

## Equação da onda imagem na análise sísmica do subsolo

Cassinara Gomes Teixeira<sup>1</sup>

UFRGS, Porto Alegre, RS

Álvaro Luiz De Bortoli<sup>2</sup>

IME/UFRGS, Porto Alegre, RS

Neste trabalho, estuda-se a equação da onda imagem e sua utilização para o problema da reconstrução de imagens das camadas geológicas do subsolo a partir de uma imagem previamente migrada (remigração). O objetivo é investigar o uso de métodos numéricos na solução da equação da onda imagem, e para isso realizou-se investigação teórica e análise numérica. Os testes numéricos mostram que o uso de diferenças finitas centrais é eficiente e as implementações mostram a similaridade das equações da onda clássica e onda imagem.

O problema da remigração consiste na construção de uma nova imagem do subsolo a partir de uma imagem obtida anteriormente, através de variações na velocidade de migração [1]. Para evitar múltiplas migrações com velocidades diferentes, a equação da onda imagem é aplicada. Esta equação, deduzida para meios homogêneos e isotrópicos, é dada por [2]:

$$p_{xx} + p_{zz} + \frac{v}{z}p_{vz} = 0 \quad (1)$$

onde  $x$  e  $z$  são as variáveis espaciais e  $v$  a velocidade de migração, que no caso das ondas imagens é a variável de propagação. A equação (1) descreve os eventos (reflexões) em função da velocidade de migração na profundidade. A condição inicial é dada por  $p(x, z, v_0) = p_0(x, z)$ , que é uma seção (frente de onda imagem) migrada com velocidade incorreta  $v_0$ . Associada à equação (1) temos a equação iconal da onda imagem [2]:

$$V_x^2 + V_z^2 - \frac{V}{z}V_z = 0 \quad (2)$$

A equação (2) descreve a posição da onda imagem, estabelecendo uma relação entre a parte cinemática da propagação da onda imagem e a correspondente equação diferencial parcial (1), cuja solução tem a forma  $p(x, z, v) = p_0(x, z)f[v - V(x, z)]$ .

O principal objetivo é a elaboração de um esquema numérico consistente e estável, tal que sua implementação possibilite determinar imagens do subsolo correspondentes à diferentes velocidades de migração. Além da investigação teórica e análise numérica, elaborou-se um esquema com aproximações centradas para a equação da onda clássica, visando comparar o comportamento das equações. Para solução da equação da onda imagem optou-se pelo método de diferenças finitas (DF), comparando diversos esquemas. Integrou-se usando métodos explícitos com aproximações centradas para as derivadas espaciais para  $x$  e  $z$ , e para a derivada mista, aproximações centradas e avançadas.

A figura 1 mostra a propagação da onda clássica após 0,6s e da onda imagem com passo de velocidade 2m/s, e espaçamentos de 10m nas direções  $x$  e  $z$ .

<sup>1</sup>cassinara.gomes@ufrgs.br.

<sup>2</sup>dbortoli@mat.ufrgs.br.

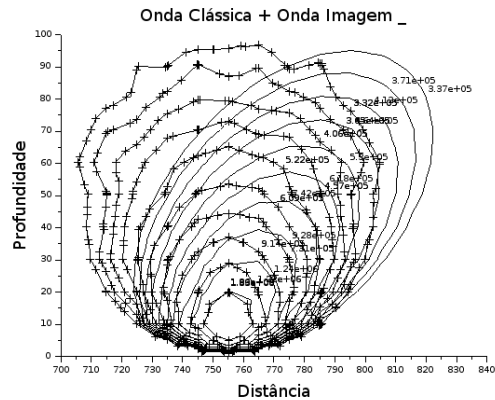


Figura 1: Propagação das ondas para DF centrais.

A solução da equação da onda imagem para os esquemas em aproximações centrada e avançada para derivada mista, é apresentada na figura 2.

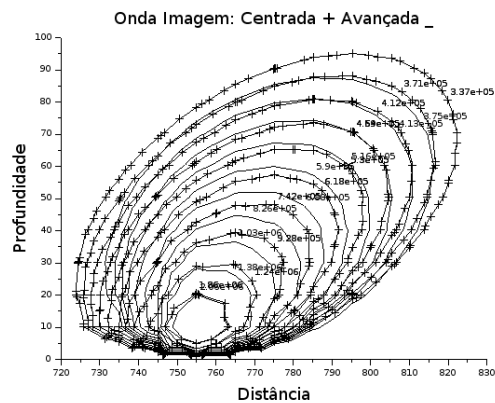


Figura 2: Solução da equação da onda imagem para esquema centrado e avançado.

Os testes numéricos confirmam as previsões quanto à consistência e estabilidade. O método de diferenças finitas centrais mostrou-se mais eficiente. Comparando com a onda clássica, verificou-se que a onda imagem se comporta como a propagação de um campo de ondas, porém se desloca com inclinação diferente. Desta forma, podemos considerar métodos conhecidos para a equação da onda, e aplicá-los à equação da onda imagem para meios de geometrias mais complexas do subsolo.

## Referências

- [1] Fomel, S. Time-migration velocity analysis by velocity continuation, *Geophysics*, 68: 1662–1672, 2003. DOI: 10.1190/1.1620640
- [2] Hubral, P., Tygel, M. e Schleicher, J. Seismic image waves, *Geophys J. Int.*, 125: 431–442, 1996. DOI: 10.1111/j.1365-246X.1996.tb00009.x