



Comparação de Resultados do Filtro de Velocidade com Operador WHLP-CRS na Atenuação de Múltiplas em Dados Sintéticos

Edson C. Cruz, Lourenildo W. B. Leite

Centro de Geociências, CPGF, Universidade Federal do Pará, Brasil

Copyright 2005, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The geological motivation of this work is the imaging of sedimentary basin structures of the Amazon region, where the generation and accumulation of hydrocarbons is related to the existence of diabase sills. The seismic motivation is the fact that these intrusive rocks present a great impedance contrast with respect to the host rock, what gives rise to external and internal multiples, with primary-like amplitudes. The seismic signal of the multiples can predominate over the primary reflection signals from deeper interfaces, making difficult the processing, interpretation and imaging of seismic sections. We present a practical problem of attenuation of multiples in common-shot (CS) sections by the comparison of two methods. The first method considers the combination of the Wiener-Hopf-Levinson (WHLF) theory and the common-reflection-surface (CRS) stacking techniques, where the operator is exclusively designed in the space-time domain. The second method is a velocity dependent filter ($w-k$), applied after the CRS stacking, where the operator is exclusively designed in the frequency-wavenumber domain.

Introdução

Muitas das bacias sedimentares brasileiras de interesse a exploração de petróleo se caracterizam pela presença de soleiras de diabásio (Eiras & Ribeiro 2003). Na região Amazônica, os geólogos e geoquímicos consideram as soleiras como diretamente relacionadas à geração e ao acúmulo de hidrocarbonetos. As altas impedâncias sísmicas dos contatos (sedimento/intrusiva) geram múltiplas (ecos) que obscurecem informações sísmicas desejadas e provenientes de estruturas que estão abaixo das soleiras. A atenuação de múltiplas continua como um problema clássico no processamento e interpretação de seções da sísmica de reflexão. Em meios estratificados com presença de soleiras, existe a preocupação de que múltiplas podem dominar e obscurecer as primárias das camadas mais inferiores e, conseqüentemente, dificultar a interpretação da seção. Um número especial do periódico "The Leading EDGE" (1999) é dedicado ao assunto de reconhecimento e atenuação de múltiplas, onde é discutida a não existência de uma técnica de reconhecimento e atenuação de múltipla que seja

aplicada a todos os casos possíveis, devido à diversidade da geologia responsável pela geração das múltiplas.

O método WHLP de predição de múltiplas é baseado no princípio de periodicidade entre a múltipla e sua primária, e ele envolve o cálculo de autocorrelação em janelas móveis que se deslocam no domínio tempo-espaco para introduzir a periodicidade necessária na múltipla a ser atenuada, utilizando o operador WHLP-CRS definido pelos atributos da frente de onda obtidos através do empilhamento CRS (Alves, 2003). Já o filtro de velocidade ($w-k$) tem sido amplamente usado na sísmica de reflexão para prospecção, com o objetivo de separar reflexões primárias das ondas de superfície e de outras formas de ruídos coerentes (Embree, et al., 1963; Fail & Grau, 1963; Wiggins, 1966). Nesta técnica, a seção sísmica $t-x$ (tempo-espaco) é transformada para o domínio $w-k$ (freqüência temporal-espacial), que permite agrupar eventos segundo a velocidade da fase (c) aparente ($w=ck$).

Neste trabalho apresentamos resultados preliminares de um estudo comparativo de duas técnicas de atenuação de múltiplas; uma desenhada no domínio $t-x$ (Wiener-Hopf-Levinson) aplicada em combinação com a técnica de empilhamento CRS e a outra no domínio $w-k$ (Filtro de Velocidade) pela técnica da transformada de Fourier 2D. Posteriormente pretende-se estender o estudo de atenuação de múltiplas utilizando o filtro de velocidade antes do empilhamento CRS e também utilizar outras técnicas como, por exemplo, a transformada no domínio $t-p$.

Métodologia

O método de empilhamento por superfície de reflexão comum (CRS) é baseado na teoria paraxial do raio (Schleicher et al., 1993). O operador CRS é uma função dos atributos cinemáticos de duas frentes de ondas hipotéticas. O operador corresponde a equação da aproximação dos tempos de trânsito de reflexões primárias relativos à vizinhança de um raio central (raio normal) para configurações arbitrárias (Tygel et al., 1997) com aproximação hiperbólica é dado pela expressão:

$$T^2 = \left(t_0 + \frac{2 \sin \beta_0}{v_0} (x_m - x_0) \right)^2 + \frac{2 t_0 \cos^2 \beta_0}{v_0} \left(\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right) \quad (1)$$

Onde, t_0 é o tempo-duplo de trânsito, v_0 é a velocidade próxima a superfície, x_m é o ponto médio e h é o meio afastamento. Os atributos da frente de onda, que são o ângulo de emergência (β_0) da onda observada; a

curvatura R_{NIP} (ou o raio de curvatura da onda NIP) e a curvatura R_N (ou o raio de curvatura da onda N).

O primeiro método WHLP-CRS na atenuação de múltiplas é a combinação do operador de predição (WHP) com o empilhamento CRS. O operador WHP utiliza os atributos do empilhamento CRS para calcular o deslocamento tempo-espacial das janelas móveis para a supressão de múltiplas. Estas janelas móveis introduzem a teoria da periodicidade entre a múltipla e sua primária, que envolve o cálculo de autocorrelação em janelas móveis que se deslocam no domínio tempo-espaco para introduzir a periodicidade necessária na múltipla a ser atenuada utilizando o operador WHL. A atenuação de múltipla com o operador WHP é realizada na configuração FC com o auxílio dos atributos do operador de empilhamento CRS que é dada pela expressão:

$$\sum_{k=0}^{N-1} h_k \phi_{gg}(l-k; x_m, h, T_{hyp}) = \phi_{gg}(l+T; x_m, h, T_{hyp}) \quad (2)$$

Onde, ϕ_{gg} é a função autocorrelação do sinal de entrada, h_k é o operador de predição e T_{hyp} é o tempo hiperbólico.

O segundo método consiste na utilização do filtro de velocidade ($w-k$) utilizando a transformada de Fourier 2D na forma discretizada uniformemente. Para análise do conteúdo do filtro, define-se uma função peso $W(w,k)$ sobre o plano $w-k$. Os valores relativos de $W(w,k)$ numa região particular do plano expressa a importância daquela área. Normalmente, $W(w,k)=1$ na região de passagem e $W(w,k)=0$ na região de rejeição, o que equivale a uma função do tipo retangular no domínio da frequência. onde tratamos com uma relação linear entre frequência espacial (k) e temporal (w) na forma $w=kc$, após a aplicação do filtro de velocidade ($w-k$) é feito o empilhamento CRS. O par de transformada de Fourier 2D (Clement, 1973) para o caso de duas variáveis discretas e dado pelas expressões:

$$F_{pq} = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f_{mn} e^{-i2\pi \left(\frac{pm}{M} + \frac{qn}{N} \right)} \quad (3)$$

Onde a resposta desejada após a aplicação do filtro é dada por:

$$f_{mn} = \frac{1}{MN} \sum_{p=0}^{M-1} \sum_{q=0}^{N-1} F_{pq} e^{i2\pi \left(\frac{pm}{M} + \frac{qn}{N} \right)} \quad (4)$$

Resultados

Comparamos a performance da aplicação da combinação do Filtro de velocidade com a saída do operador WHLP-CRS para atenuação de múltiplas em seções fonte-comum em dados sintéticos. O modelo da sub-superfície é formado por interfaces com curvatura que simulam situações geológicas típicas da região. A seção geológica da Figura 1 representa a seção da bacia de Solimões

com a presença de soleiras de diabásio. Na Figura 2 modelo sintético para simular situações geológicas típicas da Bacia de Solimões para este modelo foram gerados dados sísmicos com cobertura múltipla, utilizando um programa de traçamento de raio. A simulação contém reflexões primárias associadas a cada interface e uma reflexão múltipla associada com a camada de alta velocidade. Nestes dados foi aplicado o método de empilhamento CRS para simular a seção AN (Figura 5). Na Figura 3 seções dos atributos da frente onda do empilhamento CRS. Utilizadas para calcular o deslocamento das janelas móveis e introduzir a periodicidade entre as múltiplas a serem atenuadas. Na Figura 4 espectros de bi-freqüências de reflexões primárias da 1 e 4 camadas do modelo e o espectro de bi-freqüência da reflexão múltipla. Observamos pelas ilustrações 4a, 4b e 4c que o desenho do filtro é linear e que a múltipla encontra-se muito ampla, suas informações se misturam com as informações das primárias, assim, determina-se o corte sem que haja o comprometimento das 4 reflexões primárias. Na Figura 5 seção sísmica AN obtida do modelo sintético utilizando os atributos da frente de onda (Figura 3). Observamos na Figura 5a seção sísmica AN resultante do empilhamento CRS, a múltipla antes da aplicação do filtro de velocidade ($w-k$) e do operador WHLP-CRS para a comparação dos dois métodos. Na Figura 5b observamos a boa atenuação da múltipla, e que o resíduo deixado após a atenuação é pequeno como indicado na seção AN. Na Figura 5c observamos uma fraca atenuação nos locais onde a o mergulho da múltipla é mais acentuada, onde a múltipla não possui mergulho em ($t-x$) a atenuação não acontece.

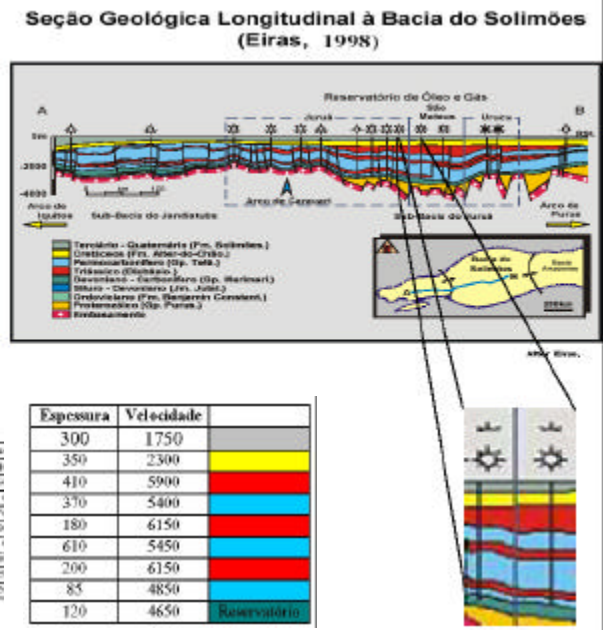


Figura 1: Seção geológica da Bacia do Solimões, utilizada para a simulação do modelo sintético. (Eiras 1998).

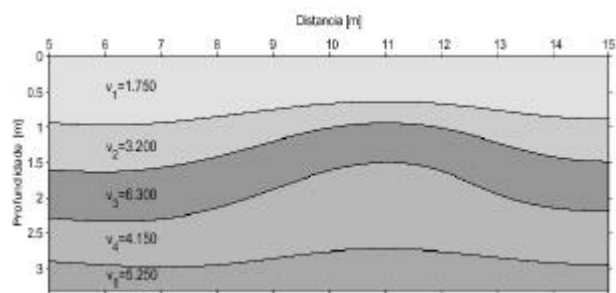


Figura 2: Modelo da subsuperfície composto por 4 camadas sobre um semi-espaço, com uma camada de alta velocidade (6300 m/s) servindo para representar uma soleira de diabásio.

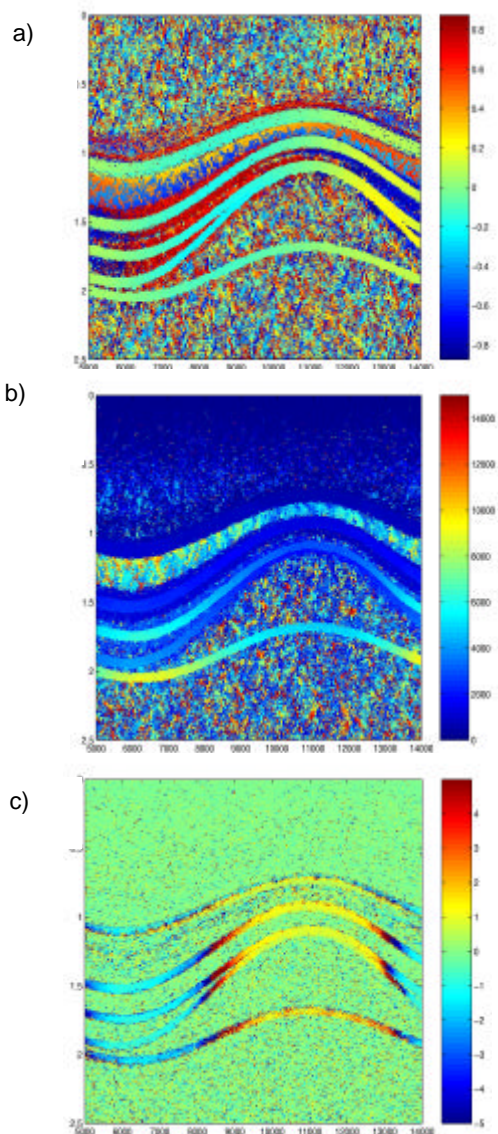


Figura 3: Seções AN dos atributos a) β_0 , b) $R_{N/P}$ e c) R_N utilizadas pelo operador de empilhamento CRS na obtenção das seções AN mostradas na seqüência. Observamos a informação das 4 reflexões primárias do modelo e de uma múltipla.

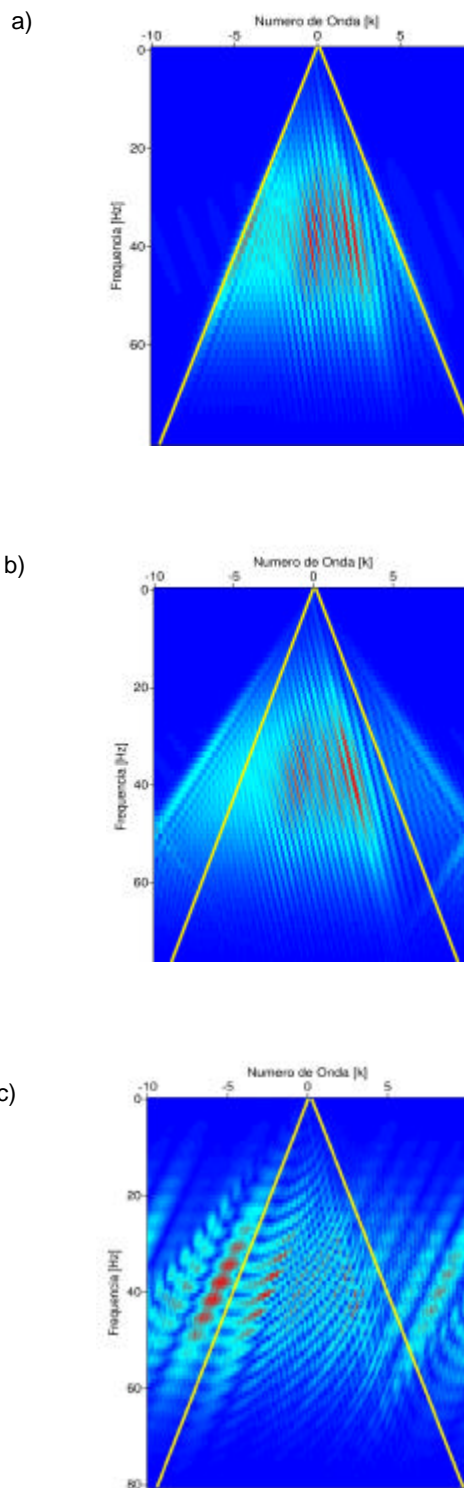


Figura 4: a) Espectro de bi-freqüência da seção afastamento-nulo da primária da primeira interface. b) Espectro de bi-freqüência da seção afastamento-nulo da primária da segunda interface. c) Espectro de bi-freqüência da múltipla (parâmetros utilizados no SU: -0.25,-0.15,0.15,0.25 s/km).

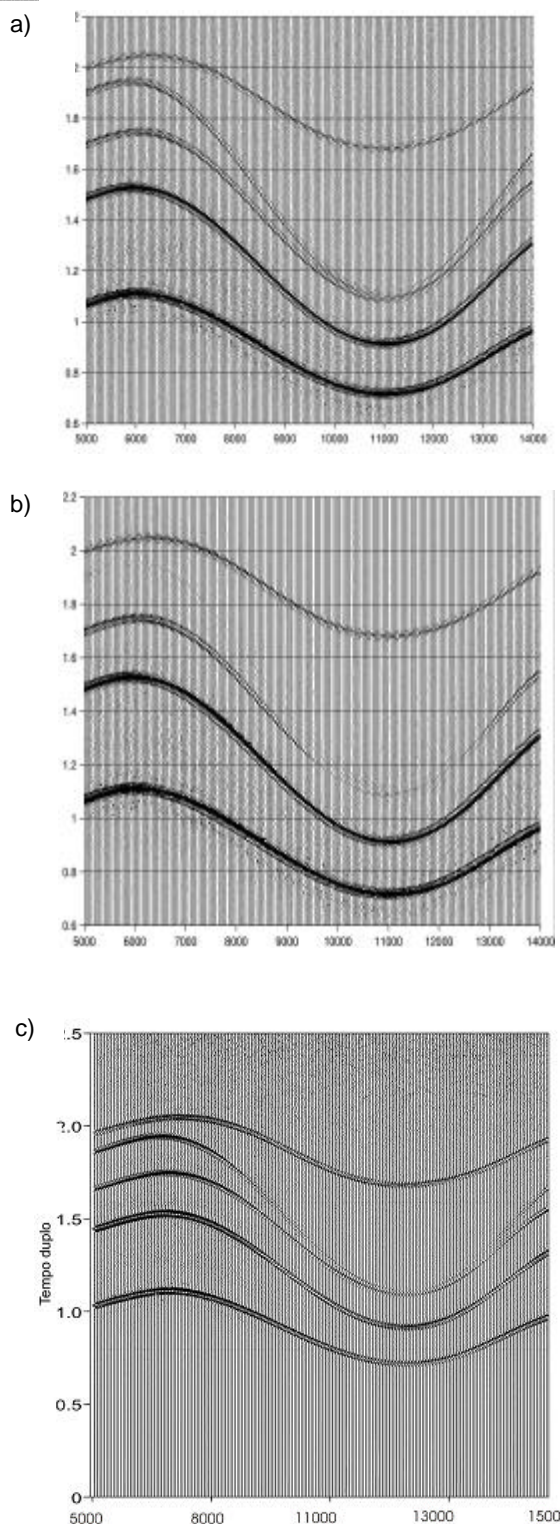


Figura 5: a) Seção sísmica AN, resultante do empilhamento CRS, mostrando a múltipla antes da aplicação do filtro de velocidade ($w-k$) e do operador WHLP-CRS. b) Seção sísmica AN resultante do empilhamento CRS com a múltipla atenuada utilizando o operador WHLP-CRS. c) Seção sísmica AN resultante do empilhamento CRS com a múltipla atenuada utilizando o filtro $w-k$.

Conclusões

No que se segue, procuramos resumir e emitir conclusões sobre os resultados preliminares obtidos dos diferentes experimentos realizados em forma interativa, onde fica demonstrado a superioridade dos filtros desenhados no domínio $t-x$ sobre os filtros de corte linear desenhados no domínio $w-k$.

Os filtros no domínio $t-x$ (WHL) são limitados às condições impostas pela função autocorrelação $f_{xx}(t)$ traço-a-traço, enquanto que os filtros ideais de corte no domínio $w-k$ são limitados pela reta $w=ck$, cuja inclinação é ditada pela velocidade aparente c que separa os eventos, tais informações separadas no domínio $t-x$ não estão necessariamente separadas no domínio $w-k$, e vice-versa. Observa-se que em ambos os métodos, $t-x$ e $w-k$, múltiplas e primárias conflitantes são simultaneamente atenuadas, o que é coerente, mas os efeitos obtidos nos dois domínios não são iguais.

A possibilidade de usar os atributos do CRS para desenhar bordas não-lineares para o filtro $w-k$ teria que ser inovadora no sentido de que a relação $c = c(\mathbf{b}; R_{NIP}; R_N)$ ainda é para ser construída para as condições do problema.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro investido através de bolsa de pesquisa na realização do curso de Mestrado.

Referências

- Alves, F. J. C., 2003. Atenuação de Múltiplas pelo Método WRLP-CRS. Belém, UFPa CG. (Tese de Doutorado).
- Clement, W. G., 1973. Basic principles of two-dimensional digital filtering. *Geophysical Prospecting*, 21: 125-145.
- Cruz, E. C., 2004. Comparação dos Filtros de Velocidade e do operador WHLP-CRS na Atenuação de Múltiplas. Belém, UFPa CG. (Tese de Mestrado)
- Eiras, J. F. & Ribeiro, J. W. F., 2003. Sistema petrolífero ígneos-sedimentares. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS*, 2. Rio de Janeiro.
- Embree, P.; Burg, J. P. & Backus, M. M., 1963. Wide-band velocity filtering. *Geophysical*, 28: 948-974.
- Fail, J. P. & Grau, G., 1963. Les filtres en éventail. *Geophysical Prospecting*, 11: 131-163.
- Garabito, G. C., 2001. Empilhamento sísmico por superfície de reflexão comum: *um novo algoritmo usando otimização global e local*. Belém, UFPa CG. (Tese de Doutorado).
- Wiggins, R. A.; Robinson, E. A., 1965. Recursive solutions to the multichannel filtering problem. *Journal of Geophysical Research*, 70 (8): 1885-1891.
- Schleicher, J.; Tygel, M.; Hubral, P., 1993. Parabolic and hyperbolic paraxial two-point traveltimes in 3D media. *Geophysical Prospecting*, 41 (4): 495-514.
- Tygel, M.; Muller, T.; Hubral, P.; Schleicher, J., 1997. Eigenwave based multiparameter traveltimes expansions. IN: *ANNUAL MEETING*, 67. Soc. Expl. Geophys. 1770-1773.