Bioimpedância Distal*: É a configuração standard a corpo inteiro ou mão/pé. Nesta configuração a hidratação normal é determinada pelos 50% da impedância dos membros inferiores, pelos 40% dos membros superiores e pelos 10% da impedância do tronco. Assim, fica medida a impedância total de um sujeito. Um par de eléctrodos são colocados dorsalmente sobre a mão e sobre o pé. (33,34)

★ *Bioimpedância Proximal*: Para melhorar a estimativa dos compartimentos da BIA convencional, em particular dos fluidos e da massa magra têm sido propostas modalidades diferentes de posicionamento dos eléctrodos cutâneos. Segundo *Lukaski & Scheltinga*, posicionando-se os eléctrodos sobre a abertura antecubital e na abertura poplíteia consegue-se uma BIA proximal. (33,34)

Não tem sido confirmada a superioridade desta BIA relativamente à distal na estimativa dos compartimentos no adulto saudável nem em sistemas de uma e múltiplas frequências.

★ *BIA segmentar*: parte do pressuposto que o organismo é um condutor uniforme e de comprimento constante. No entanto, este pressuposto é errado. O organismo pode mais assemelhar-se a um conjunto de 5 cilindros: os dois braços, as duas pernas e o tronco. O procedimento envolve a utilização de 4 pares de eléctrodos, um par por cada um dos membros inferiores e superiores. Um índice produzido a partir do cruzamento dos dados obtidos permitiu verificar que este método pode registar com precisão a massa gorda total e por segmento. Esta técnica pode, ainda, ser bastante útil em termos clínicos pois, permite avaliar variações locais por segmento de água corporal. (9)

#### Opções de medição com mono ou multifrequências

★ *BIA por monofrequência*: A frequência mais usual nesta técnica é a de 50kHz. Esta frequência standard apresenta propriedades óptimas e gera um vector de impedância com ângulo de fase máximo e espectro de frequências de 1 a 1000 kHz. (30,33,34)

★ *BIA por frequência múltipla*: esta técnica aumentou as potencialidades da BIA, comparativamente à bioimpedância que usa uma frequência única de 50 kHz. A baixas frequências (5 a 15 kHz) a capacitância das células é suficiente para bloquear a corrente eléctrica e a resistência medida reflecte o volume de água extracelular. A frequências superiores a 100 kHz a corrente penetra nas membranas celulares, permitindo que a estimativa reflecta os valores de água extracelular e de água intracelular. Por conseguinte, a utilização de mais do que



um tipo de frequência possibilita a discriminação dos compartimentos aquosos, intra e extracelulares. (9,36)

### Opções sobre a interpretação da medida

★ *Bioimpedância convencional*: assume-se que o corpo é um condutor isotrópico cilíndrico de secção constante e com equações de regressão que estimam o valor eléctrico total. A massa gorda é determinada pela diferença da massa livre de gordura do peso corporal total. (31,33,34)

★ *Bioimpedância vectorial*: esta técnica assume que as medidas R (soluções electrolíticas intra e extracelulares) e XC (estruturas de células e tecidos que contêm as soluções electrolíticas), obtidas pelo analisador da BIA são consideradas, simultaneamente, como membros do vector impedância  $z$ . O vector de um sujeito, standardizado pela estatura é confrontado de forma gráfica (gráfico 1) com a distribuição dos vectores da população saudável de referência. Neste método não se realizam conjecturas de isotropia dos tecidos nem sobre modelos de tecido do corpo. (31,32,33)

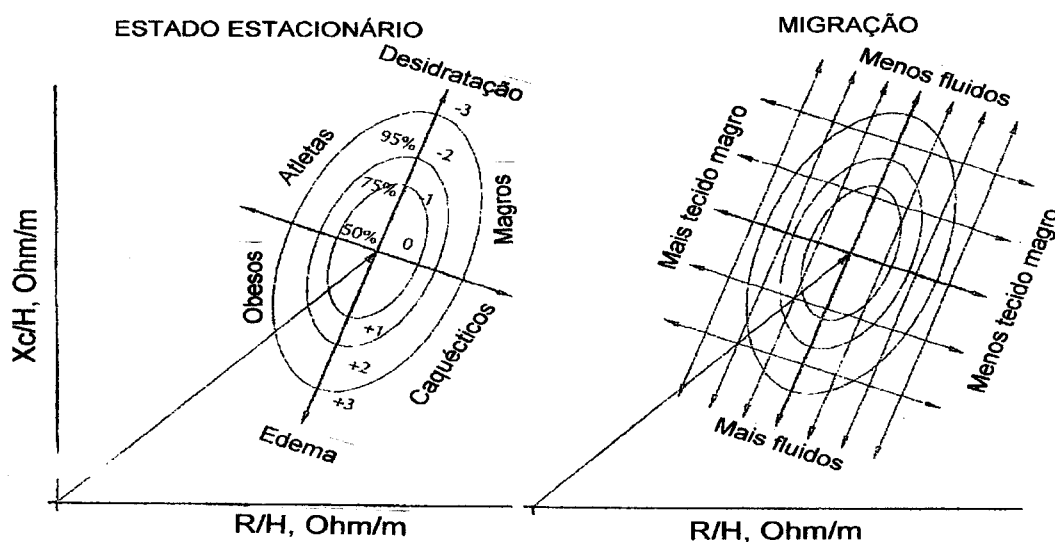


Gráfico 1- Gráfico Rxc da BIA vectorial.(34)

Uma nova aplicação da BIA é a medição da massa celular corporal, que pode ter variadas implicações em populações do meio clínico com o síndrome de perda da massa muscular (wasting). No entanto, ainda é necessário avaliar a exactidão e sensibilidade, nestes doentes específicos. (34)



#### **4.3.5- Método de Contagem Corporal Total**

##### **4.3.5.1- Potássio Corporal Total**

A contagem  $^{40}\text{K}$  foi a primeira análise química feita in vivo no corpo humano. Esta técnica baseia-se no facto da relação do potássio corporal total e a massa livre de gordura ser significativamente estável no mesmo sujeito ao longo do tempo e entre sujeitos do mesmo sexo. Todo o potássio corporal se encontra no compartimento de massa livres de gordura. (8,37,39)

As medições do potássio corporal são, igualmente, utilizadas:

- ✓ Na validação de outras técnicas alternativas de medição da composição corporal;
- ✓ No estudo da massa celular corporal na doença;
- ✓ No estudo do crescimento e envelhecimento. (37)

##### **4.3.5.2- Análise por Activação Neutrónica**

A análise da activação neutrónica consiste na análise directa do organismo humano in vivo. (2,7)

Esta teoria permite a avaliação do conteúdo químico, tornando-se referência preferida para a avaliação da calibração de técnicas alternativas. Os

elementos químicos que poderão ser analisados, in vivo, por esta técnica são o oxigénio, cálcio, cloro, sódio, fósforo, hidrogénio, carbono e nitrogénio. (7,36)

Esta análise elementar permite a reconstrução de componentes moleculares, como a gordura, a proteína e minerais totais, posicionando esta técnica, como o único método para servir de referência, sobretudo quando associações instáveis de componentes originam inexactidão noutros métodos disponíveis. Consequentemente, foram desenvolvidas técnicas especializadas para a análise de regiões parciais do corpo. (38,39)

#### **4.3.6- Absorciometria de Raio-X**

##### **4.3.6.1- Absorciometria de Raio-x de dupla energia (DEXA)**

A absorciometria de raio-x de dupla energia foi inicialmente desenvolvida para avaliar o conteúdo mineral ósseo na investigação de doenças como a osteoporose e, é considerada actualmente, um método de boa precisão e reprodutibilidade para avaliar a composição corporal. Esta técnica é baseada na atenuação de raios em diferentes níveis de energia e permite realizar a mensuração corporal total e por segmentos (cabeça, tronco e membros). (40,41)

O princípio básico da absorciometria é a utilização de uma fonte de raio-x com um filtro que converte um feixe de raio-x em picos fotoeléctricos de baixa e alta energia que atravessam o corpo de um indivíduo. A obtenção dos compartimentos corporais é feita pela medida da atenuação desses picos fotoeléctricos. (40)

A principal limitação deste método está associada à incapacidade de detectar a quantidade de água contida na massa magra. Isto deve-se ao facto dos principais componentes de massa magra, as proteínas e os fluidos corporais,

apresentarem coeficientes de atenuação similares, de tal forma que não são diferenciadas pela absorciometria. Assim, sendo o método de absorciometria de raio-x de dupla energia estima a água corporal total, assumindo que a mesma é equivalente a uma fracção fixa de 73,2% da massa magra do indivíduo. (40)

Erros sistemáticos poderiam ser esperados já que a água do corpo pode variar em determinadas condições clínicas como na insuficiência renal crónica. No entanto, os estudos realizados com pacientes em hemodiálise mostram que as modificações na água corporal são detectadas pela absorciometria de raio-x de dupla energia, por meio das variações ocorridas na massa magra corporal. (22,40)

Apesar da necessidade de mais estudos de validação para ser aceite como método padrão ouro na avaliação da composição corporal, a absorciometria de raio-x de dupla energia vem sendo utilizada como método de referência em vários estudos comparativos de composição corporal devido à sua elevada precisão, sendo o método recomendado pelo National Kidney Foundation. (40,41,22)

A absorciometria de raio-x de dupla energia é de rápida execução, não invasiva e não necessita de nenhum preparo ou requisito especial para a execução do exame, no entanto, o método requer um local adequado, equipamento sofisticado, um avaliador treinado e, como tal, os custos são elevados. (40)

#### **4.3.6.2- Absorciometria de raio-x de tripla energia**

É uma técnica ainda em investigação. Supõe-se que o uso de três energias possibilita a obtenção de estimativas para a gordura e osso mas, também, para a água corporal e massa proteica. (2,7)

### **4.3.7- Métodos de Imagem**

#### **4.3.7.1- Ressonância Magnética**

A ressonância magnética, que é um novo método de imagem, aproveita as propriedades naturais dos átomos existentes no corpo humano, para criar uma imagem diagnóstica. É, por isso, um método inócuo que não utiliza radiação ionizante, como acontece com os raios-x que, são a fonte da imagem, por exemplo da tomografia computadorizada. Para além desta vantagem, é não invasivo, seguro, as imagens de elevada qualidade, etc. Como limitações associadas a esta técnica realça-se o elevado custo e a disponibilidade restrita do equipamento. (14,15,42)

A imagem por ressonância magnética explora a magnetização natural do átomo mais abundante do corpo humano, o hidrogénio, o qual contém apenas um próton e apresenta, por isso, um pequeno momento magnético. O contraste entre os diversos tecidos do corpo humano (normais e patológicos) é criado em função do número de átomos de hidrogénio existentes num determinado tecido e do meio onde se encontram. (42,43,44)

Contudo, há tecidos, nomeadamente o tecido adiposo e magro, que apresentam uma densidade semelhante, pelo que não é possível desenvolver imagens baseadas apenas no seu número de núcleos. Deste modo, tem que se usar uma segunda característica do núcleo, o tempo de relaxamento. Este, é o tempo que o núcleo demora a libertar a energia induzida pela radiofrequência e retornar à sua configuração original. Assim, como o tempo de relaxamento para os prótons na gordura é muito mais curto do que o dos prótons da água, consegue-se distinguir estes dois tecidos. (14,15,16,43)

A ressonância magnética é importante para a avaliação da composição corporal, possibilitando a quantificação da gordura subcutânea e intra-abdominal.

É, ainda, importante realçar que os indivíduos com pacemakers, cliques cirúrgicos, próteses, implantes metálicos ou qualquer outro objecto metálico no seu corpo não podem ser submetidos a este exame. Também é importante, que a sua pele não esteja, excessivamente, coberta por partículas ou flocos metálicos presentes em alguns produtos cosméticos para os olhos ou provenientes de trabalho próximo a máquinas de polimento de metais. (14,42,43)

#### **4.3.7.2- Tomografia Computorizada**

A tomografia computadorizada é baseada na relação entre o grau de atenuação de um feixe de raio-x e a densidade dos tecidos através dos quais o feixe passou. Desta relação, uma imagem a duas dimensões da anatomia interior da área analisada pode ser construída. (14)

O feixe de raio-x faz uma rotação à volta do indivíduo, “cortando” uma secção-cruzada do paciente. À medida que os raios-x penetram o tecido, o feixe analisa a atenuação, sendo a intensidade desta registada e armazenada num computador. Este, depois processa a informação armazenada utilizando uma série de algoritmos complexos, de forma a reconstruir as imagens da secção-cruzada. Os tecidos com uma maior densidade causam uma maior absorção da energia dos raios-x e, consequentemente, um valor superior de atenuação. A demarcação entre tecidos de densidades diferentes pode ser muito positivo. (14,15,16)

Este método possui várias utilizações, podendo ser usado para avaliar as alterações na massa dos órgãos viscerais em subnutrição e obesidade, para medir a massa muscular regional, para avaliar a distribuição de gordura interna versus subcutânea e para estabelecer a densidade óssea em osteoporose. (15)

A tomografia computadorizada envolve a exposição a radiação de ionização, e daí, não ser recomendada a mulheres grávidas ou crianças. Este método é também muito caro. (16)

#### **4.3.7.3- Ultra-som**

Na técnica de ultra-som, ondas sonoras de alta frequência são emitidas de uma fonte de ultra-sons penetram a superfície da pele e passam pelo tecido adiposo, até alcançarem o tecido muscular. No interface do tecido adiposo-muscular, uma proporção das ondas de som são reflectidas como ecos que são recebidas pelo aparelho de ultra-som. (15,45)

A técnica de ultra-som pode ser também utilizada para medir a espessura do tecido muscular bem como a gordura subcutânea. Em geral, os estudos sobre a validade deste método sugerem que este fornece uma estimativa razoável da espessura do tecido adiposo, nos seres humanos (*Booth e al.* 1966; *Fanelli e Kuczmarski*, 1984). De qualquer modo, investigações maiores envolvendo sujeitos com excesso de gordura devem ser realizadas antes de se poder validar, firmemente esta técnica, dado que a validade desta técnica em indivíduos com muita gordura é desconhecida. (14,15,16)

#### **5- Análise crítica**

Considero a avaliação antropométrica um método directo da avaliação nutricional, baseado na medição das variações físicas e na composição corporal global do corpo, em diferentes idades e graus de nutrição. A antropometria constitui-se na técnica mais utilizada quer em epidemiologia quer em clínica, uma vez que é um método de análise não invasivo, de fácil utilização e padronização,

indolor, de baixo custo, permitindo que dados de diagnóstico dos indivíduos sejam agrupados, analisados, e forneçam diagnóstico de colectividades que originarão o perfil nutricional de um determinado grupo.

Apesar de existirem métodos mais sofisticados de avaliação da composição corporal como a densitometria, a diluição com isótopos da água, a activação por neutrões, a absorciometria radiográfica de feixe de dupla energia ou a tomografia axial computadorizada, a sua utilização rotineira ainda não é possível, devido à difícil aplicação na prática clínica e/ou ao alto custo dos equipamentos e disponibilidade restrita.

A bioimpedância (BIA) tem-se vindo a afirmar como método de eleição na avaliação da composição corporal dada a sua disponibilidade e facilidade de aplicação, tendo-se mostrado particularmente útil na monitorização da água corporal total (ACT). Contudo, penso que este método antropométrico não está amplamente difundido nas diversas instituições de saúde devido, entre outros factores, ao elevado custo do equipamento.

A elaboração desta monografia decorreu entre os meses de Junho, Julho e Agosto. Este período de tempo revelou-se suficiente, apesar das inúmeras dificuldades com que me deparei, entre as quais realço o facto de estar afastada de todo o percurso académico há vários anos. Por conseguinte, senti várias limitações na realização de todo o processo que antecede a elaboração do trabalho, nomeadamente, na pesquisa bibliográfica e mesmo na sua triagem e interpretação. Numa fase inicial, orientei a minha pesquisa nos manuais científicos presentes nas bibliotecas das faculdades de saúde, para estudar e obter conhecimentos mais amplos do assunto em questão. Posteriormente, recorri a revistas científicas, a artigos científicos e à Internet. Esta última fonte de



informação, apesar de ter sido uma mais valia, revelou-se inconsistente pois contrastava entre dados actuais e dados desactualizados, pouco científicos e sem identificação do autor, ou seja, pouco fidedignos.

No que concerne, à escolha do tema, optei por este, em conjunto com a Dr<sup>a</sup> Alexandra Bento, na medida em que, se poderá revelar uma mais valia na minha prática clínica. Os métodos de avaliação da composição corporal referidos, foram todos os que encontrei durante a minha pesquisa bibliográfica.

## **6- Conclusão**

Pode concluir-se que os objectivos, inicialmente, propostos foram atingidos, na medida em que, se conseguiu proceder a uma análise dos métodos da avaliação da composição corporal, apesar destes continuarem em pleno desenvolvimento. Este desenvolvimento visa a busca de uma maior exactidão e precisão, bem como uma maior adequação a todos os grupos de indivíduos, com a pretensão de tornar os métodos de avaliação corporal mais fidedignos.

Pode, de igual modo, concluir-se que a todos os métodos estão associadas vantagens e limitações e, portanto, a escolha dos mesmos é determinada pela razão entre estes dois factores, isto é, aquele que apresentar maior número de benefícios e adequação, face às limitações, é seleccionado. Actualmente, a Bioimpedância é aponte como o método de avaliação da composição corporal com maior aceitabilidade por parte dos prestadores de cuidados de saúde, dado ser um método simples, rápido, portátil e seguro para além de não invasivo. As suas aplicações são vastas, nomeadamente na avaliação do estado de hidratação, com consequente possibilidade de monitorização da adequação da

diálise e apoio na determinação do peso seco, bem como para a avaliação do estado nutricional. Tem-se mostrado útil na compreensão dos mecanismos fisiológicos e das alterações hemodinâmicas que ocorrem durante a hemodiálise.

## 7- Bibliografia

<sup>1</sup> Avaliação da composição corporal. Disponível em:  
[http://www.dietanet.hpg.ig.com.br/avaliação\\_da\\_composição\\_corporal.html](http://www.dietanet.hpg.ig.com.br/avaliação_da_composição_corporal.html)

<sup>2</sup> Vieira A L. Conhecer os Métodos de Avaliação da Composição Corporal. *Nutricias*. 2004;4:8-15;

<sup>3</sup> Theodore B, Vanitaline P, Pierson RNJr. *Bridging the gap between laboratory and clinic*. In: Pierson RNJr editor Quality of the body cell mass: body composition in the third millennium. New York: Springer-Verlag; 2000.

<sup>4</sup> Costa R F. *Composição Corporal: Teoria e Prática da Avaliação*. Manole 2001;

<sup>5</sup> Rito A, Anjos L A. Alimentação Humana. *Rev Soc Port Ciências Nutr Aliment*, 2002;8(2)

<sup>6</sup> Ellis J K. Selected body composition methods can be used in field studies. *J Nutrition* 2001;131:S1589-95;

<sup>7</sup> Ellis J K. Human Body composition: in vivo methods. *Physiological Reviews* 2000; April 2; 80: 649-80

<sup>8</sup> Heymsfield S B, Wang Z M, Gallagher D, Pietrobelli A. *Multicomponent of body composition: an overview*. In: Pierson RNJr editor Quality of the body cell mass: body composition in the third millennium. New York: Springer-Verlag; 2000. p.33-47

<sup>9</sup> Rego M A. *Workshop de Atualização em Nutrição Clínica: Dados Antropométricos*. Porto, 17 e 18 de Outubro de 2003

<sup>10</sup> Avaliação da Composição Corporal\_ Prof. Roberto Fernandes da Costa  
Disponível em: [http://www.sanny.com.br\\_](http://www.sanny.com.br_)

<sup>11</sup> Wang Z M, Pierson R N Jr, Heymsfield S B, Teates C D, Gutgesell M E, et al. Validity of methods of body composition assessment in young and older men and women. *Journal of Applied Physiology* 1999;86(5):1728-1738

<sup>12</sup> Comité Expertos de la OMS Sobre el Estado Físico: *Uso e Interpretacion de la Antropometria*. 1993: Ginebra, Switzerland

<sup>13</sup> Dubas J. Um breve histórico da antropometria. Disponível em: <http://members.lycos.co.uk/>

<sup>14</sup> Jelliffe B, Jelliffe P; Zervas A, Neumann C. *Community Nutritional Assessment: with special reference to less technically developed countries*. Oxford University Press. 1998

<sup>15</sup> Fidanza F. *Nutritional Status Assessment: A manual for population studies*. Chapman & Hall

<sup>16</sup> Frisancho A. *Anthropometric Standards for the Assessment of Growth and Nutritional Status*. The University of Michigan Press. 1993

<sup>17</sup> *Anthropometric assessment of body composition*. In: Gibson RS editor. Principles of nutritional assessment. New York: Oxford University Press; 1990

<sup>18</sup> Hammond K A. *Dietary and clinical assessment*. In: Mahan LK, Escott-Stump S editors. Krause's food, nutrition and diet therapy. 10<sup>th</sup> ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2000

<sup>19</sup> [http://bemstar.ig.com.br/index.php?modulo=colunistas\\_mat&url\\_n\\_art=183&url\\_col=Profa.+Priscilla+de+F.+de+Arruda+Camargo](http://bemstar.ig.com.br/index.php?modulo=colunistas_mat&url_n_art=183&url_col=Profa.+Priscilla+de+F.+de+Arruda+Camargo)

<sup>20</sup> Heymsfield S B, Lichtman S, Baumgartner R N, Wang J, Kamen Y, Aliprantis A, Pierson R N Jr. Body composition of humans: comparison of two improved four-compartment models that differ in expense, technical complexity, and radiation exposure. *Am J Clin Nutr*, 1990;52:52-8

<sup>21</sup> Visser M, Gallagher D, Duerenberg P, Wang J, Pierson R N, Heymsfield S B. Density and fat-free body mass: relationship with race, age and level of fatness. *Am J Physiol*, 1997; 272 (Endocrinol Metab 35): E781-7

<sup>22</sup> Fiels D A, Goran M I, McCorry M A. Body composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *Am J Clin Nutr*, 2002;75:453-67

<sup>23</sup> Wells J C K, Fuller N J, Elia M, Decker L. Assessment of body volume using three-dimensional photonic scanning. *Ann NY Acad Sci*, 2000,904:247-54

<sup>24</sup> Schoeller D A. Indicator dilution methods. In: Pierson RN Jr editor *Quality of the body cell mass*: York: Springer-Verlag; 2000. 55-67

<sup>25</sup> Schoeller D A. *Hydrometry*. In: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. *Human body composition*. Champaign: Human Kinetics; 1996. 25-43

<sup>26</sup> Kotler D P, Thea D M, Heo M, Allison D B, Engelson E S, Wang J, Pierson R N J, Louis M S T, Keush T. Relative influences of sex, race, environment and HIV infection on body composition in adults. *Am J Clin Nutr*, 1999;69: 432-9

<sup>27</sup> Martin D W. Water & minerals. In: Martin DW, Mayes PA, Rodwell VW, Granner DK, editors. *Harper's review of biochemistry*. 20<sup>th</sup> ed. Los Altos, California: Lange Medical Publications; 1985. 649-50

<sup>28</sup> <http://www.compcorp.com.br/historia.htm#antro>

<sup>29</sup> <http://www.fitnessconsult.com.br/spas.htm>

<sup>30</sup> Howell W. Anthropometry and Body Composition Analysis, in: Matarese, L.; Gottschlich, M. *Contemporary Nutrition Support Practice. A Clinical Guide*. W.B. Saunders. 1998. 33-46

- <sup>31</sup> Dehoog S. Assessment of Nutritional Status. In: Mahan, K. Krause's *Food, Nutrition and Diet Therapy*. 9<sup>th</sup> ed. W.B. Saunders. 1996. 361-385
- <sup>32</sup> Gibson R. *Principles of Nutritional Assessment*. Oxford University Press. 1990. 155-161, 187-205
- <sup>33</sup> Martins C, Amaral T. Alimentação Humana. *Rev Soc Port Ciências Nutr Aliment*, 2002;8(1)
- <sup>34</sup> Piccoli A, Nescolarde L D, Rosell Y J. Análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica. *Nefrología*, 2002;XXII(3)
- <sup>35</sup> Lukaski HC. *Bioimpedance analysis*. In: Martin Dw, Mayes PA, Rodwell VW, Granner DK, editors. *Harper's review of biochemistry*. 20<sup>th</sup> ed. Los Altos, California: Lange Medical Publications; 1985
- <sup>36</sup> Heymsfield S B, Nunez C, Testolin C, Gallagher D. Anthropometry and methods of body composition measurement for research and field application in the elderly. *Eur J Clin Nutr*, 2000;54 Suppl3: 26-32
- <sup>37</sup> Ellis K J. *Total body potassium: a reference measurement for body cell mass*. In: Pierson RN Jr editor *Quality of the body cell mass: body composition in the third millenium*. New York: Springer-Verlag; 2000. 119-21
- <sup>38</sup> Heymsfield S B, Wang Z, Baumgartner R N, Ross R. Human of body composition: advances in models and methods. *Annu Rev Nutr*, 1997;17: 527-58
- <sup>39</sup> Heymsfield S B, Wang Z M, Withers R. *Multicomponent molecular-level models of body composition analysis*. In: Roche AF, Heymesfield SB, Lohman TG, editors. *Human body composition*. Champaign: Human Kinetics; 1996. 129-148
- <sup>40</sup> Kamimor A, Draibe S A, Sigulem D M, Cuppari L. Methods of body composition assessment in patients undergoing hemodialysis. *Rev Nutrição Campinas*; 17(1):97-105

<sup>41</sup> Dempster P, Aitkens S. A new air displacement method for the determination of human body composition. *Med Sci Exerc*, 1995;27:1692-7

<sup>42</sup> <http://www.alternet.pt/olympica/genocum/ressonância.html>

<sup>43</sup> Ross R. *Magnetic resonance imaging (MRI): data acquisition and application in human body composition*. In: Pierson RN Jr editor *Quality of the body cell mass: body composition in the third millennium*. New York: Springer-Verlag; 2000. 198-211

<sup>44</sup> Siri. *Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods*. In Brozek J. & Henschel A. (Eds.), *Techniques for measuring body composition*. Washington DC: National Academy of Sciences, National Research Council. 1961; 223-224