



DESENVOLVIMENTO DE UM ALGORITMO DE OTIMIZAÇÃO BIOINSPIRADO E HÍBRIDO PARA RECONSTRUÇÃO DE IMAGENS DE TOMOGRAFIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA

Priscila Dias Mendonça, Reiga Ramalho Ribeiro

INTRODUÇÃO

A Tomografia por Impedância Elétrica (TIE) consiste numa técnica de imagem não-invasiva e livre de radiação ionizante capaz de mapear a distribuição de condutividade ou resistividade elétrica do interior do corpo/domínio sob estudo, através da aplicação de corrente elétrica alternada de alta frequência e baixa amplitude a partir de eletrodos posicionados na superfície do domínio. Tendo em vista que o problema inverso da TIE, ou seja, a reconstrução do mapa de condutividade é governado pela Equação de Poisson, sendo este um problema mal-posto e mal-condicionado, logo não existem soluções matemáticas únicas para resolver tal problema (BARBOSA et al., 2017). Este trabalho propõe um novo algoritmo híbrido (hSFLA) baseado em Shuffled Frog Leaping (SFLA), Evolução Diferencial (ED) e Simulated Annealing (SA) para reconstrução de imagens de TIE, a partir da minimização da função objetivo, sendo comparados os seus resultados quali e quantitativos com os de sua forma canônica (SFLA) que é uma metaheurística amplamente utilizada na busca de soluções em problemas de otimização.

METODOLOGIA

Foram realizados experimentos computacionais para domínio circular construído com 415 elementos finitos triangulares (ADLER & LIONHEART, 2006). Os problemas propostos consistem na minimização da função objetivo para reconstruir objetos irregulares isolados em três configurações: no centro, entre o centro e a borda e próximo à borda do domínio. Utilizou-se o erro relativo entre as distribuições de potenciais elétricos medidos e calculados na borda do domínio como a função objetivo (BARBOSA et al., 2017). Candidatos a solução são vetores reais usados como abstrações teóricas para distribuições de condutividade possíveis, onde cada dimensão corresponde a um determinado elemento finito da grade. Foram realizadas 10 simulações para a reconstrução de cada imagem ouro/ domínio sob estudo (mostradas na Figura 2 no canto esquerdo), além de obter os resultados qualitativos e quantitativos médios. SFLA (BALAMURUGAN, 2012): aplicaram-se o número total de sapos da população de candidatos a solução de 100 e o número de memeplexes de 10. hSFLA: aplicaram-se o número total de sapos da população de candidatos a solução de 100, o número de memeplexes de 10, a expressão de salto é substituída pela expressão de mutação da Evolução Diferencial DE-3 (RIBEIRO, 2014) e é mantido o salto que aumenta o valor da função objetivo caso seja satisfeita a probabilidade de processo do SA (KIRKPATRICK et al., 1983). Foram realizados experimentos para 10, 30 e 50 iterações, como critério de parada. Vale ressaltar que, as técnicas foram implementadas nos softwares MATLAB R2008a e EIDORS 3.7.1 para construção do domínio e resolução dos problemas direto da TIE.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta o comportamento da função objetivo com relação ao número de iterações dos algoritmos para as três configurações do domínio sob estudo. Quanto a Figura 2, mostra os resultados da reconstrução obtidos a partir das técnicas estudadas neste trabalho SFLA e hSFLA para objetos localizados no centro (a1, a2 e a3), entre centro e borda (b1, b2 e b3) e próximo à borda (c1, c2 e c3) do domínio para 10, 30 e 50 iterações como critério de parada, respectivamente.

Em todas as configurações de implementação comentadas neste trabalho, a técnica hSFLA demonstrou ser capaz de reconstruir mais rapidamente as imagens anatomicamente consistentes de TIE (Figura 2), sendo possível observar através da Figura 1 que a técnica de hibridização implementada neste trabalho gerou um algoritmo (hSFLA) capaz de levar os sapos de mesmo memeplex saltarem em diversas direções ao longo das iterações, o que deve ter gerado maior diversidade da população de candidatos a solução, combinando assim

o caráter de busca local do algoritmo SFLA e a busca global do algoritmo ED, consequentemente gerando resultados com menor valor da função objetivo ao longo das iterações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, a técnica hSFLA provou ser a melhor abordagem para a reconstrução de imagem de TIE, tanto do ponto de vista qualitativo (imagens reconstruídas anatomicamente consistentes) quanto quantitativo (valores menores de erro relativo), quando comparado com o algoritmo SFLA. Como pesquisas futuras recomenda-se do ponto de vista do software investigar infraestruturas de software e linguagens de programação para migrar o código para um ambiente compilado que suporte experimentação com técnicas de paralelismo e arquitetura paralela.

Figura 1. Gráfico do decaimento do erro relativo em função do número de iterações para SFLA (linha contínua) e hSFLA (linha pontilhada).

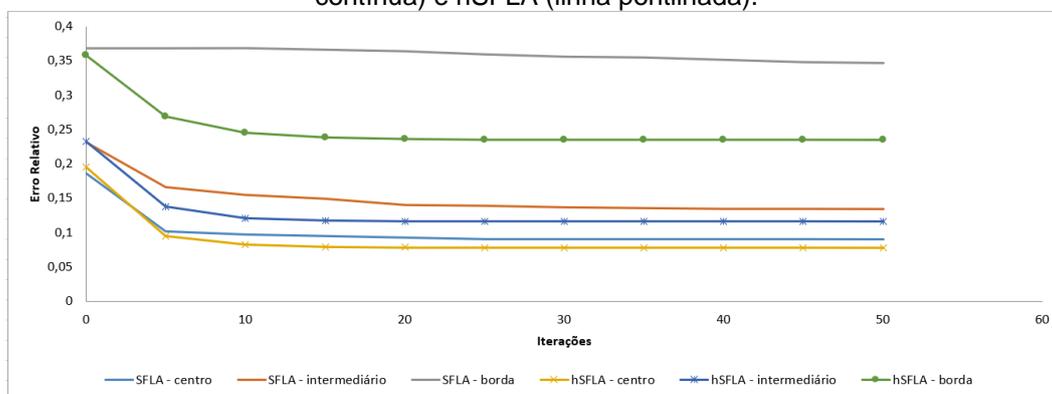
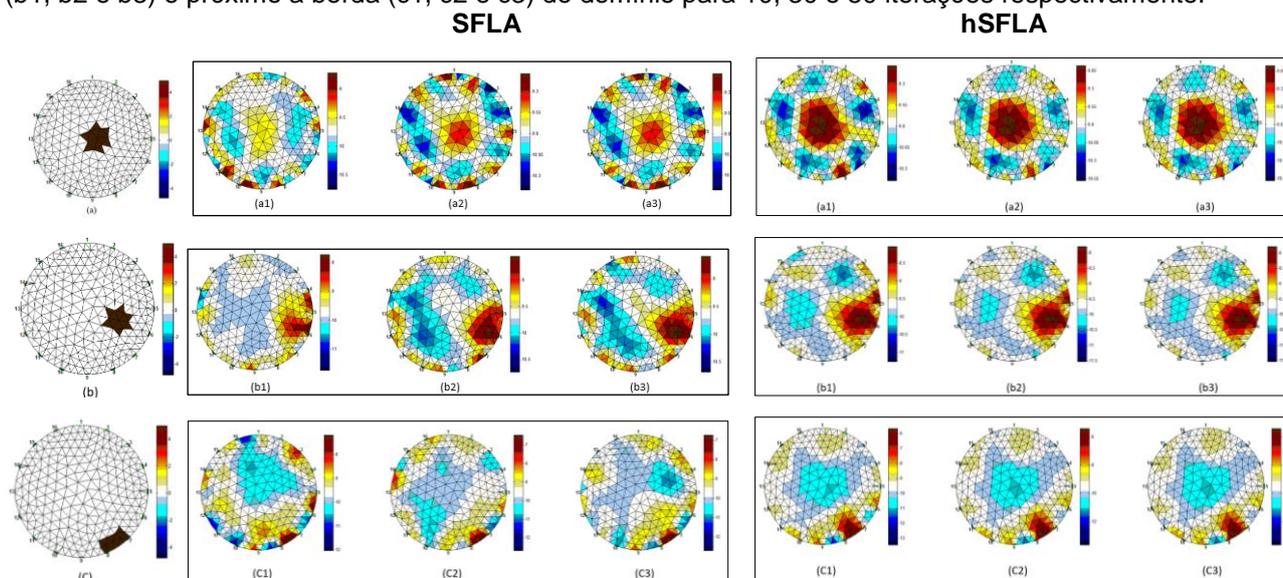


Figura 2. Resultados de reconstrução para objetos colocados no centro (a1, a2 e a3), entre o centro e a borda (b1, b2 e b3) e próximo a borda (c1, c2 e c3) do domínio para 10, 30 e 50 iterações respectivamente.



REFERÊNCIAS

ADLER, Andy; LIONHEART, William RB. **Uses and abuses of EIDORS: an extensible software base for EIT.** Physiological measurement, v. 27, n. 5, p. S25, 2006.

BARBOSA, Valter AF et al. **Reconstruction of electrical impedance tomography using fish school search,**



non-blind search, and genetic algorithm. International Journal of Swarm Intelligence Research (IJSIR), v. 8, n. 2, p. 17-33, 2017.

BALAMURUGAN, R. **Application of shuffled frog leaping algorithm for economic dispatch with multiple fuel options.** In: 2012 International Conference on Emerging Trends in Electrical Engineering and Energy Management (ICETEEEM). IEEE, 2012. p. 191-197.

RIBEIRO, Reiga R. et al. **A modified differential evolution algorithm for the reconstruction of electrical impedance tomography images.** In: 5th ISSNIP-IEEE Biosignals and Biorobotics Conference (2014): Biosignals and Robotics for Better and Safer Living (BRC). IEEE, 2014. p. 1-6.

KIRKPATRICK, Scott; GELATT, C. Daniel; VECCHI, Mario P. **Optimization by simulated annealing.** science, v. 220, n. 4598, p. 671-680, 1983.