

## Migração 3-D em profundidade usando o método “Split-Step Phase-Shift Plus Interpolation”: Uma comparação de dois métodos estatísticos para a seleção das velocidades de referência

Gary C. Aldunate e Reynam C. Pestana, LAGEP-CPGG-UFBA

*Copyright 2010, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica Este texto foi preparado para a apresentação no IV Simpósio Brasileiro de Geofísica, Brasília, 14 a 17 de novembro de 2010. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do IV SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.*

### RESUMO

Os métodos de migração em profundidade no domínio da frequência e número de ondas implementados numericamente, com base em técnicas de perturbação, requerem uma boa estimativa das velocidades de referência (VR). Quando mais representativas sejam essas velocidades de referência melhor será o resultado da seção final migrada. Entretanto, não é fácil selecionar um número razoável de VR, principalmente, em meios com fortes variações laterais de velocidade. Portanto, um aspecto crucial destes métodos de migração em profundidade, baseados na teoria de perturbação, é ainda uma boa seleção das VR para a migração.

Neste trabalho aplicamos o método de migração 3-D em profundidade de seções de tiro comum utilizando o operador de extrapolação “Split-Step Phase-Shift Plus Interpolation” e comparamos os resultados das seções migradas obtidas com dois métodos estatísticos para a seleção das VR. Verificamos que a qualidade das imagens sísmicas migradas dependem diretamente de uma boa seleção dessas VR e principalmente quando o imageamento é feito em regiões com estruturas geológicas complexas associadas à fortes contrastes laterais de velocidades. Para testar os métodos estatísticos utilizamos os dados 3-D SEG-EAGE e conseguimos obter resultados de boa qualidade quando uma seleção adequada das VR é feita.

### INTRODUÇÃO

A migração pré-empilhamento em profundidade é o passo mais fascinante do processamento sísmico porque transforma simples dados em uma imagem, e essa imagem é considerada como uma descrição estrutural precisa da subsuperfície (Etgen et al., 2009).

Stoffa et al. (1990) introduziu a correção “Split-Step”, a qual é correta para refletores horizontais com leve inclinação. Entretanto, a precisão deste operador de migração, para descrever a propagação dos campos de ondas, é correta apenas para refletores com pequeno ângulo de mergulho e associados à meios com fraca variação lateral de velocidade, ou seja, quando a diferença entre a velocidade de referência e a velocidade local (VL) é fraca. Se a VR escolhida está próximo à VL, o operador pode caracterizar com boa precisão a propagação dos campos de ondas em meios com severas variações laterais de velocidade. Além disso, a qualidade da imagem migrada pode ser melhorada com este operador. Considerando que o modelo de velocidades para a migração é o mais adequado, a principal razão para a maioria dos erros no imageamento é que a equação de onda unidirecional não consegue caracterizar com precisão a propagação de ondas no caso de fortes variações laterais de velocidade. Em tais casos, refletores com fortes mergulhos não podem ser imageados corretamente. Podemos diminuir esses erros de imageamento mediante duas opções: Usando um operador mais robusto, ou selecionando um conjunto de velocidades de referência razoável conjuntamente com o operador “Split-Step”. Esta última opção é mais flexível e pode ser bem avaliada devido ao seu custo/benefício.

O método de migração 2-D “Split-Step” com várias velocidades de referência mais interpolação, nomeada como operador PSPI-SS, foi apresentado por Aldunate and Pestana (2006), onde a correção “Split-Step” é aplicado depois da continuação do campo de onda para cada uma das VR. Para este método uma seleção das velocidades de referência é necessária. Estendendo este operador para meios 3-D, e considerando a superfície de um nível de profundidade no campo de velocidades 3-D, como uma distribuição de velocidades locais, é possível reduzir o problema de seleção das VR a um problema unidimensional.

Um método estatístico para a seleção das VR foi sugerido por Bagaini et al. (1995), sua implementação numérica está disponível no pacote de processamento sísmico livre “Seismic Unix” (CWP/SU-42, 2010). Neste método estatístico, o intervalo entre as velocidades mínima e máxima do campo de velocidades é dividido em  $L$  subintervalos e então as VR, para cada nível de profundidade, são determinadas pela distribuição das ve-

locidades nessa profundidade. Um outro método alternativo para a seleção das VR é o método estatístico de percentis (Claerbout and Fomel, 2010). Neste método seleciona-se percentis da distribuição de velocidades para cada nível de profundidade.

Neste trabalho foram implementados e comparados esses dois métodos estatísticos para a seleção das VR, que são usados pelo operador 3-D PSPI-SS para efetuar a migração 3-D pré-empilhamento em profundidade no domínio do tiro. As seções finais migradas obtidas à partir dos dados SEG-EAGE 3-D demonstram que quanto melhor for a seleção das velocidades de referência, mais correta será a propagação do campo de ondas no meio 3-D e, assim, fornecendo uma imagem sísmica em profundidade de melhor qualidade.

### OPERADOR DE MIGRAÇÃO 3-D PSPI-SS

Uma solução da equação acústica da onda considerando a velocidade do meio constante, dentro de cada nível de profundidade  $\Delta z$ , é expressa por:

$$\mathcal{A} = e^{ik_z \Delta z}, \quad (1)$$

onde o número de onda vertical é definido por  $k_z = \sqrt{\omega^2/v_0^2(z) - k_x^2 - k_y^2}$ .

Consideremos agora que a velocidade  $v_0(z)$  possa também variar lateralmente, ou seja, dependente das variações laterais  $x - y$ , isto é,  $v(x, y, z)$ . O operador unidirecional, relação (1), no domínio número de onda - frequência, pode ser expresso como

$$\mathcal{A}(x, y; k_x, k_y) = e^{i \sqrt{\frac{\omega^2}{v^2(x, y, z)} - (k_x^2 + k_y^2)} \Delta z}, \quad (2)$$

onde  $\omega$  é a frequência circular,  $k_x$  e  $k_y$  são os números de onda horizontais,  $v$  é a velocidade local variando lateralmente. Entretanto, Dentro da raiz quadrada existe um conflito de domínio, pois  $v$  agora depende das variáveis espaciais, ou seja, o operador está no domínio número de onda - frequência - espaço. Portanto, para superar este problema, separa-se este operador em duas funções independentes (Chen and Du, 2010):

$$\mathcal{A}(x, y; k_x, k_y) \sim \sum_{j=1}^s f_j(x, y) g_j(k_x, k_y), \quad (3)$$

onde  $f_j(x, y)$  (com  $j = 1, 2, \dots, s$ ) são funções de  $x$  e  $y$  e  $g_j(k_x, k_y)$  são somente funções dos números de onda  $k_x$  e  $k_y$ . O limite  $s$  se refere à ordem da aproximação da separação.

O método "Split-Step" com várias VR foi proposto inicialmente por Kessinger (1991), mas sem a aplicação do processo de interpolação. O passo da interpolação foi introduzido paralelamente por Aldunate and Pestana (2006) e por Biondi (2006). Assim o método "Split-Step" com várias VR consiste em deslocamentos de fase e interpolação. Um deslocamento de fase tipo "Phase-Shift" e o outro tipo "Split-Step", aqui denominado de operador de extrapolação 3-D PSPI-SS.

Supondo que foram selecionadas  $n$  velocidades de referência ( $v_1 < v_2 < \dots < v_{n-1} < v_n$ ), para um certo nível de profundidade, a partir das velocidades locais  $v_i(x, y)$  (com  $i = 1, 2, \dots, N$  e  $N$  é o número de velocidades  $n_x \times n_y$ ). A separação aproximada em duas funções independentes para o operador 3-D PSPI-SS, como definido na equação (3), é:

$$\mathcal{A}(x, y; k_x, k_y) \sim \sum_{j=1}^n h_j(x, y) e^{i \left( \frac{\omega}{v(x, y)} - \frac{\omega}{v_j} \right) \Delta z} e^{i \sqrt{\frac{\omega^2}{v_j^2} - k_x^2 - k_y^2} \Delta z}, \quad (4)$$

onde  $h_j(x, y)$  (com  $j = 1, 2, \dots, n$ ) são os fatores de interpolação, dados da seguinte forma:

$$h_1(x, y) = \begin{cases} \frac{v_2 - v(x, y)}{v_2 - v_1}, & v_1 \leq v(x, y) < v_2, \\ 0, & \text{de outra forma.} \end{cases}$$

$$h_j(x, y) = \begin{cases} \frac{v(x, y) - v_{j-1}}{v_j - v_{j-1}}, & v_{j-1} \leq v(x, y) < v_j, \\ \frac{v_{j+1} - v(x, y)}{v_{j+1} - v_j}, & v_j \leq v(x, y) < v_{j+1}, \\ 0, & \text{de outra forma.} \end{cases}$$

$$h_n(x, y) = \begin{cases} \frac{v(x, y) - v_{n-1}}{v_n - v_{n-1}}, & v_{n-1} \leq v(x, y) < v_n, \\ 0, & \text{de outra forma.} \end{cases} \quad (5)$$

Assim, a fórmula unificada para a migração com o operador 3-D PSPI-SS, mostrado na equação (4), contém os seguintes passos para realizar a extrapolação do campo de onda: 1) Um deslocamento de fase ("Phase-Shift") para cada velocidade de referência ( $v_j$ ), no domínio número de onda - frequência. Após aplicação da transformada de Fourier inversa espacial deste campo, se faz (2) um deslocamento de fase temporal ("Split-Step") no domínio espaço - frequência; 3) finalmente se realiza uma interpolação dos campos de onda com a função  $h_j(x, y)$ . Neste trabalho optamos pela simples interpolação linear dos campos de onda (Wang and Shan, 2005).

### SELEÇÃO DAS VELOCIDADES DE REFERÊNCIA

Uma importante tarefa na implementação do operador 3-D PSPI-SS é a seleção das VR. Abordaremos dois métodos: método estatístico com critério da entropia, apresentado por Bagaini et al. (1995) e implementado por Han (2000) no programa "sumigprepsti" do pacote "Seismic Unix" (CWP/SU-42, 2010) e o método estatístico de percentis, estudado por Claerbout and Fomel (2010).

Para simplificar a notação, denotaremos por  $gv_{min}$  a velocidade mínima global (velocidade mínima presente em todo o modelo de velocidades 3-D) e a velocidade máximo por  $gv_{max}$ . A velocidade mínima local (ou seja, a velocidade mínima presente no nível de profundidade) será denotado por  $lv_{min}$  e a máxima por  $lv_{max}$ .

#### Método estatístico com critério da entropia

Este método exige a definição de limites na distribuição de velocidades, os quais podem ser definidos como a velocidade mínima ( $gv_{min}$ ) e a velocidade máxima ( $gv_{max}$ ), presente em todo o campo de velocidades (global) ou num específico nível de profundidade (local,  $lv_{min}$  e  $lv_{max}$ ). A partir daí, estabelece-se uma distribuição de velocidades para cada nível de profundidade, da seguinte forma:

$$c_i = v_{min} + \frac{i(v_{max} - v_{min})}{L}, \quad i = 0, 1, 2, \dots, L, \quad (6)$$

onde  $L$  é número máximo das VR desejada.

Agora, as velocidades no intervalo  $[v_{min}, v_{max}]$  são divididas em  $L$  sub-intervalos, como:

$$[c_0, c_1), [c_1, c_2), \dots, [c_{L-2}, c_{L-1}), [c_{L-1}, c_L].$$

Supondo que existem  $n_x \times n_y$  velocidades locais (distribuídas linearmente e sem depender da sua posição espacial), isto é,  $v_l$  ( $l = 1, 2, \dots, n_x \times n_y$ ) em algum nível de profundidade. Essas velocidades adotarão um dos valores da velocidade dos  $L$  sub-intervalos. Denotemos por  $n_i$  o número de velocidades que cairá no intervalo  $[c_i, c_{i+1})$  (desde que  $i = 0, 1, \dots, L-2$ ) e  $n_{L-1}$  o número de velocidades no intervalo  $[c_{L-1}, c_L]$ .

Segundo Bagaini et al. (1995), utilizando um critério de entropia, então, determina-se as  $m$  velocidades de referência:  $v_0, v_1, \dots, v_{m-1}$ , para cada nível do modelo para a extrapolação do campo de ondas, durante o processo de migração.

Nomearemos de método de entropia global (“entr-global”), se levamos em conta as velocidades  $gv_{min}$  e  $gv_{max}$  para delimitar a distribuição de velocidade em cada nível de profundidade. Se a seleção for delimitada com  $lv_{min}$  e  $lv_{max}$ , denominaremos o procedimento de método de entropia local (“entr-local”). Ainda é possível otimizar estes métodos para evitar uma seleção muito grandes das velocidades de referência. Assim, em vez de considerar o número de velocidades ( $L$ ) constante para todos os níveis de profundidade, como os casos acima, fazemos ele ser variável em cada profundidade, e para isso tomamos como referência tanto as velocidades locais e globais do modelo de velocidades. Este procedimento passamos a chamar de método de entropia otimizado (“entr-OPT”).

### Método estatístico de percentis

Neste método as  $N$  ( $n_x \times n_y$ ) velocidades de um nível de profundidade do modelo 3-D são armazenadas formando um conjunto de dados amostrais sem importar a sua localização espacial e nem a ordem de armazenamento:  $\{v_1, v_2, v_3, \dots, v_N\}$ . Este conjunto é agrupado num vetor com todas as velocidades sem ordenação. Em seguida, o conjunto é ordenado a partir do menor valor para o maior valor:  $\{v_{(1)}, v_{(2)}, v_{(3)}, \dots, v_{(N)}\}$ , tal que  $v_i \leq v_{i+1}$  (com  $i = 1, 2, \dots, N$ ). A partir daí, definimos a mediana como sendo o valor central deste conjunto de dados ordenados. Assim,

$$v_{mediana} = v_{(N/2)},$$

será uma VR selecionada e ela é a mediana do conjunto total de amostras de velocidades.

A mediana é o 50º percentil. Assim, por exemplo, nos dados ordenados o 90º percentil é o valor com 10% dos valores acima e 90% abaixo. Qualquer percentil é mais facilmente definido se a população de valores das velocidades está ordenado. Então o 90º percentil é  $v_{(k)}$ , onde  $k = (90N)/100$ . Neste trabalho foi usado o algoritmo de Hoare para ordenar as velocidades locais (Claerbout and Fomel, 2010). A vantagem do algoritmo de Hoare é que ele não requer o ordenamento de todas as amostras, somente as suficientes para selecionar o percentil desejado.

Para a escolha das VR, procedemos da seguinte forma:

- 1) Definimos o número máximo das VR desejadas ( $L$ ), por nível de profundidade, em nosso caso após testes no modelo de velocidades SEG-EAGE 3-D, definimos  $L = 9$ .
- 2) Com o mesmo algoritmo de Hoare detectamos as velocidades  $lv_{min}$  e  $lv_{max}$ .
- 3) Definimos uma separação mínima de velocidades ( $\Delta v$ ) (para este modelo consideramos  $\Delta v = 80$  m/s), tal que o número das VR ( $L2$ ) a serem calculados não seja superior a:  $1 + (lv_{max} - lv_{min})/\Delta v$ , ou seja, se  $1 + (lv_{max} - lv_{min})/\Delta v > L$ , então  $L2 = L$ . Do contrario  $L2 = [1 + (v_{max} - v_{min})/\Delta v]$ .
- 4) Por fim, calculamos os  $L2$  percentis sobre as amostras de velocidades ordenadas de acordo com:  $perc_i = (i - 1/2) \times 100\%$ , desde que  $i = 1, 2, \dots, L2$ . Desta forma, se  $L2 = 1$ , o percentil selecionado será  $perc_1 = 50\%$ , ou seja, corresponderá à mediana e esta será uma VR selecionada. Se duas VR selecionadas forem muito próximas entre si, tal que  $abs(v_{r2} - v_{r1}) \leq \Delta v$ , a velocidade de referência  $v_{r2}$  é descartada. Faz-se esta comparação entre todas as velocidades de referência selecionadas para evitar a seleção das VR muito próximas, as quais não são úteis segundo nosso critério de  $\Delta v$ .

Com este simples método para o cálculo de percentis, descrito nos passos acima, a seleção das VR é feita para a migração dos dados com o operador de extrapolação 3-D PSPI-SS.

### Seleção de velocidades de referência no modelo SEG-EAGE 3-D

O modelo C3-NA SEG-EAGE 3-D (1996) é uma representação real de uma típica estrutura de reservatório que se acha no Golfo de México, onde as estruturas de interesse estão associadas a um corpo de sal gigante. A Figura 1 mostra uma vista 3-D do corpo de sal. O corpo de sal é caracterizado no seu topo por uma crista. O modelo sintético apresenta um corpo de sal com flancos associados à fortes variações laterais de velocidade. O campo de velocidades usado é um campo suavizado e não o exato, que foi usado na modelagem dos dados. Este campo de velocidades suavizado é um campo padrão, que é usado para testes de migração 3-D.

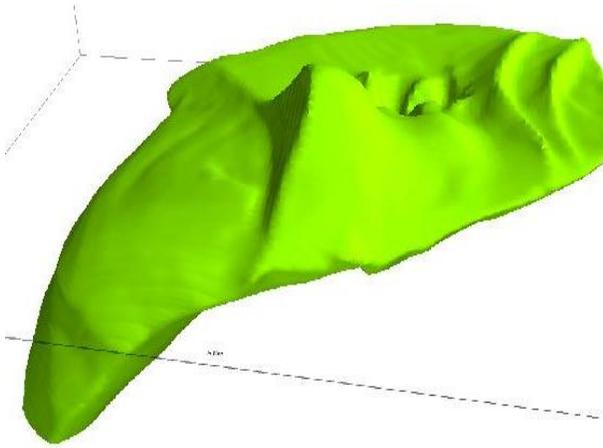


Figura 1: Vista do corpo de sal, onde sobressai a crista no topo.

Para selecionar as VR num nível de profundidade do modelo SEG-EAGE 3-D, carregamos essas velocidades num vetor, não importando a sua localização espacial nessa superfície de corte. Desta forma, a seleção das VR se reduz a um problema unidimensional.

Este dado sintético simula uma aquisição sísmica 3-D marinha tipo “Narrow-Azimuth”, com 8 cabos (“streamers”) separados de 40 m de distância, contendo cada cabo um mínimo de 14 hidrofones e um máximo de 68 hidrofones. O intervalo de hidrofones é de 40 m, nas direções  $X$  e  $Y$ . O afastamento mínimo ao longo da direção  $Y$  é de 20 m e o máximo de 2683,65 m. O afastamento mínimo ao longo a direção  $X$  é de 20 m e o máximo de 140 m. Por convenção, chamaremos a direção de aquisição de “In-Line”, que neste modelo representa a direção  $Y$ , e a direção “Cross-Line”  $X$ , como pode-se observar na Figura 2, onde se mostra a geometria de aquisição descrita. Os hidrofones registraram 625 amostras a cada 8 ms de intervalo, totalizando 5 s de registro. No total foram coletados 2 286 908 traços sísmicos, ocupando 6,2 Gb de espaço em disco rígido, com 4780 tiros distribuídos em 50 linhas, cada linha com 96 tiros na direção “In-Line”.

O modelo de velocidades SEG-EAGE 3-D possui 210 níveis de profundidade. O método de “percentis” selecionou um total de 1 782 714 VR (Tabela 1), sendo o método que selecionou a menor quantidade das VR. O método “entr-local” selecionou 5 548 308 VR, mas com resultados inferiores aos obtidos pelo método de percentis.

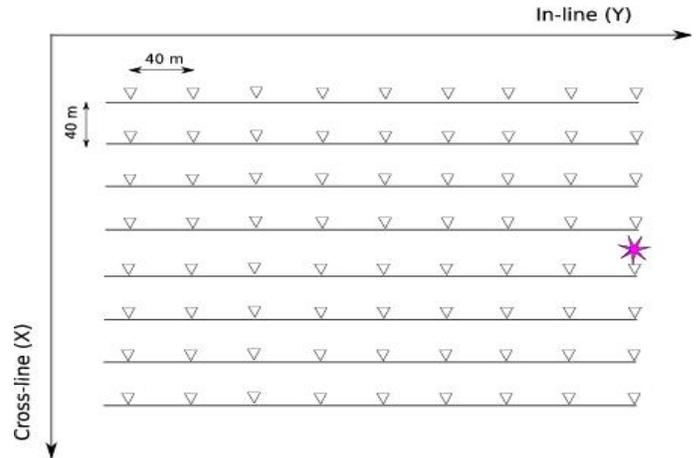


Figura 2: Geometria da aquisição 3-D de um tiro.

Método	Número de VR
“percentis”	1 782 714
“entr-local”	5 548 308
“entr-OPT”	2 531 094
“entr-global”	2 366 012

Tabela 1: Número de VR selecionadas de todos os níveis de profundidade para o modelo SEG-EAGE 3-D.

### RESULTADOS NUMÉRICOS DA MIGRAÇÃO 3-D

Com as VR selecionadas, para cada nível de profundidade e para cada família de tiro e usando o operador 3-D PSPI-SS sobre o modelo SEG-EAGE 3-D, obtivemos as seções sísmicas migradas em profundidade. Para uma melhor visualização e comparação dos resultados, selecionamos um corte em profundidade das seções 3-D migradas no nível “46”. A Figura 3 mostra o corte em profundidade do campo de velocidades suavizado e da seção de refletividade em (a) e (b), respectivamente. A seção de refletividade será usada para compararmos os resultados das migrações.

A Figura 3(c) mostra o resultado da migração 3-D usando as velocidades selecionadas com o método de “percentis”, onde se ressalta com setas setores da crista do corpo de sal que aparecem bem imageados, se compararmos com os outros métodos (Figura 3(d) - “entr-local”, Figura 3(e) - “entr-OPT” e Figura 3(f) - “entr-global”). Também verificamos que a seção migrada (Figura 3(f)) apresenta o pior resultado. Notas-se que o refletor que contorna a crista não ficou bem reconstituído, devido, principalmente, às velocidades de referências utilizadas. As seções mostradas nas Figuras 3(e) e 3(f), como os métodos “entr-OPT” e “entr-local”, respectivamente, mostram resultados similares e superiores ao obtido na Figura 3(f), mas, porém com uma qualidade inferior se com-

parada à seção obtida na Figura 3(a), na região da crista do corpo de sal.

Dos resultados mostrados, nota-se que o método de “percentis” conseguiu selecionar as VR adequadas para a extrapolação dos campos de ondas com o operador 3-D PSPI-SS. Cabe frisar ainda aqui que as seções migradas mostradas na Figura 3 não foram submetidas a nenhum tipo de filtragem ou ganho nas amplitudes. Para obter estes resultados, com a técnica de migração no domínio do tiro, foram considerados todos os 4780 tiros sobre o campo de velocidades 3-D.

A Tabela 2 mostra os tempos medidos da migração para cada um dos métodos de seleção das VR. Para efetuar a migração 3-D foi usado um “cluster” com 216 processadores, instalado no Laboratório de Geofísica de Exploração de Petróleo (LAGEP), do CPGG-UFBA.

<i>Mét. de seleção de VR</i>	<i>Tempo da migração 3-D</i>
“percentis”	79 <i>min</i>
“entr-local”	157 <i>min</i>
“entr-OPT”	96 <i>min</i>
“entr-global”	97 <i>min</i>

**Tabela 2:** Desempenho computacional da migração 3-D com 4780 tiros do modelo SEG-EAGE 3-D com os diferentes métodos para a seleção das VR.

Desses resultados, temos que o método de “percentis” foi o mais eficiente e levou 79 *min* para efetuar a migração 3-D, devido a menor quantidade das VR selecionadas (Tabela 1). O mais lento foi o método “entr-local” que demorou 157 *min*. Esses tempos foram os esperados e guardam alguma proporção aproximada com o número das VR selecionadas, de acordo com Tabela 1, onde se verifica que o método de “percentis” conseguiu selecionar menos VR em comparação aos outros métodos.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho realizamos a migração dos dados SEG-EAGE 3D, de seções de tiro comum, utilizando o operador de extrapolação em profundidade 3-D PSPI-SS. Durante o processo de migração utilizamos dois métodos estatísticos para a seleção das velocidades de referências e constatamos que o método com base no critério de percentis, em comparação com aquele baseado no critério de entropia, conseguiu selecionar um número menor de velocidades e fornecer seções migradas de melhor qualidade. Portanto, deste trabalho concluímos que a escolha de um método robusto e adequado para a seleção das velocidades de referência pode diminuir consideravelmente o tempo de processamento da migração 3D e resultar em seções migradas de boa quali-

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPQ pelo apoio financeiro. Também gostaríamos de agradecer a Adriano Wagner e Alan Albano pelo apoio durante a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Aldunate, G. C., and Pestana, R. C., 2006, Migração híbrida ss-pspi pré-empilhamento em profundidade: Revista Brasileira de Geofísica.
- Aminzadeh, F., Burkhard, N., Long, J., Kuntz, T., and Duclos, P., 1996, Three dimensional seg/eage models - an update: The Leading Edge, **15**, 131–134.
- Bagaini, C., Bonomi, E., and Pieroni, E., 1995, Data parallel implementation of 3-d pspi: Data parallel implementation of 3-d pspi., SEG 65nd Annual Meeting.
- Biondi, B. L., 2006, 3-d seismic imaging: SEG.
- Chen, J. B., and Du, S. Y., 2010, Kinematic characteristic and the influence of reference velocities of phase-shift-plus-interpolation and extended-split-step-fourier migration methods: Geophysical Prospecting, **58**, 429–439.
- Claerbout, J. F., and Fomel, S., 2010, Image estimation by example, geophysical soundings image construction, multidimensional autoregression: [sepwww.stanford.edu](http://sepwww.stanford.edu), Electronic book.
- CWP/SU-42, 2010, Pacote de processamento sísmico livre: Center for Wave Phenomena of Colorado School of Mines, Golden, Colorado.
- Etgen, J., Gray, S., and Zhang, Y., 2009, An overview of depth imaging in exploration geophysics: Geophysics, **76**, WCA5–WCA17.
- Han, B., 2000, A comparison of four closely related depth migration methods: Master's thesis, Center for Wave Phenomena of Colorado School of Mines, Golden, Colorado.
- Kessinger, W., 1991, Extended split-step fourier migration: Extended split-step fourier migration., SEG 62nd Annual Meeting, 1650–1660.
- Stoffa, P. L., Fokkema, J. T., Freire, R. M. L., and Kessinger, W. P., 1990, Split-step fourier migration: Geophysics, **55**, 410–421.
- Wang, H., and Shan, G., 2005, A self-adaptive algorithm for choosing reference velocities in the presence of lateral velocity variations: Report 120, Stanford Exploration Project, pages 333–347.

## SELEÇÃO DE VELOCIDADES DE REFERÊNCIA

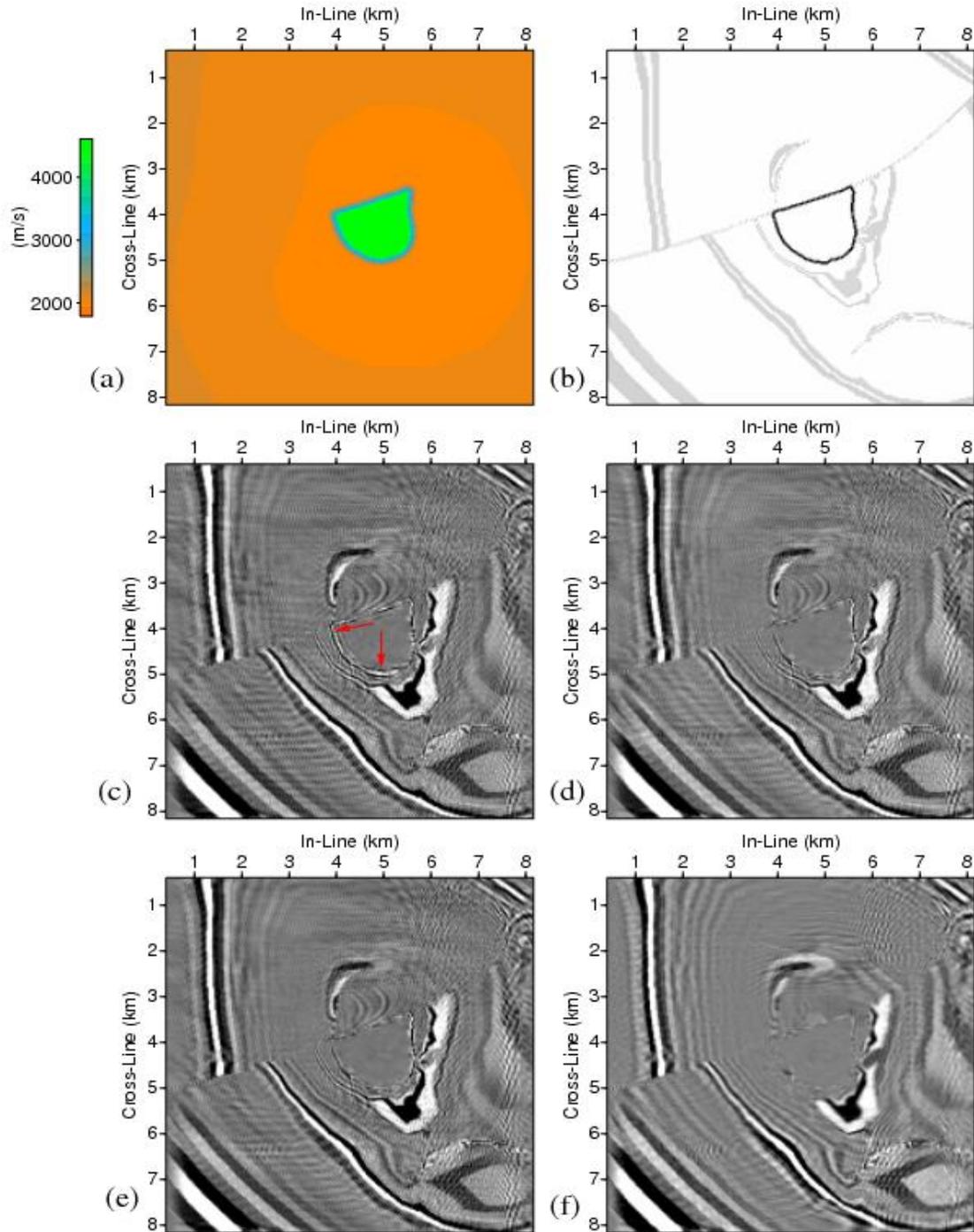


Figura 3: Fatia no nível "46": (a) Campo de velocidades, (b) refletividade. Seções migradas com os métodos de seleção de VR: (c) "percentis", (d) "entr-local", (e) "entr-OPT" e (f) "entr-global".