



Bioimpedância elétrica: uma breve revisão

Allan Sorrilha Meira Barros¹, allansmb@hotmail.com

Nadya Luiza Fogaça Rizato¹, nadya.rizato@gmail.com

Daniele Alves Fardin¹, danieldefardin1@gmail.com

Ricardo Gouveia Teodoro¹, ricardo.teodoro@ifpr.edu.br

Resumo: A análise de bioimpedância elétrica é uma técnica utilizada, geralmente, para estimar a composição corporal de um indivíduo. Dessa forma, para melhor entender seu funcionamento, este trabalho realiza uma revisão bibliográfica sobre o tema, abordando o conceito de impedância elétrica e a sua relação com os tecidos do corpo humano. Explicamos também os diferentes métodos de medição da bioimpedância, mostrando seus fundamentos básicos e suas diferenças, tanto em relação ao posicionamento dos eletrodos pelo corpo quanto em relação às frequências de corrente elétrica utilizadas. Por fim, fazemos algumas considerações sobre a bioimpedância elétrica, ressaltando algumas de suas vantagens e desvantagens, além citar alguns exemplos de pesquisas realizadas na área.

Palavras-chave: Bioimpedância; Composição corporal; Medição; Engenharia biomédica.

1 Introdução

A análise de bioimpedância elétrica (ou bioimpedanciometria) é um método que permite estimar a composição do corpo humano em termos de massa magra e gordura. Por esse motivo, ela é utilizada por diversos profissionais da saúde para avaliar pacientes que estejam em situações clínicas

como desnutrição, obesidade, traumas (lesões), doenças endócrinas, doenças renais ou hepáticas, por exemplo. Além disso, também pode ser utilizada em atletas, permitindo que seu treinamento seja otimizado por meio dessa avaliação.

Seu princípio consiste em fazer que uma corrente elétrica de baixa intensidade (cerca de 0,8 mA) percorra o corpo, permitindo que seja medida a sua impedância elétrica. Dessa forma, associado a outros dados como massa corporal, altura, idade e sexo, esse valor permitirá a análise da condição física do paciente avaliado (SAMPAIO, 2012).

2 Conceito de impedância elétrica

Como seu nome sugere, a bioimpedância elétrica está relacionada à diversos conceitos presentes na teoria de circuitos elétricos, sobretudo à impedância. Esta pode ser entendida como sendo a oposição que um determinado circuito oferece à passagem de corrente elétrica alternada (senoidal) (ALEXANDER; SADIKU, 2013). Medida em ohms (Ω), a impedância (Z) também pode ser definida em termos de tensão (V) e de corrente elétrica (I) pela seguinte equação (lei de

¹Instituto Federal do Paraná - IFPR Paranavaí

Ohm):

$$Z = \frac{V}{I} \quad (1)$$

A impedância é descrita através de um número complexo, onde a parte real representa a resistência elétrica (R) e a parte imaginária representa a reatância (X):

$$Z = R + j \cdot X \quad (2)$$

Embora as duas partes ofereçam resistência à corrente elétrica, a reatância é, também, responsável por “deslocar” a onda senoidal da corrente em relação à onda senoidal da fonte de tensão. Enquanto que a resistência (R) sempre assume um valor positivo, a reatância (X) pode assumir tanto um valor negativo (reatância capacitiva - X_C) quanto um valor positivo (reatância indutiva - X_L).

Os valores da resistência elétrica dependerão de estruturas que, no circuito elétrico, atuem como resistores, dissipando energia elétrica, sem “atrasar” ou “adiantar” o sinal da corrente elétrica em relação ao da tensão.

Já os valores das reatâncias dependerão da frequência em que a corrente elétrica oscila e de estruturas que atuem como capacitores (para as reatâncias capacitivas) ou como indutores (para as reatâncias indutivas). As fórmulas das reatâncias podem ser descritas, em termos de frequência (f) e de capacitância (C) / indutância (L), da seguinte forma:

$$X_C = -\left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}\right) \cdot j \quad (3)$$

$$X_L = (2 \cdot \pi \cdot f \cdot L) \cdot j \quad (4)$$

3 Impedância elétrica no corpo humano

O método de bioimpedância elétrica se baseia no fato dos tecidos corporais

possuírem resistências elétricas diferentes. Os tecidos magros são bons condutores de eletricidade, pois possuem uma grande quantidade de água e eletrólitos em sua composição. Em contrapartida, os tecidos adiposos (ricos em gordura), a pele e os ossos possuem baixa condutividade, tendo uma resistência elétrica consideravelmente maior (EICKEMBERG et al., 2011).

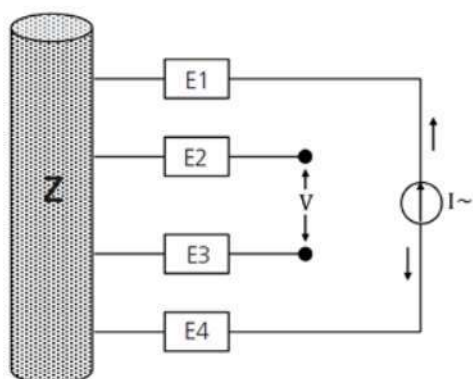
Além disso, devemos considerar que as membranas celulares (ou plasmáticas) podem atuar como capacitores, armazenando carga elétrica quando uma tensão elétrica é aplicada sobre elas. Essa característica capacitiva deve-se à natureza dielétrica (isolante) das membranas, proporcionando que cargas elétricas opostas se acumulem no exterior e no interior das células. Dessa forma, de acordo com a frequência da corrente elétrica que percorrerá o corpo humano, a sua reatância (e, conseqüentemente, a sua impedância) impedância irá variar (KYLE et al., 2004).

4 Medição da impedância elétrica corporal

Para que se possa medir a impedância elétrica, geralmente, são colocados 4 eletrodos no corpo, onde os dois eletrodos mais extremos ($E1$ e $E4$) são ligados a uma fonte de corrente elétrica alternada e os outros dois ($E2$ e $E3$) são terminais que serão utilizados para a medição da diferença de potencial elétrico entre eles (SÁNCHEZ-IGLESIAS; FERNÁNDEZ-LUCAS; TERUEL, 2012), como pode ser visto na Figura 1. Dessa forma, por meio da lei de Ohm, pode-se calcular o valor da impedância. Além disso, é possível também calcular o ângulo de defasagem causado pela impedância, permitindo que seja decomposta em resistência elétrica e reatância.

O método de medição pode variar tanto em função do posicionamento dos eletrodos pelo corpo humano quanto em função das frequências de corrente elétrica utilizadas. Quanto à posição dos eletrodos,

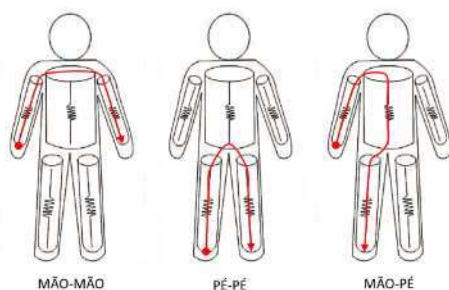
Figura 1 – Esquema do modelo de medição de bioimpedância com quatro eletrodos.



Fonte: Adaptado de SÁNCHEZ-IGLESIAS; FERNÁNDEZ-LUCAS; TERUEL (2012).

eles podem ser posicionados de forma que a corrente elétrica percorra de uma mão à outra (mão-mão), de um pé ao outro (pé-pé) ou de uma das mãos para um dos pés (mão-pé) (FILHO et al., 2010), como podemos observar na Figura 2. Para isso, os eletrodos *E1* e *E2* devem ser colocados no(a) mesmo(a) pé/mão, enquanto que *E3* e *E4* deverão estar situados no(a) pé/mão de destino da corrente.

Figura 2 – Esquema exemplificando os diferentes métodos de medição de bioimpedância em função da posição dos eletrodos.



Fonte: Adaptado de SAMPAIO (2012).

No entanto, apesar de não ser muito utilizada comercialmente, é possível também mensurar a bioimpedância de maneira localizada, dispondo os eletrodos sobre a região do corpo a ser analisada. Um exemplo

desse tipo de medição pode ser encontrado no trabalho de FREEBORN; FU (2018), onde sua metodologia inclui a obtenção da impedância do bíceps de cada voluntário sob diferentes condições.

Como dito anteriormente, os métodos de análise de bioimpedância também podem variar em relação às frequências de corrente elétrica utilizadas. Os aparelhos de bioimpedanciometria existentes podem ser monofrequenciais (utilizam apenas a frequência de 50 KHz) ou multifrequenciais (realizam várias medições, variando sua frequência de 5 a 1000 KHz) (EICKEMBERG et al., 2011). Estes últimos possibilitam uma análise de dados mais avançada, permitindo a elaboração de gráficos correlacionando a resistência elétrica e a reatância em função das frequências utilizadas.

Por fim, os dados obtidos sobre a impedância corporal, juntamente com outros dados do paciente (idade, massa corporal, sexo, altura, etc), podem ser convertidos nos dados desejados (massa magra, gordura, hidratação, densidade óssea, etc) por meio de equações de predição. Essas equações são definidas empiricamente e podem variar dependendo do aparelho utilizado ou do grupo populacional a ser analisado (SAMPAIO, 2012).

5 Considerações sobre a bioimpedância

A bioimpedância mostra-se bastante interessante por ser um método que permite avaliar a composição corporal de maneira não-invasiva e indolor, retornando os resultados rapidamente. A maioria dos equipamentos disponíveis no mercado são portáteis e permitem que o paciente seja examinado de maneira confortável.

No entanto, devemos considerar que, para que a bioimpedanciometria seja feita de maneira confiável, é necessário que o avaliado siga o preparo estabelecido pelo profissional de saúde, incluindo jejum de alimentos e

líquidos antes da avaliação. Além disso, a posição do paciente durante a medição pode interferir nos resultados obtidos, fazendo com que a confiabilidade do método utilizado dependa desse fator.

É importante ressaltar que a bioimpedância é uma área que abre espaço para diversas possibilidades de pesquisa, já que sua aplicação não se restringe apenas a determinar o percentual de gordura corporal e de massa magra. O estudo realizado por BARBOSA-SILVA et al. (2005), por exemplo, buscou correlacionar o ângulo de fase da impedância obtido em diversos voluntários com características como idade e sexo. Já o estudo de GUPTA et al. (2008) verificou o ângulo de fase de pacientes com câncer de mama, evidenciando uma possível relação entre os dois. Podemos citar também o trabalho feito por ORTH (2013) que analisou a variação da impedância do bíceps durante contrações isométricas e durante o estado de fadiga muscular.

Dessa forma, esperamos, a partir da revisão bibliográfica feita por este texto, contribuir, não apenas para a divulgação científica das técnicas de medição de bioimpedância elétrica, mas também para a realização de outros trabalhos nessa área.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, C. K.; SADIKU, M. N. *Fundamentos de circuitos elétricos*. [S.l.]: AMGH Editora, 2013. Citado na página 1.
- BARBOSA-SILVA, M. C. G. et al. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex-. *The American journal of clinical nutrition*, Oxford University Press, v. 82, n. 1, p. 49–52, 2005. Citado na página 3.
- BRITTO, E. P. de; MESQUITA, E. T. Bioimpedância elétrica aplicada à insuficiência cardíaca. *Rev SOCERJ*, v. 21, n. 3, p. 178–183, 2008. Nenhuma citação no texto.
- EICKEMBERG, M. et al. Bioimpedância elétrica e sua aplicação em avaliação nutricional. *Revista de Nutrição*, SciELO Brasil, v. 24, n. 6, p. 873–882, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 3.
- FILHO, J. C. J. et al. Estimativa da composição corporal e análise de concordância entre analisadores de impedância bioelétrica bipolar e tetrapolar. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, Sociedade Brasileira de Medicina do Exercício e do Esporte, p. 13–17, 2010. Citado na página 2.
- FREEBORN, T.; FU, B. Fatigue-induced cole electrical impedance model changes of biceps tissue bioimpedance. *Fractal and Fractional*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 2, n. 4, p. 27, 2018. Citado na página 3.
- GUPTA, D. et al. Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in breast cancer. *BMC cancer*, BioMed Central, v. 8, n. 1, p. 249, 2008. Citado na página 4.
- KYLE, U. G. et al. Bioelectrical impedance analysis—part i: review of principles and methods. *Clinical nutrition*, Elsevier, v. 23, n. 5, p. 1226–1243, 2004. Citado na página 2.
- ORTH, T. Impedance changes in biceps brachii due to isometric contractions and muscle fatigue using electrical impedance myography (eim). 2013. Citado na página 4.
- SAMPAIO, L. R. Avaliação nutricional. EDUFBA, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 3.
- SÁNCHEZ-IGLESIAS, A.; FERNÁNDEZ-LUCAS, M.; TERUEL, J. L. Fundamentos eléctricos de la bioimpedancia. *Nefrología (Madrid)*, SciELO Espana, v. 32, n. 2, p. 133–135, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 3.