

Introdução

O OsteoImage é um programa computacional que vem sendo desenvolvido para determinar vários parâmetros geométricos/topológicos e morfológicos que são de interesse na análise da estrutura do osso trabecular. Um parâmetro importante na caracterização da rede trabecular é a tortuosidade, que é uma característica geométrica de meios porosos, medindo o grau de sinuosidade do poro (ou grão) em uma determinada direção.

Objetivos

Implementar, computacionalmente, uma técnica para estimar a tortuosidade da rede trabecular a partir de um conjunto tridimensional de imagens binarizadas.

Metodologia

Desenvolvimento de algoritmos, utilizando a linguagem de programação C++, para realizar os cálculos da tortuosidade. As imagens foram obtidas por micro-tomografia computadorizada.

Algoritmo

Há diferentes métodos para estimar a tortuosidade de um meio poroso, porém, neste projeto utilizamos sua definição geométrica, que é a média da razão L_g / L_e para todos os pontos analisados, onde L_g é a distância geodésica e L_e é a distância Euclidiana entre dois pontos p_1 e p_2 conexos em uma mesma fase do meio poroso. L_g corresponde à menor distância entre estes pontos. Para calcular L_g , é utilizado o princípio da reconstrução geodésica (RG) sobre a imagem binária tridimensional, recobrando a estrutura da trabécula, considerando os voxels brancos como compondo a fase do osso trabecular. L_e é considerada a quantidade de camadas de voxels que separam p_1 e p_2 e L_g o número de reconstruções necessárias para alcançarmos p_2 . Na Figura 1, é ilustrado o processo morfológico da RG para uma imagem bidimensional.

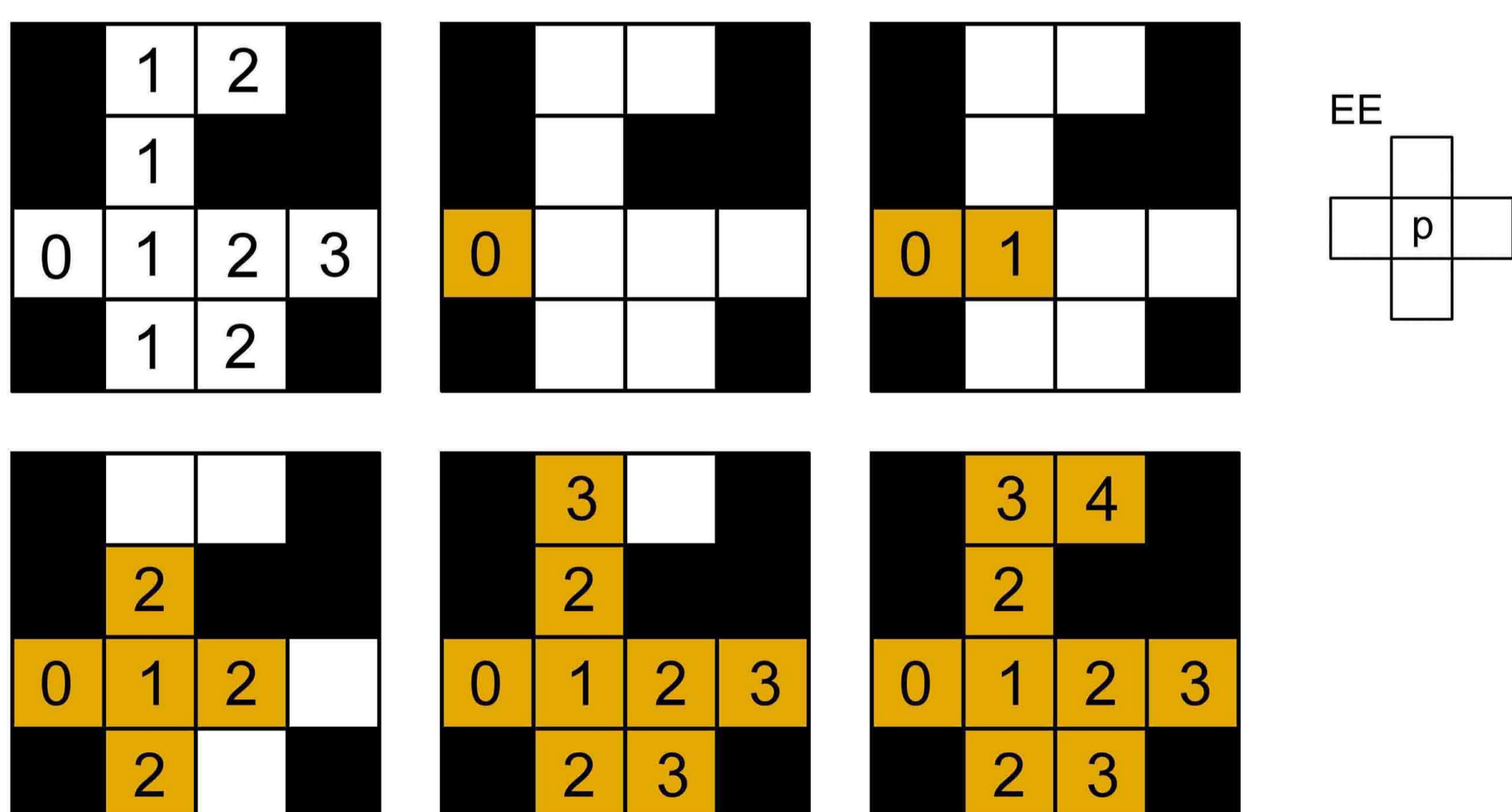


Figura 1: Exemplo de processo de reconstruções geodésicas com um elemento estruturante (EE) de 4 pixels; os números internos aos quadrados amarelos apresentam os valores de L_g de cada ponto e os números internos aos quadrados brancos apresentam seus valores de L_e .

O algoritmo da RG é estendido para um arranjo tridimensional, contendo os elementos binários da imagem, tomando um plano de varredura nos seis sentidos do volume da amostra. A RG é realizada com um EE para vizinhanças de 6 voxels.

Resultados

Foram consideradas 15 amostras do osso rádio-distal. São apresentados abaixo os resultados para a tortuosidade no sentido positivo do eixo z das amostras 266 (rede A) e 269 (rede B). A amostra 266 apresenta uma rede com alta conectividade trabecular e a 269 apresenta uma com baixa conectividade trabecular.

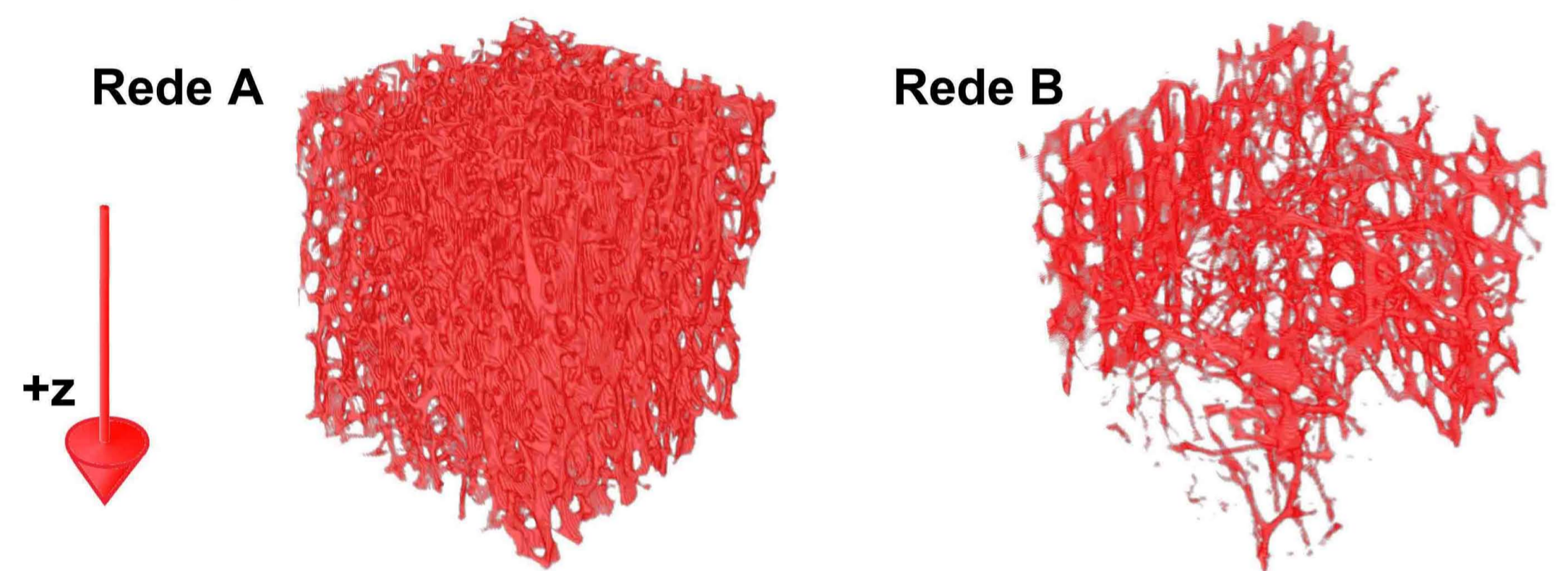


Figura 2: A rede A apresenta uma tortuosidade de 1,2591, e para a rede B foi encontrada uma tortuosidade de 1,3108.

A tortuosidade também pode ser estimada para a estrutura formada pela conectividade de uma única trabécula. Na Figura 3, é ilustrada a conectividade de uma trabécula específica para as amostras 266 (trabécula A) e 269 (trabécula B).

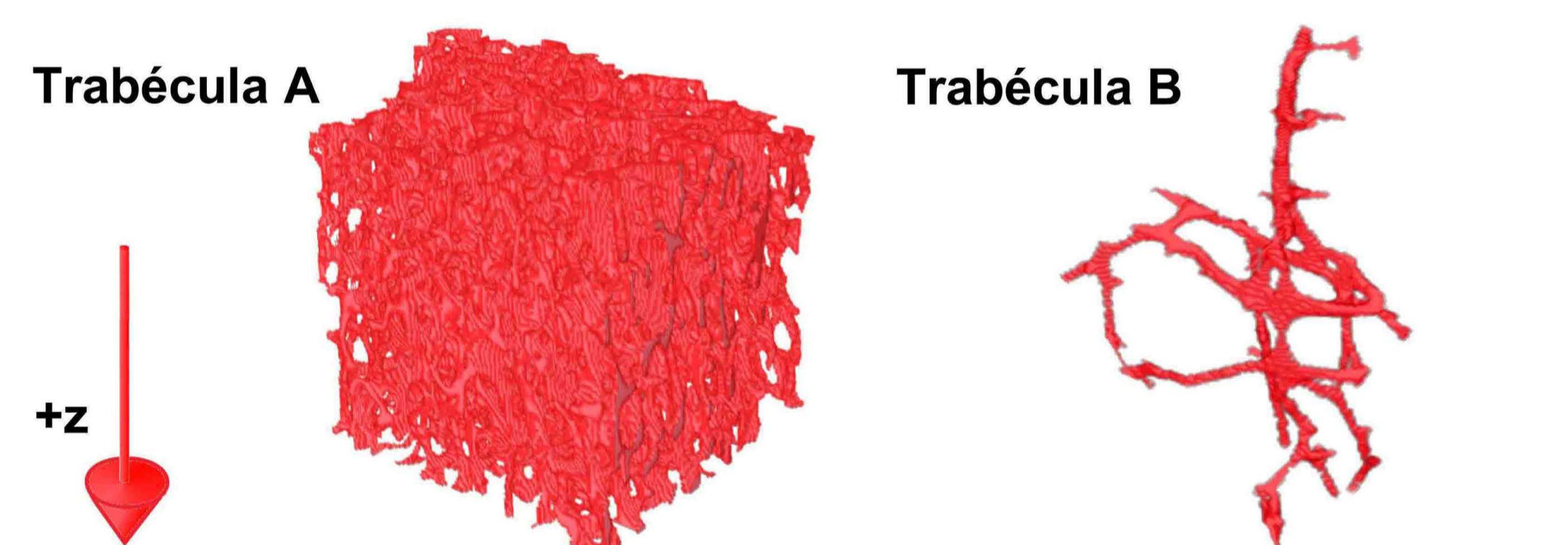


Figura 3: Para a trabécula A, foi encontrada uma tortuosidade de 1,34706, e a trabécula B apresentou uma tortuosidade de 1,62945.

Conclusões

O algoritmo da reconstrução geodésica foi implementado no OsteoImage com elemento estruturante de 6, 18 e 26 vizinhos e diferentes técnicas para estimativa da tortuosidade. Várias otimizações foram realizadas na implementação do algoritmo da tortuosidade por reconstrução geodésica e no cálculo da tortuosidade, visando a diminuir o custo espacial e temporal. Além da análise de uma estrutura óssea, o algoritmo implementado pode ser útil para estimar a tortuosidade da estrutura porosa de uma rocha-reservatório, relacionando-a com propriedades de escoamento e transporte de partículas.

Referências

Tortuosidade da Rede do Osso Trabecular a partir da Reconstrução Geodésica de Imagens Binárias Tridimensionais, Waldir L. Roque, Katia Arcaro e Iuri Freytag, XI Workshop de Informática Médica, pp. 1708-1717, XXXI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 19 a 22 de Julho de 2011, Natal - RN.