

PLATAFORMA DE TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA SIMPLIFICADA PARA ANÁLISE EM TEMPO

Jerod William da Silva Monteiro, Pedro Bertemes Filho

INTRODUÇÃO

A Tomografia por Impedância Elétrica (EIT) é uma técnica que reconstrói a condutividade do corpo humano a partir das propriedades elétricas dos tecidos biológicos [1]. A técnica consiste na injeção de corrente por pares de eletrodos posicionados na superfície corporal, com coleta simultânea de tensões nos demais eletrodos, repetida em varredura de frequência para explorar a resposta capacitiva dos tecidos [2, 3].

Este trabalho teve como objetivo desenvolver, por meio de simulações no PSpice, malhas elétricas que representem edemas por meio de circuitos RC, permitindo analisar a variação da condutividade em função da frequência. A escolha do ambiente digital se justifica pela dificuldade em reproduzir as propriedades físicas dos tecidos em fantômas físicos, pelas limitações na alteração de parâmetros e pela degradação dos materiais ao longo do tempo [4,5]. Por fim, os dados gerados foram organizados no MATLAB e convertidos para o formato do EIDORS, que foi utilizado para gerar as imagens de condutividade.

DESENVOLVIMENTO

A metodologia envolveu a construção de dois fantomas elétricos e um sistema de alimentação. O primeiro fantoma consistiu em uma malha homogênea puramente resistiva com 32 eletrodos, formada pela replicação de uma submalha 16 vezes cada uma com 139 componentes capacitivos e resistivos, arranjado de forma que garanta uniformidade e compatibilidade com as técnicas de reconstrução do EIDORS.

Foi implementado um sistema de alimentação com fonte de corrente constante e multiplexadores para seleção sequencial dos pares de eletrodos, controlados por sinais digitais.

Na segunda etapa, capacitores foram inseridos em paralelo aos resistores para simular edemas, permitindo análise multifrequencial da impedância e representando melhor as características elétricas dos tecidos biológicos.

RESULTADOS

No fantoma resistivo, aplicou-se uma variação do valor da resistência no fantoma digital e foi possível identificar, no modelo gerado pelo EIDORS, a variação correspondente.

Na análise multifrequencial, a inserção dos capacitores permitiu observar o aumento da condutividade da região simulada conforme a frequência aumentava, devido à redução da impedância capacitiva, o que confirma a capacidade do modelo de representar fenômenos bioelétricos dependentes da frequência.

Nas regiões centrais do fantoma, um edema de 6,25% no modelo digital foi reconstruído como 16,38% no modelo gerado. Mesmo ao reduzir o edema para 0,58%, a área reconstruída permaneceu em 16,38%, evidenciando baixa precisão na estimativa de tamanho nessa região. Nas regiões próximas aos eletrodos, observou-se melhor precisão no tamanho mínimo avaliado: um edema de 0,18% do fantoma digital resultou em uma área de 2,33% no modelo gerado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fantasmas elétricos simulados reproduziram com eficácia o comportamento resistivo e capacitivo dos tecidos biológicos, gerando imagens coerentes com as variações aplicadas e possibilitando análises multifrequenciais. A simulação combinada do PSpice com o EIDORS demonstrou eficiência na geração de dados confiáveis, superando limitações dos fantasmas físicos. Observou-se baixa precisão na estimativa do tamanho dos edemas nas regiões centrais, enquanto nas áreas próximas aos eletrodos houve melhor correspondência entre o modelo e a imagem reconstruída. Com 2.224 componentes, o modelo mostrou sensibilidade a variações de condutividade e a fenômenos bioelétricos dependentes da frequência, validando sua aplicação para o desenvolvimento e aprimoramento de algoritmos de reconstrução em Tomografia por Impedância Elétrica.

Palavras-chave: tomografia; impedância elétrica; imageamento.

ILUSTRAÇÕES

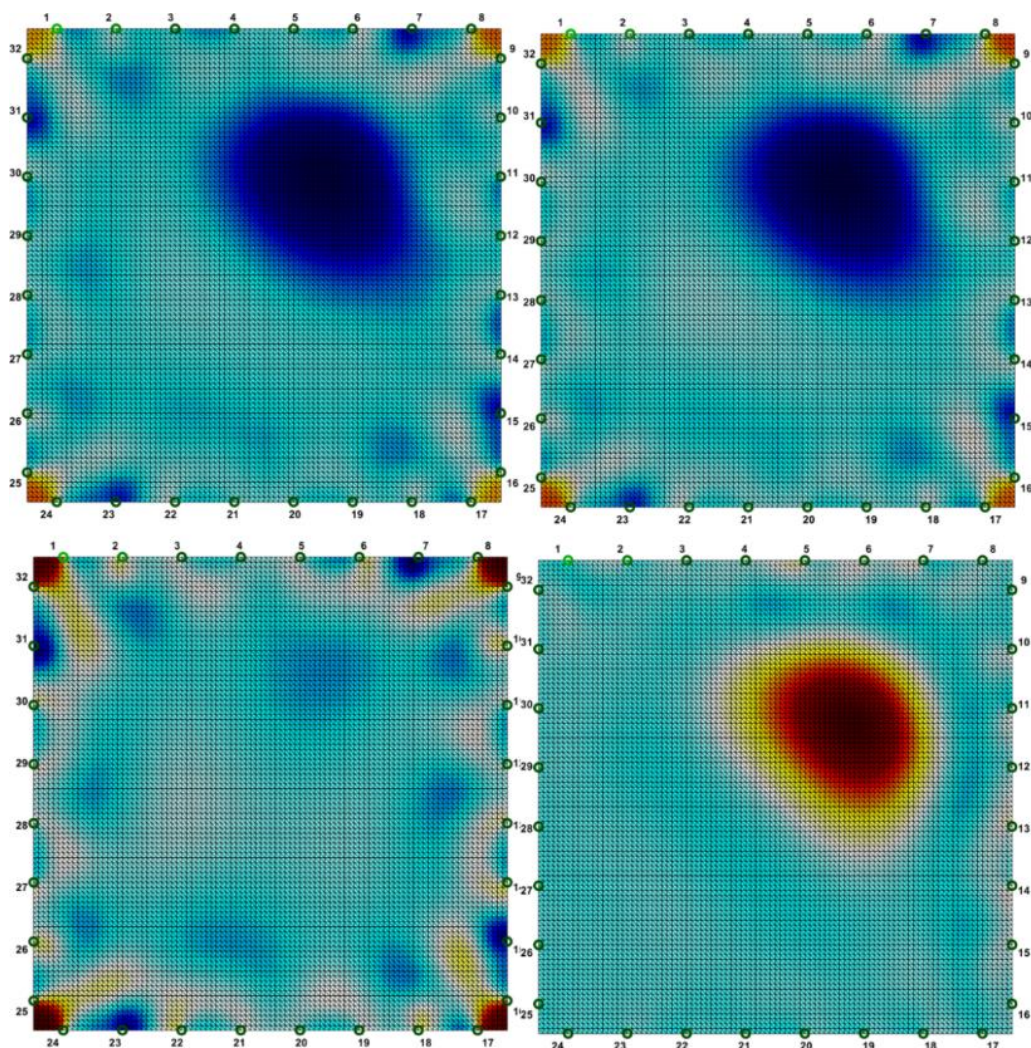


Figura 1. Resposta do edema simulado nas frequências 1 Hz, 1 kHz, 10 kHz e 100 kHz, respectivamente. As áreas em vermelho indicam maior admitância, enquanto as em azul representam maior impedância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GABRIEL, C.; GABRIEL, S.; CORTHOUT, E. *The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey*. **Physics in Medicine & Biology**, v. 41, n. 11, p. 2231–2249, 1996. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9155/41/11/001>. Acesso em: 16 jul. 2025.
- [2] MANSOURI, S. et al. *Electrical impedance tomography – recent applications and developments*. **Journal of Electrical Bioimpedance**, v. 12, n. 1, p. 50–62, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/joeb-2021-0007>.
- [3] BROWN, B. H.; SEAGAR, A. D. *The Sheffield data collection system*. **Clinical Physics and Physiological Measurement**, v. 8, n. 4A, p. 91–97, 1987. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0143-0815/8/4A/012>.
- [4] IONITA, C. N. et al. *Challenges and limitations of patient-specific vascular phantom fabrication using 3D Polyjet printing*. **Proceedings of SPIE**, v. 9038, p. 90380M, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1117/12.2042266>.
- [5] RICHARDSON, C.; KULKARNI, J. *A review of the management of phantom limb pain: challenges and solutions*. **Journal of Pain Research**, v. 10, p. 1861–1870, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.2147/JPR.S124664>.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Jerod William da Silva Monteiro

MODALIDADE DE BOLSA: PROBIC/UDESC (IC)

VIGÊNCIA: 01/09/2024 a 31/08/2025– Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Pedro Bertemes Filho

CENTRO DE ENSINO: CCT

DEPARTAMENTO: Engenharia Elétrica

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Engenharias / Engenharia Biomédica

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Sistema de Tomografia de Impedância Elétrica Multifrequencial para Aplicações de Pequeno Porte

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP3128-2019