

Função Peso no Algoritmo Backprojection

Estudo Aplicado à Imagens do Tórax



Elisa Pereira Kameda (ekameda@linux.ime.usp.br)

Orientadora: **Joyce da Silva Bevilacqua** (joyce@ime.usp.br)

Bolsista de Iniciação Científica FAPESP

Instituto de Matemática e Estatística da USP, São Paulo, Brasil



Introdução

Este trabalho de iniciação científica insere-se no projeto temático da FAPESP *Novas Estratégias em Ventilação Artificial: Diagnóstico e Prevenção do Barotrauma/Biotrauma através da Tomografia de Impedância Elétrica*, cujo objetivo é a utilização da técnica de tomografia por impedância elétrica (TIE) para monitoramento contínuo dos pulmões de pacientes submetidos à ventilação artificial.

Tomografia por Impedância Elétrica - TIE

Através de medidas de voltagens na borda de uma secção transversal do tórax, esta técnica reconstrói a condutividade interna (impedância) desta secção.

Para obtenção de uma imagem por TIE, N eletrodos igualmente espaçados são distribuídos em uma secção transversal do tórax e correntes de 1 miliampere são aplicadas sucessivamente em pares adjacentes de eletrodos. Com isso, para cada par, são coletadas medidas de voltagens em todos os eletrodos.

A imagem final é construída através da contribuição de cada conjunto de medidas percorrendo todos os pares de eletrodos, ou seja, uma média de N imagens. Para o monitoramento contínuo de pacientes é necessário construir 24 imagens por segundo.

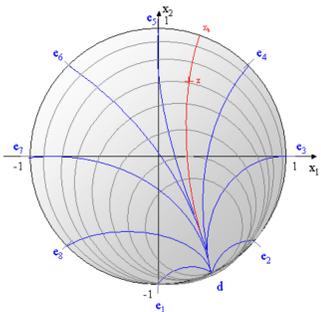


Figura 1 - Projeção de linhas equipotenciais do dipolo elétrico

Backprojection - Algoritmo de Reconstrução de Imagens

O algoritmo utilizado para reconstrução das imagens é o **backprojection**, uma adaptação do algoritmo clássico utilizado em tomografia computadorizada.

Considere x um ponto do domínio e a equipotencial de voltagem que passa por d e x e atinge a fronteira em x_b (Figura 1).

O valor da voltagem de cada ponto x_b não coincidente com a posição de um eletrodo é determinado por interpolação por splines cúbicos, a partir dos dados de voltagens medidos na fronteira. Este valor de x_b é projetado sobre a equipotencial definida pelo dipolo (par de eletrodos) d e ponderado por uma função $\Phi(x, \omega)$, que, no algoritmo clássico depende da distância do ponto x e do dipolo d .

Na Figura 2 é mostrada a função peso do algoritmo de projeção clássico. Pode-se notar que essa função apresenta uma singularidade na posição do dipolo, onde a função tende para o infinito e também, seu rápido decaimento para zero, à medida que o ponto se afasta do dipolo. Sendo evidente a penalização da região central da imagem.

A proposta deste trabalho é explorar diferentes funções peso avaliando seu impacto sobre a qualidade da imagem final.

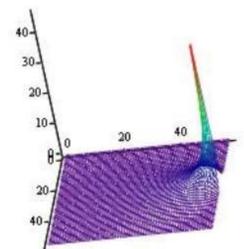


Figura 2 - Superfície da função peso no algoritmo clássico

Função Peso Exponencial

Durante o primeiro semestre de trabalho, a função estudada foi $W_1(x, \omega) = \alpha \exp(\gamma \cdot x)$, onde $\alpha, \gamma \in \mathcal{R}$ e x está definido como na função peso do algoritmo clássico.

Esta função foi escolhida com base na função original, pois também possibilita a simulação de decaimentos, mas poderia recuperar melhor as informações de pontos distantes do dipolo. As simulações envolveram o estudo da imagem de um copo e dois copos em posições definidas dentro de uma cuba salina.

Pôde-se notar que existe um intervalo de valores para γ que não ocasiona a degeneração da imagem e, dentro deste intervalo, há valores em que os copos podem ser identificados através de picos bem definidos, porém apresentando oscilações na borda (em alguns casos pouca e em outros muita) e bastante espalhamento em sua base. Alguns resultados podem ser vistos nas Figuras 3, 4, 5 e 6.

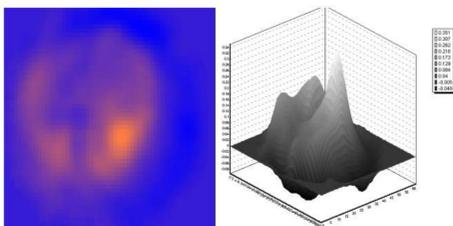


Figura 3 - Imagem de 1 copo utilizando função peso original

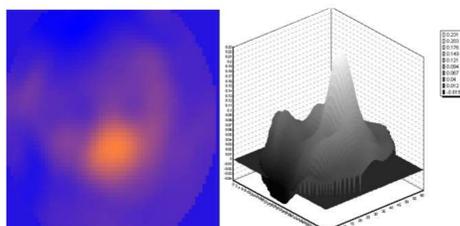


Figura 4 - Imagem de 1 copo utilizando função W_1 com parâmetros alfa = 1.0 e gama = -0.3125

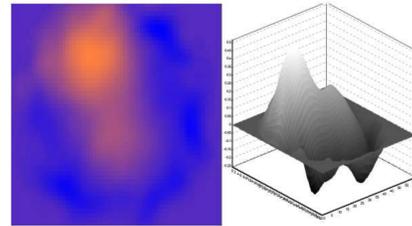


Figura 5 - Imagem de 2 copos utilizando função peso original

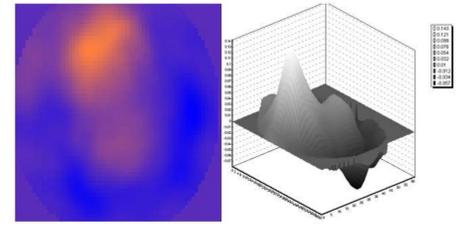


Figura 6 - Imagem de 2 copos utilizando função W_1 com parâmetros alfa = 2.0 e gama = -2.5

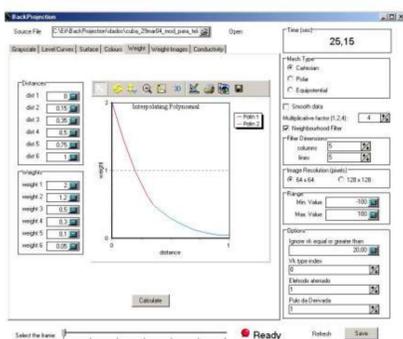


Figura 7 - Interface gráfica (interpolação e perfil dos polinômios)

Interpolação Polinomial

No segundo semestre de trabalho, a função peso foi substituída por dois polinômios interpoladores $P_1(x)$ e $P_2(x)$, que são construídos a partir de seis pares de pontos $(x_i, f(x_i))$, com x_i definido como o x da função original e $f(x_i)$ o peso aplicado no ponto que determina x . Foram utilizados dois polinômios interpoladores, pois a função peso atua de forma diferente em, principalmente, duas regiões da imagem: na região próxima ao dipolo e na região central. Neste caso, as simulações foram realizadas com imagens de um cilindro de 1 cm de diâmetro em uma posição definida dentro de uma cuba salina.

Para a realização dos testes foram adicionadas funcionalidades à uma interface gráfica já existente de modo a permitir diversos tipos de estudos, como a visualização das curvas dos polinômios interpoladores e das imagens comparativas com a função peso original e aquela utilizando polinômios e também do espalhamento em relação ao centro do cilindro (Figura 7).

Foram realizadas simulações com diversos perfis de curvas: decaimento contínuo, crescimento contínuo, maior ponderação de pontos no centro da imagem e maior ponderação para pontos distantes do dipolo. O único perfil desfavorável é aquele em que há crescimento contínuo, ou seja, pontos próximos ao dipolo recebem pouca ponderação e os distantes dele recebem muita. Alguns resultados podem ser vistos nas Figuras 8, 9 e 10.

Apesar de esta nova função peso apresentar resultados semelhantes à função peso exponencial, obteve-se resultados mais satisfatórios, pois houveram menores oscilações na borda e o espalhamento apresentado na base do cilindro foi menor.

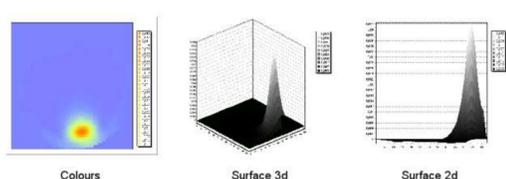


Figura 8 - Imagem do cilindro utilizando a função peso original

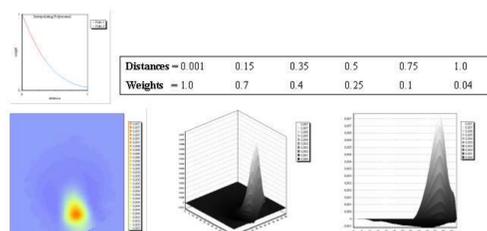


Figura 9 - Imagem do cilindro utilizando perfil com decaimento contínuo

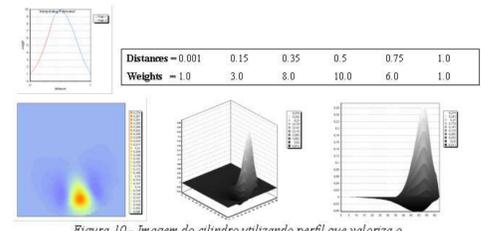


Figura 10 - Imagem do cilindro utilizando perfil que valoriza o centro da imagem