



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2025**

Reconstrução de imagens bioelétricas cardíacas

Erientaldo de Cerqueira Santos Neto¹; Juan Alberto Leyva Cruz²

1.Erientaldo de Cerqueira Santos Neto, PIBIC/FAPESB, ENFERMAGEM, e-mail: erientaldo100@gmail.com

2.Juan Alberto Leyva Cruz, DEPARTAMENTO DE FÍSICA, e-mail: juan@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: uma; duas; três

INTRODUÇÃO

O coração é um dos órgãos principais na manutenção do funcionamento do corpo humano. Os problemas cardiovasculares são a principal causa de morte no mundo. No Brasil, os problemas cardíacos são a segunda causa de morte, especialmente o infarto agudo do miocárdio, com cerca de 85.500 casos por ano, ou quase 236 óbitos por dia. Clinicamente ou em pesquisa para avaliar ou entender o funcionamento do coração, várias técnicas são utilizadas sendo a Eletrocardiografia convencional (registro de eletrocardiograma) a mais usada. Neste trabalho, foi realizado um estudo da técnica de imagens bioelétricas para estudar o coração, chamado de mapeamento de potencial elétrico cardíaco na superfície do tórax. Foi realizada a integração de um grupo de rotinas em MATLAB envolvendo métodos computacionais e bibliotecas de programas de computador para resolver os problemas de imagens em Eletrocardiografia. Realizamos atualizações bibliográficas sobre a bioeletricidade com ênfase na técnica de imagem eletrocardiográfica. Foi utilizada a ferramenta computacional chamada siECG, nela foi implementado o método de regularização de Tikhonov, para obter as imagens bioelétricas cardíacas. Utilizando dados experimentais reais (geometrias discretas de imagens de ressonância magnética nuclear e dados de mapa de potencial bioelétrico medidos por 123 eletrodos na superfície do tórax do paciente), obtidos a partir de um banco de dados médico na internet, as previsões desta interface gráfica foram demonstradas. A técnica de imagem bioelétrica cardíaca aqui apresentada para o estudo de problemas cardíacos, como o infarto do miocárdio, mostrou-se promissora para futuros estudos na área de Física Médica.

METODOLOGIA

Neste trabalho a solução do problema direto e inverso na Eletrocardiografia segue o diagrama esquemático funcional da Fig. 1. No diagrama anterior podemos ver que o problema de imagens na Eletrocardiografia desde o ponto de vista funcional começa com a construção do modelo anatômico. Nesta etapa o paciente foi submetido a uma seção de obtenção de imagens em 3D do tórax usando ressonância magnética nuclear, RMN (ver a imagem de RMN do paciente na parte superior direita da Fig. 1). Vale salientar que no registro das imagens é comum utilizar a tomografia computadorizada multi-slice

tridimensional com raios-X (TC raios-x). Seguidamente se realizam as medições dos potenciais (mapas de ECGs) na superfície do tórax, em cada ponto onde estão localizados os bioeletrodos de acordo com o modelo Dalhousie do tórax.

De acordo com o digrama da Fig. 1, o seguinte passo foi a construção do modelo da geometria realista, utilizando o modelo de Dalhousie.

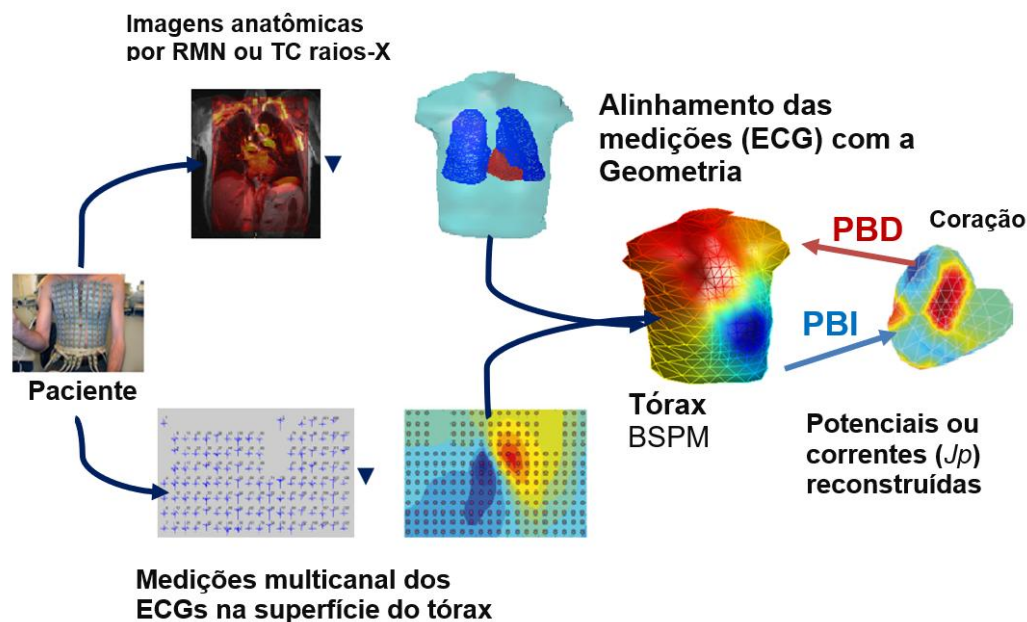


Figura 1. Diagrama esquemático funcional para resolver o problema de imagens direto e inverso na Eletrocardiografia. A imagem do paciente na parte central direita foi extraída de (Cluitmans, 2010).

A parte final do diagrama de funcionamento descrito na Fig. 1, chega à etapa de construção do modelo bioelétrico do volume condutor. Este modelo fica definido quando calculamos a matriz de transferência ou de ligação do campo, L usando a função `TransferMatrix_Phi_Linear.m`. Esta matriz representa uma relação linear entre as amplitudes das fontes e dos mapas de potenciais na superfície do tórax. Para realizar este cálculo foi necessário introduzir como valores de entrada da função, os valores das condutividades no exterior ($\sigma_o=0$) e no interior ($\sigma_i = 0.239$), do Volume Condutor do tórax. Agora, transformamos, L , para uma distribuição de fontes de correntes na direção normal à superfície do coração.

Finalmente, a partir da solução do problema direto (imagens de ECG no tórax) e as informações do modelo bioelétrico, procedemos à reconstrução dos potenciais no epicárdico através de uma reconstrução inversa, ou solução do problema inverso, usando de regularização de Tikhonov.

Os mapas de ECG na superfície do tórax foram fornecidos no banco de dados (Challenge, 2007), e foram medidos com uma frequência de amostragem de 2 kHz, usando 123 bioeletrodos no tórax de acordo com o modelo de Dalhousie. A partir destes dados os ECGs foram interpolados para os 352 locais correspondentes ao torso Dalhousie padrão projetado sobre a nova geometria do torso personalizado. Os dados dos BSPM continham as fases de uma contração cardíaca completa, ou seja, o complexo PQRST.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A interface gráfica da ferramenta computacional intitulada, Sistema de Imagens em Eletrocardiografia (siECG), programada usando o MATLAB, pode ser observada na Fig. 2.

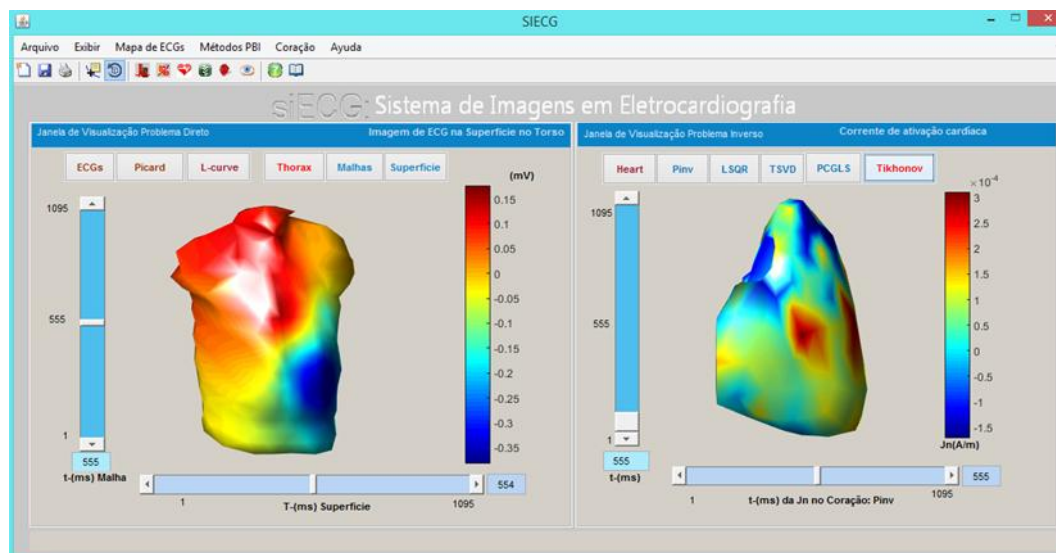


Figura 2. Interface gráfica da Ferramenta computacional do siECG aprimorado, nela podemos ver os dois painéis principais controlando o problema bioelétrico direto e inverso.

Essa interface gráfica siECG foi aprimorada, para a solução do problema bioelétrico direto e inverso na cardiografia. Podemos ver de forma clara dois painéis de gerenciamento do problema direto e outro dedicado ao problema inverso. Em cada um destes painéis foram posicionados objetos gráficos, tais como botões, eixos, caixas de edição de textos, caixas de texto estáticos e barras deslizantes. Interagindo com estes componentes é possível executar as diferentes funções desta ferramenta. A resolução do problema bioelétrico inverso na cardiologia, foi realizada usando os dados do paciente 03 que teve um infarto do miocárdio e aplicando, a regularização de Tikhonov. Podemos observar diferentes regiões de ativação sobre o miocárdio, para o tempo de ativação de 476 ms. As cores vermelhas indicam valores positivos e azuis negativos.

A interface gráfica integrou dois pacotes de rotinas, o primeiro chamado de ferramenta computacional “Helsinki BEM library” (Stenroos, 2007), e o segundo foi o pacote conhecido como ferramentas de regularização, para análise e solução de problemas inversos discretos (Hansen, 2007). Ambas as bibliotecas são de código aberto e escritas em Matlab.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi estudado o problema de imagens bioelétricas cardíacas. Realizou-se um levantamento bibliográfico sobre fenômenos bioelétricos, refletindo sobre a evolução das técnicas de diagnósticos cardíacos desde Einthoven (desde 3 derivações cardíacas) até as técnicas de imagens bioelétricas cardíacas (que utilizam

centenas de derivações cardíacas na superfície do tórax) para medir ECGs. Estudou-se as aplicações das equações de Maxwell na matéria viva no regime quase-estacionário. Realizou-se revisões bibliográficas sobre bioeletricidade com ênfase na técnica de imagem eletrocardiográfica, no processamento de imagens com ênfase em eletrocardiografia por imagens, envolvendo o método de elementos de fronteiras.

A interface gráfica em Matlab chamada siECG foi aprimorada, nela foram implementados os métodos de pseudoinversa e Tikhonov, por meio dos quais os problemas diretos e inversos na cardiografia foram resolvidos. Utilizando dados experimentais reais (geometrias discretas de imagens de ressonância magnética nuclear e dados de mapa de potencial bioelétrico medidos por 123 eletrodos na superfície do tórax do paciente), obtidos a partir de um banco de dados médico na internet, a viabilidade desta interface gráfica foi demonstrada. A técnica de imagem bioelétrica cardíaca aqui apresentada para o estudo de problemas cardíacos, como o infarto do miocárdio, mostrou-se promissor para futuros estudos na área de Física Médica. Como perspectiva, colocamos a necessidade de fazer mais testes para avaliar a qualidade dos processos de inversão de dados.

REFERÊNCIAS

A.C.L. BARNARD I.M. DUCK, AND M.S. LYNN. The application of electromagnetic theory to electrocardiology. I. Derivation of the integral equations. [Periódico] // Biophys. J.. - 1967. - pp. 443-462.

Challenge PhysioNet/Computers in Cardiology Imaging of Myocardial Infarction. [Online] // Imaging of Myocardial Infarction.. - 2007. - <http://www.physionet.org/challenge/2007/>.

Cluitmans Matthijs Non-invasive reconstruction of electrical heart activity [Relatório]. - 2010.

Dawoud F Wagner GS, Moody G, Horacek BM. Using inverse electrocardiography to image myocardial infarction--reflecting on the 2007 PhysioNet/Computers in Cardiology Challenge

Hansen P. C. Regularization Tools Version 2.0 for Matlab 7.3 [Artigo] // Numerical Algorithms,. - 2007. - Vol. 46. - pp. 189-192..

KAY H.P. SCHWAN AND C.F. Capacitive properties of body tissues [Periódico] // Ann. N.Y. Acad. Sci.. - 1957. - pp. 1007-1013.

REITZ JOHN R. Fundamentos da teoria eletromagnética [Livro]. - Rio de Janeiro : Campus, 1982. - 3.

S. GABRIEL R. W. LAU, AND C. GABRIEL. The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz [Periódico] // Physics Medic Biophy. - 1996. - pp. 2251-2269.

Stenroos Matti A Matlab library for solving quasi-static volume conduction problems using the boundary element method [Periódico]. - December de 2007. - pp. 256-263.

Stenroos Matti BOUNDARY ELEMENT METHOD IN SPATIAL CHARACTERIZATION OF THE ELECTROCARDIOGRAM [Relatório] : Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology. - Helsinki : Faculty of Information and Natural Sciences, Helsinki University of Technology,, 2008.