

Tomografia de Impedância Elétrica em Meios Biológicos

Valcir J. C. Farias, Marcus P. C. Rocha, Liliane Ribeiro da Silva*

Programa de Pós-Graduação em Matemática e Estatística-PPGME, ICEN, UFPA

Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá, 66.075-900, Belém-PA

E-mail: valcir@ufpa.br, mrocha.ufpa.br, lilirisi@hotmail.com.

RESUMO

A *Tomografia por Impedância Elétrica* (TIE) comumente utiliza a injeção de uma corrente de alta frequência (> 10 KHz) e baixa amplitude (< 12 mA), aplicada através de eletrodos dispostos ao redor do tórax, delimitando um plano transversal que permite a reconstrução da imagem de um corte axial dos pulmões.

A corrente é injetada em um eletrodo e as medidas de voltagens são coletadas pelos demais eletrodos na superfície do tórax e são utilizadas por um algoritmo de reconstrução de imagens que resolve um problema matemático inverso, não linear e mal posto.

Um problema mal posto, neste caso, significa que a solução (imagem estimada) para a distribuição de impedâncias pode não ser única e ser instável, ou seja, pequenos erros na medida de voltagens podem resultar em soluções diametralmente diferentes. Este problema é agravado quando se tem um número relativamente pequeno de medidas independentes (normalmente 104 a 464, dependendo do número de eletrodos), em quantidade bem menor que os pixels representados na imagem.

Para que seja possível lidar com a natureza mal posta do problema, os algoritmos de reconstrução de imagem em TIE fazem uso de alguns pressupostos, tais como regularizações e que a distribuição de impedâncias intra-torácica é suave, sem grandes diferenças entre duas regiões vizinhas. As regularizações auxiliam na reconstrução de imagens, permitindo que o algoritmo decida entre várias soluções possíveis.

Outras técnicas de reconstrução tais como ressonância magnética, tomografia computadorizada ou ultra-sonografia possuem resolução das imagens geradas melhores do que a tomografia por impedância elétrica. Entretanto, a TIE é inofensiva ao paciente por não utilizar radiações, possui baixo custo, as dimensões do equipamento são reduzidas, evitando, desta forma, a remoção do paciente de seu leito para a realização do exame.

Em algumas situações clínicas, o monitor de TIE poderá simplesmente substituir tecnologias existentes, a um custo e risco bem menor. De acordo com [10] em pacientes com danos pulmonares, a tendência de desenvolver alterações profundas no processo de ventilação artificial é grande, podendo causar, inclusive, danos permanentes. Assim, a detecção precoce do problema pode evitar tanto o colapso pulmonar ou o pneumotórax. Em (2007) [10] ressalta que o equilíbrio entre os extremos acima mencionados representa um desafio das Unidades de Terapia Intensiva (UTI), onde o ajuste dos parâmetros do sistema de ventilação artificial é feito manualmente pelo médico.

Vários pesquisadores buscam desenvolver algoritmos que sejam, ao mesmo tempo, rápidos e em condições de gerar imagens com boa resolução espacial. Para tanto, aplicam processos

*aluna do PPGME

de regularização, tentam refinar a malha de discretização do meio sob estudo, aplicam métodos denominados de dinâmicos com utilização de filtro linearizados, etc.

O modelo "fractal para resistividade complexa", desenvolvido na Universidade Federal do Pará [9], descreve as propriedades elétricas de um meio submetido a diferentes padrões de corrente elétrica, como é o caso da TIE. Esse modelo leva em consideração os efeitos fractais das superfícies porosas e descreve o comportamento elétrico de um meio em um amplo espectro eletromagnético. As características fractais do modelo foram aplicadas para melhorar as imagens de impedância elétrica obtidas em meios Geofísicos [9]. A grande vantagem da aplicação do modelo fractal para resistividade complexa é a possibilidade de se trabalhar em escalas microscópicas a partir de dados macroscópicos [6].

O objetivo deste trabalho é desenvolver a modelagem direta e inversa do processo descrito acima utilizando o método das diferenças finitas e aplicar como propriedades intrínseca do meio biológico o modelo fractal para resistividade complexa, [9]. Até o presente momento foi desenvolvida a modelagem direta, ou seja, foi resolvida a equação de Poisson

$\nabla \cdot [\sigma^*(x, y, z) \nabla V(x, y, z)] = -I \delta(x) \delta(y) \delta(z)$, onde σ é a condutividade do meio, V é o potencial, I é a intensidade de corrente e δ é a função delta de Dirac.

Palavras-chave: *Tomografia, Impedância elétrica, Diferenças finitas.*

Referências

- [1] M. B. P. Amato ; C. S. Barbas; D. M. Medeiros; R. B. Magaldi; G. P. Schettino; G. Lorenzi-Filho; R. A. Kairalla; D. Deheinzelin; c. Munoz; R. Oliveira; T. Y. Takagaki and C. R. R. Carvalho; 1998. Effect Of A Protective-Ventilation Strategy On Mortality In The Acute Respiratory Distress Syndrome. *New England Journal of Medicine*, 338(6), 347-354.
- [2] B. H. Blott, G. J. Daniell and S. Meeson; 1998. Nonlinear reconstruction constrained by image properties in EIT. *Phys. Med. Biol.* 43, pp.1215-24.
- [3] B. H. Blott, S. J. Cox, G. J. Daniell, M. J. Caton and D. A. Nicole; 2000. High fidelity imaging and high performance computing in nonlinear EIT. *Physiol. Meas.* 21, pp.1-7.
- [4] M. Cheney; D. Isaacson; J. C. Newell, 1999. Electrical Impedance Tomography. *SIAM REVIEW Society for Industrial and Applied Mathematics* Vol. 41, No. 1, pp. 85-101.
- [5] P. M. Church; P. M. Wort; S. G. Zenastra; J. McFee, 2001. Performance assessment of an electrical impedance tomography detector for mini-like objects. *Proceedings os SPIE Conference on Detection and Remediation of Mines and Mine-Like Targets IV.*
- [6] V. J. da C. Farias, 2004. "Interpretação de Dados de Polarização Induzida Usando o Modelo Fractal para Resistividade Complexa e Imagens Tomográficas". Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará - Centro Tecnológico - Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica.
- [7] A. Gibson, T. Tidswell, R. H. Bayford, D. S. Holder 2000. Spherical and Realistic Head Models in Electrical Impedance Tomography. In: *Biomedical Applications of EIT*, April, London, UK.
- [8] M. Molinari, S. J. Cox, B. H. Blott and G. J. Daniell, 2001, Adaptive Mesh Refinement Techniques for Electrical Impedance Tomography. *Physiol. Meas.* 22(1), pp. 91-96.
- [9] B. R. P. Rocha 1995. Modelo Fractal para Resistividade Complexa de Rochas: Sua Interpretação Petrofísica e Aplicação à Exploração Geométrica. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará - Centro de Geociências.
- [10] F. C. Trigo; 2001. Filtro estendido de Kalman Aplicado à tomografia por impedância elétrica. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo- Escola Politécnica.