

## PROPOSTA PARA REALIZAÇÃO DO EXAME DE BIOIMPEDÂNCIA APLICADO A UM PRODUTO E-TÊXTIL

*Proposal for making the bioimpedance examination applied to an e-textile product*

Capelassi, Carla Hidalgo; Mestre; UTFPR; carlacapelassi@utfpr.edu.br<sup>1</sup>  
Souza, Flavio Avanci de; Mestre; UTFPR; fsouza@utfpr.edu.br<sup>2</sup>  
Mendes, Samira da Silva; Mestre, UTFPR, samiramendes@utfpr.edu.br<sup>3</sup>

### Resumo

A bioimpedância é um exame utilizado para avaliar a composição corpórea baseado na passagem de uma corrente elétrica. A pesquisa em questão tem por objetivo facilitar o seu uso por meio de um e-têxtil com a finalidade de realizar o exame de bioimpedância com uso de elétrodos em contato com a região abdominal, aplicados em uma peça de vestuário.

Palavras chaves: bioimpedância; e-têxtil; vestuário.

### Abstract

*The bioimpedance is a test used to assess body composition based on the passage of an electric current. The research in question aims to facilitate its use through an e-textile in order to perform impedance analysis with use of electrodes in contact with the abdominal region, applied to a garment.*

*Keywords: bioimpedance; e-textiles; garment.*

### 1. Introdução

As grandes transformações mundiais das últimas décadas provocaram mudanças sociais e na saúde, individual e coletiva, jamais imaginadas. O perfil dos problemas de saúde atuais faz com que a promoção de estilos de vida

---

<sup>1</sup> Professora do curso de Design de Moda da UTFPR, Campus Apucarana, Mestre em Design de Produto – UNESP, e doutoranda em Engenharia Têxtil – UMINHO/PT.

<sup>2</sup> Professor do curso de Engenharia Têxtil da UTFPR, Campus Apucarana, Mestre em Engenharia de Produção – UTFPR, e doutorando em Engenharia Têxtil – UMINHO/PT.

<sup>3</sup> Professora do curso de Engenharia Têxtil da UTFPR, Campus Apucarana, Mestre em Engenharia Química – UEM, e doutoranda em Engenharia Têxtil – UMINHO/PT.

saudáveis (e ativos fisicamente) seja valorizada e colocada como uma das prioridades em saúde pública no planeta. Neste contexto, pretende-se desenvolver um produto de vestuário direcionado para pessoas que, preocupadas com a saúde, possam avaliar frequentemente a composição corpórea.

A bioimpedância (*Bioelectrical Impedance Analysis* - BIA) é um método relativamente preciso, que consiste na passagem pelo corpo de uma corrente elétrica de baixa amplitude e alta frequência. Isso permite mensurar a resistência (R) e a reactância (Xc). A partir dos valores de R e Xc são calculados a impedância (Z) e o ângulo de fase (PhA), estimando a água corporal total (TBW), além da quantidade de água extracelular (ECW) e intracelular (ICW). A seguir, a massa livre de gordura (FFM) pode ser calculada, assumindo que a TBW é uma parte constante da FFM. Sendo assim, a massa de gordura corporal (BF) e a massa de células corporal (BCM) podem ser mensuradas (Cômado et al 2009). Há diversos tipos de aparelhos disponíveis: existem aqueles que variam entre o número de elétrodos e a posição em que são colocados, podendo ser essas posições pé-mão, pé-pé ou mão-mão.

Contudo, a ideia do produto está baseada no desenvolvimento de um têxtil com a finalidade de realizar o exame de bioimpedância elétrica (BIA) com a utilização de elétrodos em contato com o corpo, ou seja, posicionando-os diretamente no abdômen.

## 2. Atividades

As atividades listadas abaixo, serão as necessárias para o desenvolvimento do presente estudo. Nem todas as atividades são apresentadas no artigo, que é um recorte do estudo em desenvolvimento.

- a) Estado da arte e produtos existentes no mercado;
- b) Tecnologia da Malha de Trama: Composição 100% PA texturizado;
- c) Tecnologia da Modelagem: Modelagem computadorizada;
- d) Tecnologia do Bordado Industrial: Composição 100% Aço Inox;
- e) Implantação dos elétrodos/conexão do sistema (BIA);

- f) Elaboração do protótipo: Definição dos conceitos, Desenhos, Definição dos materiais e Modelagem/Corte/Confecção/Acabamento;
- g) Avaliação do protótipo (desempenho e usabilidade): Pesquisa de campo e laboratório;
- h) Divulgação do produto no mercado: Revistas especializadas em esportes, Patrocínio a atletas, Divulgação em redes sociais.

### 3. Objetivos e metas

O presente trabalho tem por objetivo idealizar um protótipo de uma peça de vestuário para a parte superior do corpo, com os elétrodos na região do abdômen para avaliação da BIA, permitindo assim que as pessoas preocupadas com a saúde possam estar realizando o exame com frequência.

### 4. Estado da Arte

Referente ao estado da arte efetuou-se a revisão bibliográfica sobre aspectos relacionados a bioimpedância e aspectos relacionados a inserção de condutores elétricos, elétrodos e monitoramentos em substratos têxteis.

#### 4.1 Bioimpedância

Na bibliografia encontra-se estudos como o realizado por Rossi e Tirapegui (2001), no qual o objetivo foi analisar primeiro a validade da bioimpedância elétrica tetrapolar, utilizando dois aparelhos de fabricantes distintos, que empregam abordagens diferentes no posicionamento dos elétrodos, isto é, a BIA (mão e pé) e BIA (*foot to foot*), utilizando os seguintes aparelhos:

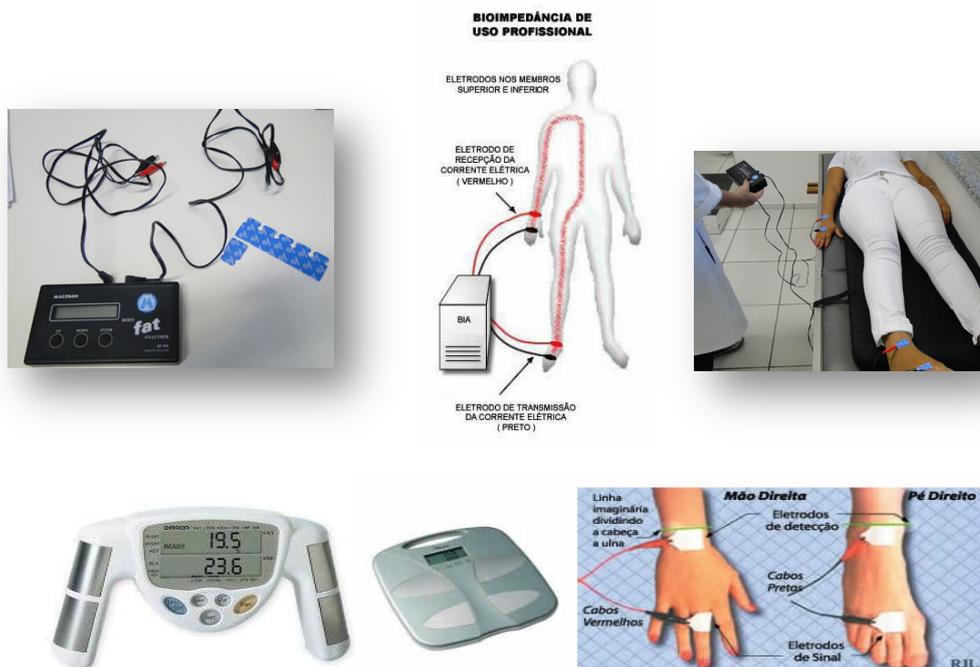
- Aparelho de bioimpedância tetrapolar da *Biodynamics*, modelo 310 (BIA), cuja colocação dos elétrodos obedeceu à seguinte orientação: pé direito, elétrodo distal na base do dedo médio e o proximal entre os maléolos medial e lateral e mão direita, elétrodo distal na base do dedo médio e o elétrodo proximal coincidindo com o processo estilóide. Foi observada a distância entre os elétrodos acima de 5 cm e o indivíduo em posição de decúbito dorsal com pé e mão direitos ligeiramente afastados do tronco.

- Balança eletrônica Tanita modelo 2001B-W (BIA), específica para indivíduos que pratiquem menos de 10 horas de atividade física semanal, com bioimpedância “*foot to foot*” (pés): o indivíduo era instruído para correta colocação dos pés na plataforma base da balança.

Os mesmos autores tratam de alguns cuidados que devem ser considerados para a utilização da BIA. São eles: cuidados fisiológicos, pois por se basear em um princípio elétrico, devem ser evitadas situações que provoquem variações no estado hídrico do indivíduo, como edema, menstruação, desidratação, ingestão de cafeína e álcool, atividade física; cuidados operacionais, como lado do hemicorpo utilizado, correta colocação e espaçamento dos elétrodos nos pontos anatômicos (CORNISH, 1999), posicionamento do avaliado, que, entre outros fatores podem evitar a obtenção de resultados pouco confiáveis (LUKASKI, 1999).

De acordo com Eickemberg et al (2011), a transmissão da corrente elétrica pelo corpo dá-se, geralmente, por quatro sensores metálicos (modelo tetrapolar) que, em contato com as mãos e/ou pés, registram a impedância dos segmentos corporais entre os membros superiores e o tronco, ou somente entre os membros inferiores, ou ainda entre os membros superiores e os inferiores. O aparelho que avalia os segmentos superiores e os inferiores é o modelo mais utilizado da (BIA). Consiste no emprego de quatro elétrodos fixados no hemicorpo direito do indivíduo avaliado: na mão, próximos à articulação metacarpo-falângea da superfície dorsal; no pulso, entre as proeminências distais do rádio e da ulna; no pé, no arco transversal da superfície superior; e no tornozelo, entre os maléolos medial e lateral, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Aparelhos de bioimpedância disponíveis no mercado.  
Fonte: Google imagens



Uma corrente de excitação é aplicada aos eléttodos-fonte (distais) na mão e no pé, e a queda de tensão, provocada pela impedância, é detectada pelo eléttodo-sensor (proximal) localizado no pulso e no tornozelo. Sua análise baseia-se na medida da R total do corpo à passagem de uma corrente elétrica de baixa amplitude ( $800 \mu\text{A}$ ) e alta frequência (50 kHz), de acordo com Eickemberg et al (2011).

Os autores, Nagai et al (2008), Ryo et al (2005) e Eickemberg et al (2011) apresentam novas técnicas de referência para avaliar a obesidade central e a gordura visceral através da BIA, representadas nas Figuras 2 e 3. Essa técnica consiste no posicionamento dos eléttodos diretamente no abdômen. Segundo seus fabricantes, este modelo da BIA segmentar inclui avaliação do nível de gordura visceral através da análise isolada do tronco, o qual o método estima com mais precisão essa gordura.

Figura 2 – Posição dos quatro elétrodos na circunferência abdominal, sugerido pelo estudo de Nagai et al (2008).

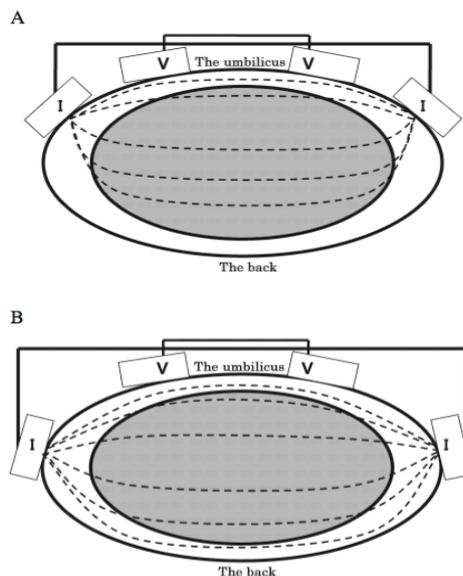
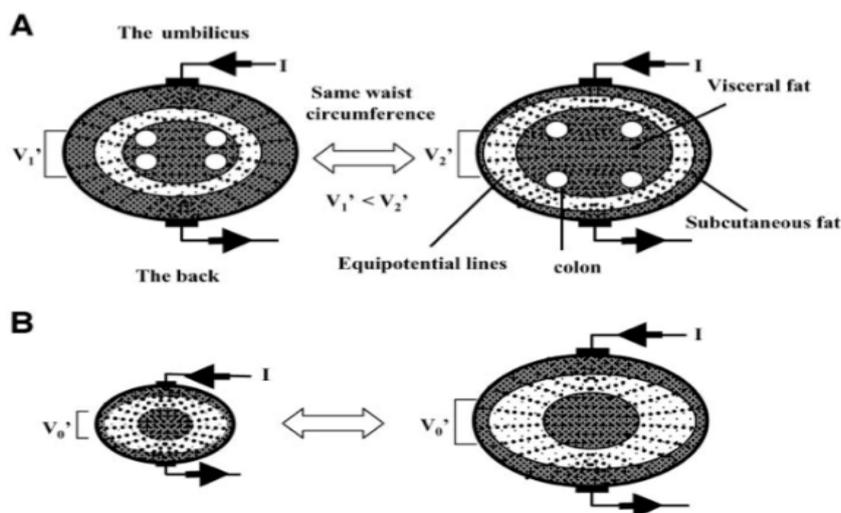


Figura 3 – Posição dos dois elétrodos na circunferência abdominal, sugerido pelo estudo de Ryo et al (2005).



Segundo Reis Filho *et al* (2011) a avaliação da composição corporal obtida por meio de aparelhos de bioimpedância vem ganhando espaço no cotidiano das pessoas, seja em clubes, academias, consultórios ou residências, podendo auxiliar no direcionamento de programas de emagrecimento, manutenção da massa corporal ou detecção de comportamentos de risco, como exemplo hipertensão.

No mercado há uma variada quantidade e modelos de aparelhos de bioimpedância, fator que pode gerar dificuldades de interpretação dos resultados. Segundo Reis Filho *et al* (2011), há aparelhos segmentares ou bipolar (membros superiores ou membros inferiores) e aparelhos de corpo

inteiro, os tetra polares, fator este que propicia diversas dúvidas quanto aos resultados, no entanto nos estudos realizados não houve diferenças significativas para o percentual de gordura entre aparelhos bipolar de membros superiores, inferiores e tetra polares havendo correlação forte entre os resultados dos aparelhos.

#### **4.2 Inserção de condutores elétricos, elétrodos e monitoramentos em substratos têxteis**

Diversas pesquisas foram realizadas em relação a inserção de condutores elétricos, elétrodos e monitoramento em substratos têxteis, no entanto relacionado a este trabalho foram utilizadas técnicas já patenteadas, conforme segue:

##### **4.2.1 Patente WO2012104826 A1 (Número da Publicação) - Elétrodos baseados em substratos têxteis**

A primeira patente refere-se a inserção dos elétrodos no e-têxtil, denominado elétrodos baseados em substratos têxteis, Catarino et al (2012), utilizado para monitorização de sinais vitais, mais especificamente refere-se a um processo de inserção de elétrodos têxteis no processo de tricotagem de malhas de trama, com sua incorporação em peças de vestuário, utilização como sensores para a medição de potenciais elétricos do utilizador, seja como ECG, EMG ou EEG, e a respetiva transmissão para um sistema de monitorização.

Segundo Catarino et al (2012), há duas vertentes para monitoramentos dos sinais vitais: as aplicações em clínicas e as aplicações relacionadas ao bem estar (esportes). No entanto há necessidade de sinais de qualidade para ambas as aplicações e para suprir esta necessidade deve-se recorrer a elétrodos que fiquem em contato com a pele para recolher os respectivos sinais. Para a fixação dos elétrodos é comum o uso de adesivos e para melhorar a recepção dos sinais também é comum a utilização de gel. No caso da utilização de substratos têxteis com elétrodos incorporados há a necessidade de forçar o contato do mesmo com a pele, de forma a eliminar a

necessidade do adesivo e gel, e neste caso cria-se a necessidade de compressão deste eletrodo pelo substrato têxtil.

De acordo com Catarino et al (2012), a pesquisa efetuada permitiu identificar as limitações e os problemas relacionados com a construção de eletrodos baseados em substratos têxteis e que a invenção se propõe resolver esta questão, proporcionando o contato permanente do eletrodo com a pele, possibilitando a utilização como eletrodo seco, promovendo a interface/ligação com o sistema de medida e produzindo uma estrutura adequada e com completa integração na peça de vestuário. Nesta patente foram relacionadas as patentes US7474910, US7308294 e US20070127187.

Os documentos de patentes US7474910, US7308294 e US20070127187 descrevem um tipo de eletrodos baseados em têxteis que contêm fios condutores e não condutores com elasticidade associada. O eletrodo descrito nestas patentes é composto por duas camadas de tecido, ambas com regiões condutoras, as quais são sobrepostas de modo que o sinal medido pela camada interior condutora seja transmitido para a camada exterior, também condutora. Esta camada de tecido por sua vez encontra-se ligada através de molas ao sistema eletrônico de registro de potenciais bioelétricos. As invenções estão concebidas para medição de sinais ECG. A descrição da estrutura desenvolvida é demasiado vaga, mas os estudos realizados indicaram existir uma interação estrutura - matéria-prima que pode influenciar a qualidade do sinal.

#### **4.2.2 Patente WO2012004774 A1 (Número da Publicação) - Meia para monitorização biométrica integrada**

A patente refere-se a uma meia com monitorização biométrica integrada. Segundo Rodrigues (2012), a invenção inclui um sistema de sensores biométricos integrados numa meia com a capacidade de processar e armazenar os dados biométricos recolhidos de forma a fornecer informação útil ao utilizador, relacionando dados biométricos do utilizador com parâmetros de desempenho de esforço físico. A invenção inclui sensorização integrada, por suportes adequados na estrutura têxtil da meia, coletando dados sobre

temperatura, batimento cardíaco e pressão exercida pelo pé do seu utilizador, transmitindo-os para um processador, com meios de sinalização e interação, para serem interpretados e enviados para um dispositivo móvel que armazena estes dados e possibilita a visualização dos mesmos. A invenção inclui integração têxtil dos dispositivos de monitorização biométrica por meio de fios condutores tricotados com a própria meia e suas respectivas ligações a sensores, terminações e encapsulamentos.

#### **4.3 Outras Patentes**

O documento de patente US20060183990 descreve um sistema que permite a medição de sinais proveniente de potenciais bioelétricos a partir de eléttodos fixados após a fabricação de uma peça de vestuário. Nada é mencionado a respeito de estruturas, nem a forma de as obter. Nesta invenção dá-se especial ênfase à zona central da peça, uma t-shirt, que é construída de modo a exercer uma compressão adequada e garantir deste modo o contato entre a pele e os eléttodos usados para medir potenciais. A invenção não descreve o método de fabricação dos eléttodos, mas apenas menciona que se tratam de eléttodos têxteis.

O documento de patente US6970731 descreve sensores para a monitorização de sinais vitais produzidos a partir de têxteis, em tecido ou em malha, podendo ser usados isoladamente ou integrados em peças de vestuário. O sensor é composto por um gel condutor, o substrato têxtil e um conector, ou mola, ao qual se ligam os contatos de um sistema eletrônico. São descritas duas estruturas básicas, uma para tecido (tafetá) e outra para malha de trama (rib 1x1). Há uma preocupação especial em enfatizar o não recurso a adesivos para unir os eléttodos à pele.

O documento de patente US20050034485 apresenta uma peça de vestuário para medição de parâmetros biológicos, que se baseia na colocação de sensores para medição de ECG, compostos por fios têxteis condutores e em pistas formadas por fios condutores elásticos que transportam os sinais com dados e energia a esses sensores. Nada é mencionado acerca do seu processo de fabricação ou da estrutura têxtil utilizada.

O documento de patente WO 2007050650 descreve processos de fabricação de tecidos e malhas capazes de funcionarem como uma infraestrutura de suporte a sensores destinados à medição de parâmetros vitais de um utilizador. É descrito o posicionamento dos sensores fabricados a partir de fios condutores e utilizado um tear de malha de trama retilíneo Shima Seiki, com a preocupação de incluir, fabricadas na própria peça, linhas de conexão para transmissão de dados.

O documento de patente WO 2009013704 apresenta a descrição de um elétrodo de base têxtil, que combina mais do que uma tecnologia de fabricação para a sua criação. O elétrodo consiste em duas camadas sobrepostas, em que uma delas é em tecido e a outra, em contato com a pele, é em malha. Ao promover o contato com a pele a invenção apresenta um suporte em gel colocado a seguir a essas duas camadas condutoras, o qual fica preso por uma terceira camada costurada ou unida por outro método ao substrato que serve de suporte a este elétrodo.

O documento de patente US 20070083096 apresenta uma peça de vestuário para a monitorização de diversos parâmetros biológicos, entre eles o ECG. Para o efeito recorre à construção de regiões bem determinadas nessa peça de vestuário com fios condutores e fios elásticos, de modo a criar elétrodos. Recorre a teares rib para a construção desses elétrodos, mas define exatamente a estrutura que utiliza para criar os elétrodos.

## **5. Resultados esperados**

A pesquisa até o momento encontra-se na idealização do protótipo, sendo o mesmo desenvolvido com características inovadoras com os seguintes materiais: malha de trama, composição 100% PA texturizado, bordado industrial, composição 100% aço inox e a implantação dos elétrodos localizados na altura abdominal, conectados a um aparelho condutor/receptor de energia posicionado na manga, como demonstrado na Figura 4.

Figura 4 – Simulação do protótipo da peça de vestuário com os eléttodos.  
Fonte: DX3 Camiseta Feminina / Adaptação do circuito pelo próprio autor



Posteriormente, a execução do protótipo a peça deverá passar por um período de testes para garantir questões relacionadas à segurança do usuário por envolver a passagem de uma corrente elétrica de baixa amplitude e alta frequência e a eficácia do e-têxtil cumprindo o seu proposto de realizar o exame de bioimpedância (BIA).

## Referências

CATARINO, André, P. A. W.; DIAS, Maria J.; ROCHA, Ana M. M. F.; CARVALHO, Helder M.T. Patente, Número da Publicação: WO2012104826 A1, Eléttodos baseados em substratos têxteis, 2012. Requerente Universidade do Minho.

CÔMODO, A.R.O.; DIAS, A.C.F.; TOMAZ, B.A.; SILVA-FILHO, A.A.; WERUSTSKY, C.A.; RIBAS, D.F.; SPOLIDORO, J.; MARCHINI, J.S. Utilização da Bioimpedância para Avaliação da Massa Corpórea. Autoria: Associação Brasileira de Nutrologia Sociedade Brasileira de Nutrição Parenteral e Enteral. 2009. Disponível em: [http://www.projetodiretrizes.org.br/8\\_volume/39-Utilizacao.pdf](http://www.projetodiretrizes.org.br/8_volume/39-Utilizacao.pdf) Acesso em: 20/10/14

CORNISH, B.H; JACOBS, A; THOMAS, B.J; WARD, L.C. Optimizing electrode sites for segmental bioimpedance measurements. 1999.

DX3. Linha de roupas de compressão 2015, Modelo de camiseta feminina. Disponível em <http://www.dx3pro.com.br/>, acesso em 26 de junho de 2015.

EICKEMBERG, M.; OLIVEIRA, C.C.; RORIZ, A.K.C.; SAMPAIO, L.R. Bioimpedância elétrica e sua aplicação em avaliação nutricional. Rev. Nutr. vol.24 no.6 Campinas Nov./Dec. 2011

LUKASKI, H.C. Requirements for clinical use of bioelectrical impedance analysis (BIA). Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10372152>. Acesso em: 24/11/14

NAGAI, M.; KOMIYA, H.; MORI, Y., OTHA, T.; KSAHARA, Y.; IKEDA, Y. Development of a new method for estimating visceral fat área with multi frequency bioelectrical impedance. J Exp Med. 2008; 214(2): 105-12.

REIS FILHO, A.D.; RAVAGNANI, F.C.P.; OLIVEIRA, M.P.P.; FETT, C.A.; ZAVALA; A.A.; COELHO-RAVAGNANI, C.F. Comparação entre diferentes aparelhos de bioimpedância para

*11º Colóquio de Moda – 8ª Edição Internacional*  
*2º Congresso Brasileiro de Iniciação Científica em Design de Moda*  
**2015**

avaliação do percentual de gordura. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, Editora Universa, 2011;19(2):5-12.

RODRIGUES, Paulo J.P. Patente, Número da Publicação: WO2012004774 A1, Peúga para monitorização biométrica integrada, 2012, Requerente Fiorima, S.A.

ROSSI, L.; TIRAPGUI, J. Comparação dos métodos de bioimpedância e equação de Faulkner para avaliação da composição corporal em desportistas. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences vol. 37, n. 2, maio/ago., 2001

RYO, M.; MAEDA, K.; ONDA, T.; Katashima, M.; OKUMIYA, A.; NISHIDA, M. *et al.* A new simple method for the measurement of visceral fat accumulation by bioelectrical impedance. Diab Care. 2005; 28(2): 451-3.