APROXIMAÇÕES PARA OS TEMPOS DE TRÂNSITO

Bolsista: Alexandre William Camargo **Orientador: Prof. Dr. Lúcio Tunes dos Santos**

Departamento de Matemática Aplicada – IMECC – UNICAMP

Palavras – Chaves: Equação Iconal – Reflexão Sísmica - CMP

Introdução

Um impulso, gerado num ponto de superfície terrestre, retorna a outros pontos da mesma devido a existência de propriedades físicas. Os intervalos de tempo entre o instante da geração do impulso e os instantes relativos às chegadas são denominados Tempos de Trânsito. Encontrar expressões e estimativas para esses tempos de trânsito são de grande interesse no processamento de dados sísmicos.

Metodologia

Estudamos a equação iconal e a aplicação do princípio de Fermat na formulação dos tempos de trânsito através de um problema de otimização. Assim, considere um modelo bidimensional com velocidade de percurso v(x,z). A equação iconal é dada por

(1) $$\|\nabla T(x,z)\| = 1/v(x,z),$$

onde T é o tempo de percurso. Se colocarmos uma fonte pontual em (x_S, z_S) com $T(x_S, z_S) = 0$, e considerarmos o meio homogêneo, isto é, $v(x,z) = c > 0$ (constante), então o tempo de percurso entre a fonte e um ponto de profundidade qualquer é dado por

(2) $$T(x,z) = \sqrt{(x - x_s)^2 + (z - z_s)^2} \Big/ c,$$

ou seja, a trajetória que representa esse tempo de percurso (denominado raio) é o segmento de reta que une a fonte ao ponto de profundidade.

Para o cálculo do tempo de trânsito consideramos um refletor representado pela equação $\Sigma(x,z) = 0$, onde, por convenção, o eixo z aponta para baixo. O tempo de reflexão de uma onda — que parte da fonte, (x_S, z_S), reflete e volta até um geofone, (x_g, z_g), que está acima do refletor —pode ser formulada fazendo o uso do princípio de Fermat resultando no seguinte problema abaixo

(3) $$\tau = Min\ \tau_S(x,z) + \tau_g(x,z)$$
$$s.a\ \ \Sigma(x,z) = 0,$$

onde Tp é a solução da equação iconal para $p = s, g.$

Ainda foi visto a fórmula CMP (do inglês, "Common MidPoint"), pois a idéia é parametrizar a expressão a partir do tempo de reflexão, To, associado a fonte e geofone localizados no mesmo ponto, a saber, o ponto médio entre (x_S, z_S) e (x_g, z_g). O tempo de reflexão pode ser aproximado por

(4) $$\tau \approx \sqrt{T_o^2 + Ch^2},$$

onde h é a metade da distância entre (x_S, z_S) e (x_g, z_g), e C é um parâmetro que depende da velocidade do meio e da posição do refletor.

Por fim, implementamos numericamente as fórmulas estudadas para validar as aproximações através de experimentos computacionais usando o MATLAB 7.

Resultados

Fizemos experimentos para diferentes tipos de refletores. Como podemos observar nas figuras (lado esquerdo mostra o modelo e o lado direito mostra o gráfico dos tempos de trânsito) abaixo, a aproximação obtida (traço de linha preta) é considerada boa mesmo tendo os fatores de ruído (círculos vermelhos). A Figura 1 e Figura 2 mostram refletores planos, por isso que a curva aproximada está bem próxima dos valores exatos. A Figura 3 mostra um refletor curvo , a aproximação cai um pouco e essa queda já é esperada, pois o refletor não é simples como nas figuras anteriores; apesar disso consideramos que a aproximação está dentro do esperado.

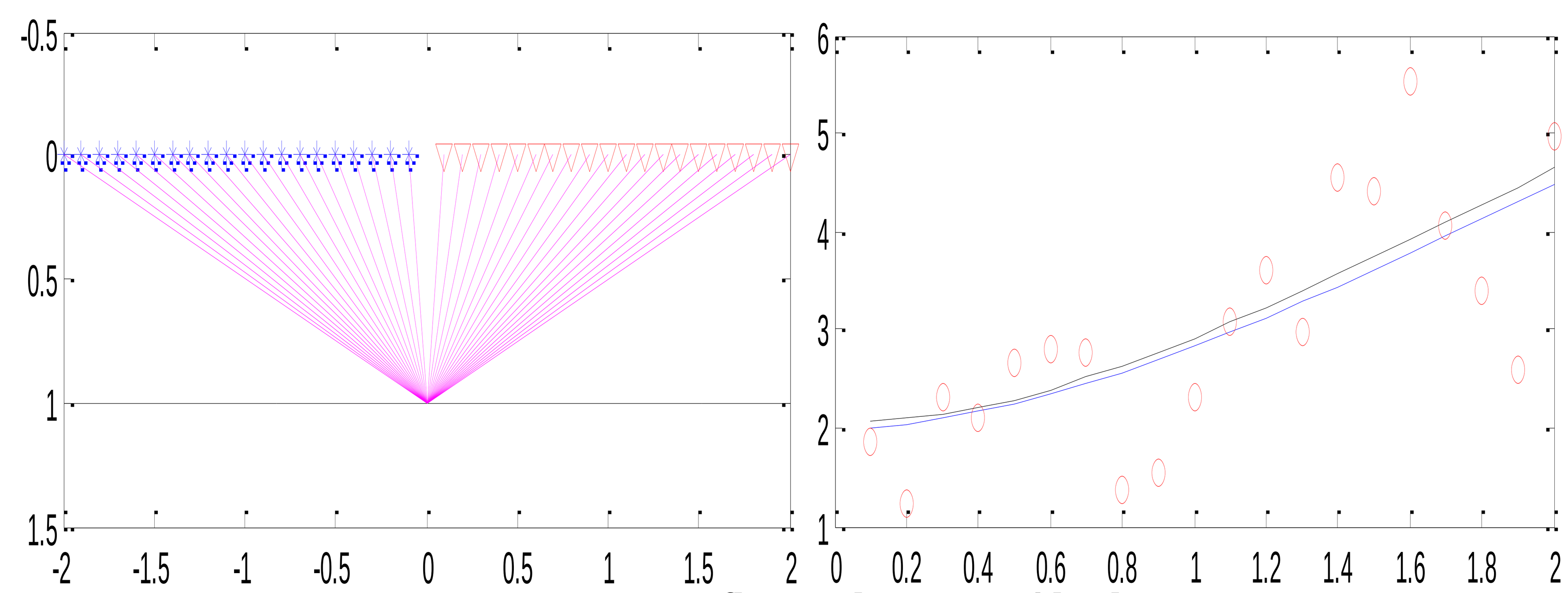

Figura 1: Refletor plano e ruído de 50 %.

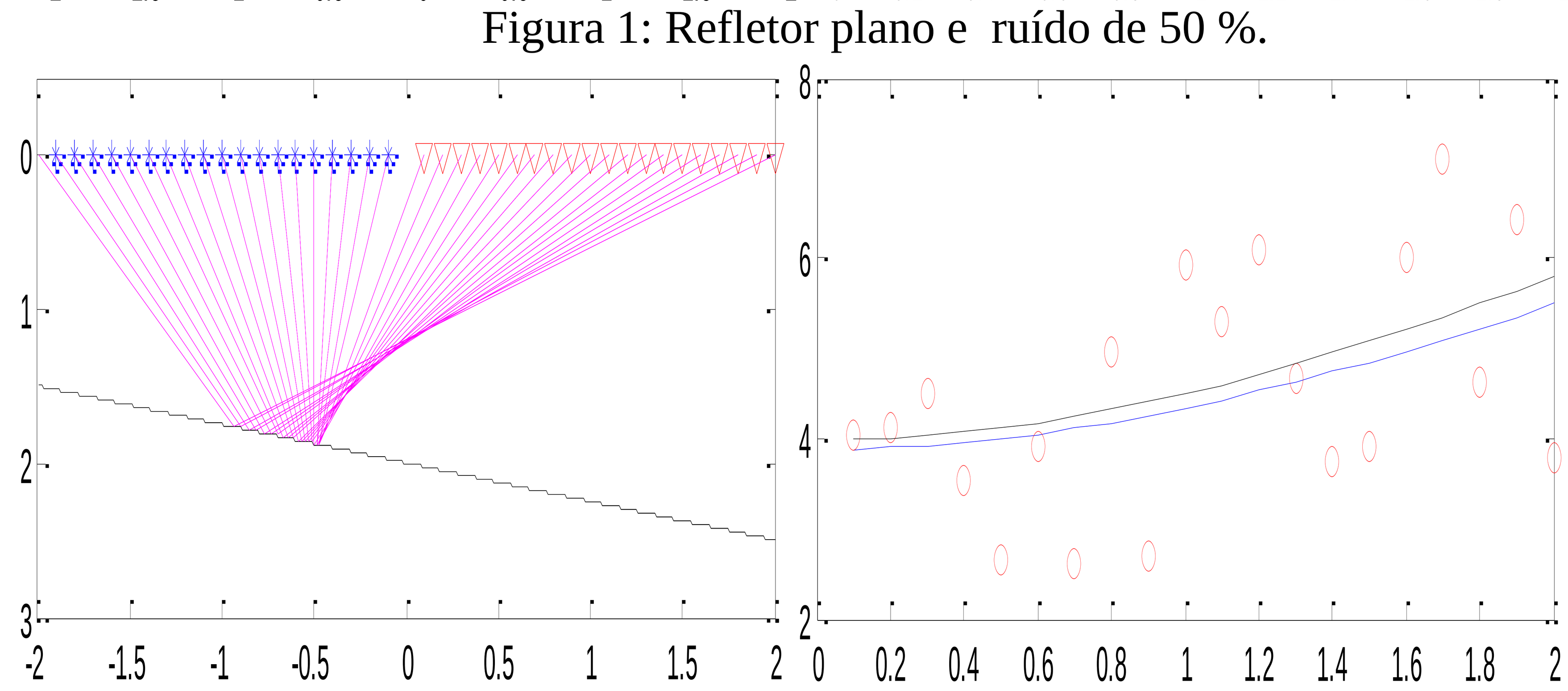

Figura 2: Refletor inclinado e ruído de 40%.

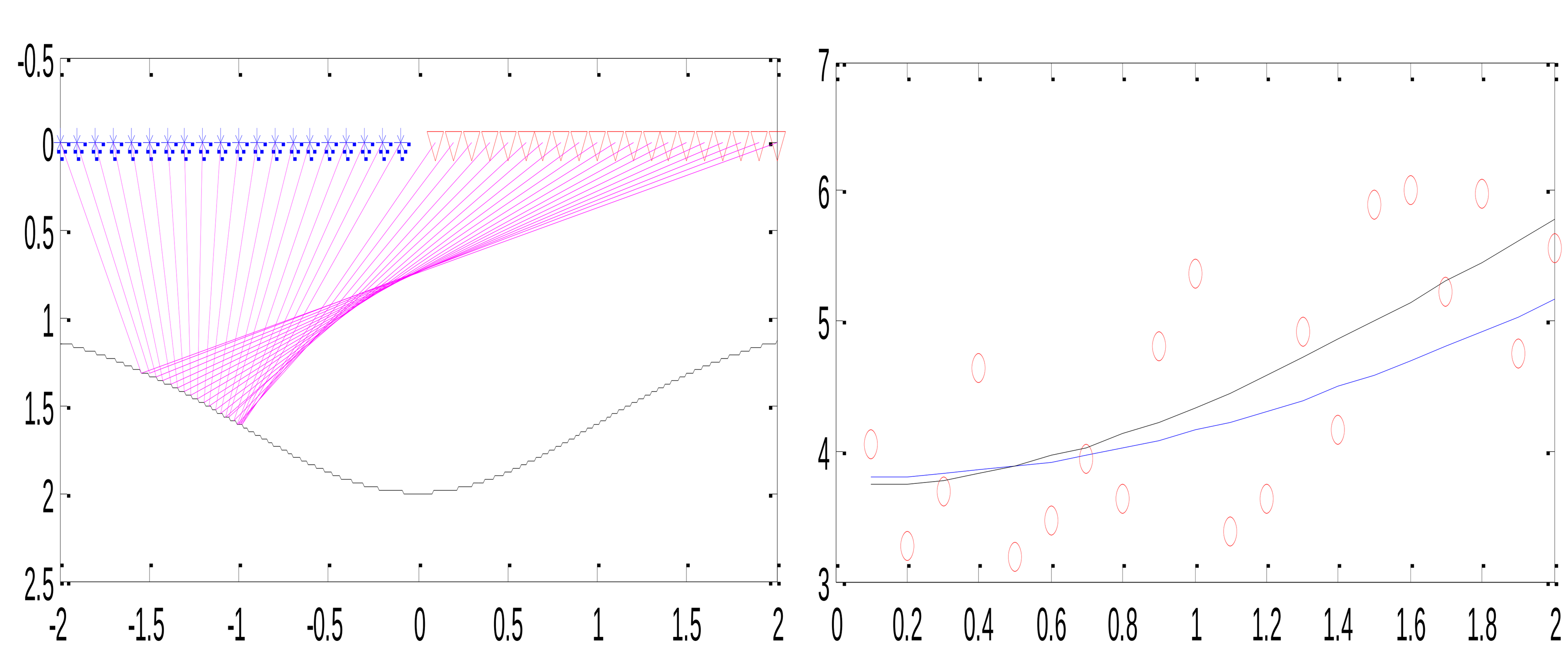

Figura 3: Refletor curvo e ruído de 30%.

Conclusão

Vimos que boa parte do processamento de dados sísmicos está baseada em conhecer aproximações para os tempos de trânsito. Apesar de trabalharmos apenas com modelos simples e com algumas restrições impostas, as aproximações conseguidas foram todas satisfatórias.