



Tomografia 2D usando dados de GPR - modelo direto via princípio de Fermat.

Rodrigo Bijani Santos e Cosme Ferreira da Ponte Neto, Observatório Nacional - MCT.

Resumo

De modo geral a tomografia é uma ferramenta muito valiosa no estudo de estruturas internas. Na geofísica é estudada no imageamento de estruturas anômalas em subsuperfície. Este projeto tem como mérito desenvolver uma nova metodologia baseada no princípio de Fermat e na teoria dos grafos para a geração dos dados sintéticos de GPR – Ground Penetrating Radar. A inversão dos dados sintéticos é realizada pelo método Heurístico mais conhecido no mundo acadêmico, o algoritmo genético (AG), que simula o processo de seleção natural para a obtenção de uma solução desejada.

Introdução

A teoria vigente para o desenvolvimento da modelagem direta aplicada à tomografia de dados Geofísicos é bem conhecida. A lei física é a de Snell-Descartes que relaciona as velocidades de dois meios distintos à ângulos de desvio de um raio em relação à uma reta normal à interface entre os dois meios. Como podemos ver na figura 1, a lei de Snell-Descartes é oriunda de um princípio físico mais fundamental: o princípio de Fermat, ou princípio do tempo mínimo. Este princípio diz que os fenômenos ópticos ocorrem visando a minimização do tempo de trânsito.

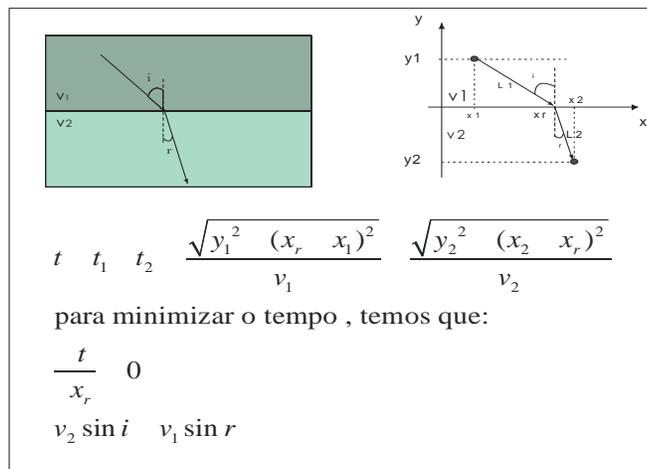


Figura 1: Demonstração da lei de Snell-descartes a partir do princípio de Fermat.

Para resolver um problema de natureza contínua é

necessária a discretização do espaço de análise. A discretização escolhida foi baseada na teoria matemática dos grafos. Um grafo pode ser considerado um conjunto de vértices conectados por arestas de formas distintas.

As arestas podem representar qualquer grandeza física bem como podem formar grafos orientados e não-orientados.

Há várias ferramentas computacionais para se obter estimativas a partir de dados sintéticos. Um dos métodos mais conhecidos é o Algoritmo Genético. Este algoritmo simula processos naturais, tais como seleção natural, mutação, recombinação e evolução genética para obter uma possível solução. Esta é uma característica dos métodos Heurísticos, que simulam acontecimentos naturais para resolver problemas de diversas áreas do conhecimento.

Modelo direto

A ideia deste projeto concentra-se na construção de um modelo sintético baseado no princípio de Fermat e na teoria dos grafos. Inicialmente discretizamos o espaço de análise em vértices, ou nós, conectados por arestas, caracterizando-se num grafo. Na figura 2, propusemos a construção de um grafo não orientado com simetria hexagonal e 390 vértices representando a subsuperfície.

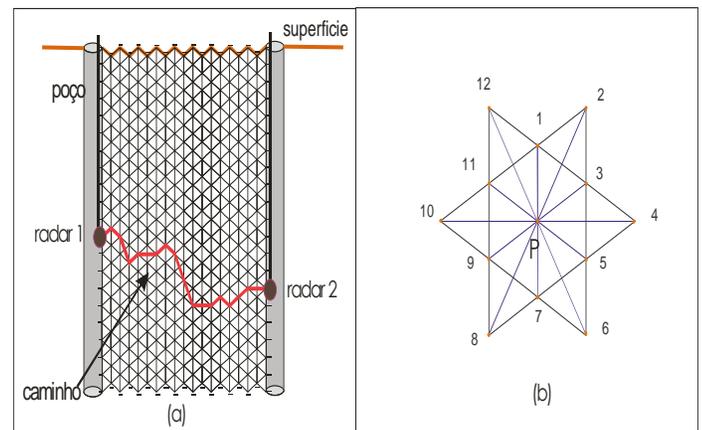


Figura 2: (a) Representação esquemática de um caminho para a onda eletromagnética durante a aquisição dos dados de GPR cross-hole e (b) um zoom de uma célula hexagonal mostrando os vizinhos diretos de um ponto qualquer P.

Em seguida propomos que a onda eletromagnética transite pelo grafo desde a antena transmissora até a

antena receptora respeitando o princípio de Fermat. A ferramenta computacional utilizada para aplicar o princípio de Fermat é o algoritmo de Dijkstra, cujo propósito é fornecer o menor caminho entre dois vértices de um grafo com arestas positivas. Vale ressaltar que as arestas do grafo são os tempos de trânsito da onda eletromagnética entre um vértice e outro consecutivo. A soma dos valores de todas as arestas representa o tempo total de trânsito da onda desde a antena transmissora até a receptora. Os dados sintéticos são as posições das antenas e os tempos de primeira chegada da onda eletromagnética à antena de recepção.

Modelo inverso

O método de inversão utilizado é o algoritmo genético (AG), cujo propósito é simular processos de seleção natural e de evolução genética na busca pela solução otimizada. Para concluirmos a tomografia criamos um modelo de velocidades estratificado, como exemplificado na figura 3, representando os dados sintéticos.

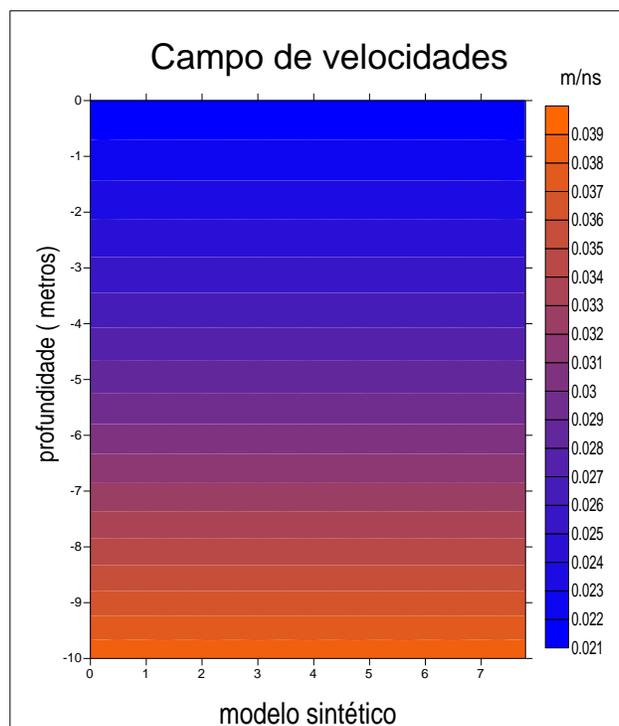


Figura 3: Modelo sintético de velocidades com estrutura estratificada.

Resultados

Como é possível ver na Figura (4), o algoritmo genético apresentou dificuldades em recuperar a estrutura apresentada no modelo sintético, pois estamos diante de um problema cuja solução apresenta forte ambigüidade. Para tratar desta dificuldade, devemos introduzir algumas informações prévias ao modelo, que são as regularizações.

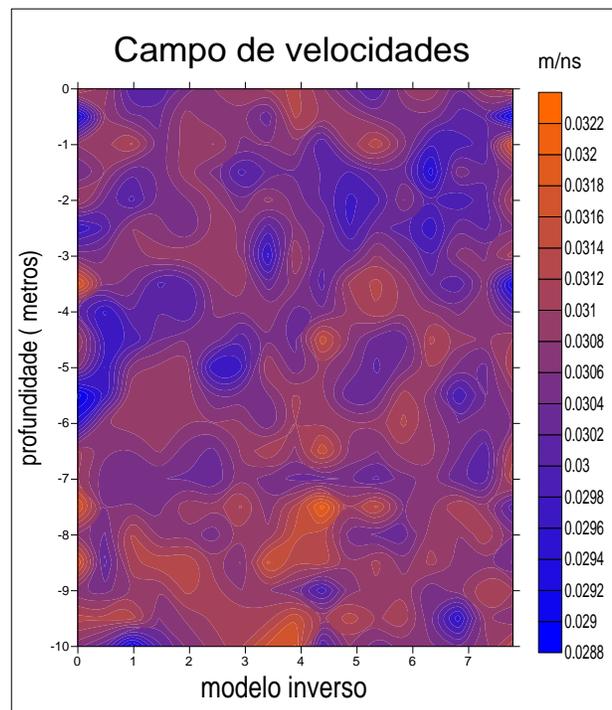


Figura 4: Inversão por AG

Discussão e Conclusões

As etapas posteriores deste projeto serão reduzir a massa de dados sintéticos, ou seja, reduzir o número de vértices do grafo para agilizar a otimização realizada pelo algoritmo genético, que é bastante custosa computacionalmente, além de aprimorar o estudo dos regularizadores para implementá-los de maneira mais eficaz ao modelo inverso.

Referências

T.J.Moser, Shortest path calculation of seismic rays – Geophysics – 1991, pag 59-67.

Dijkstra,E.W. Node on two problems in connection with grafs . Numer .Math.1 (1959) ,269-271

Cormen,T.H. – Leiserson, C.E. – Rivest,R.L – Stein C. – Algoritmos – Teoria e prática , Elsevier – Campus -2001, pag 470-475

High-Resolution Crosshole Radar Tomography: Application to Liquefaction-Induced Changes in Soil on Treasure Island ; Robert E. Kayen,1 Walter A. Barnhardt,1 Scott Ashford,2 Kyle Rollins,3 Diane L. Minasian,1 and Bradley A. Carkin1.

D. Goldberg, Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison- Wesley 1989.

L. Davis, *Handbook of Genetic Algorithms*, VNR Comp. Library, 1990.

