

## Processamento CRS versus Processamento CMP: um estudo comparativo

Izaías Martins Júnior, Marco A. Barsottelli Botelho, CPGG/UFBA

Copyright 2006, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica  
Este texto foi preparado para a apresentação no II Simpósio de Geofísica da Sociedade Brasileira de Geofísica, Natal, 21-23 de setembro de 2006. Seu conteúdo foi revisado pela Comissão Tecno-científica do II SR-SBGf 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

Como os reservatórios de hidrocarbonetos ocorrem normalmente em porções de bacias sedimentares que apresentam uma estrutura geológica complexa, a busca por métodos de imageamento da subsuperfície terrestre cada vez mais precisos, tem sido de grande interesse da indústria petrolífera. Assim sendo, uma nova técnica de processamento de dados sísmicos, que independe do macro modelo de velocidades, denominada CRS (Common Reflection Surface), foi criado no início deste século com o intuito de simular seções de afastamento nulo (zero-offset). Este trabalho propõe apresentar o empilhamento de um dado sintético conhecido como Marmousi, através do método de empilhamento CRS e fazer uma comparação com o método de empilhamento convencional CMP (Common Midpoint). Será apresentada também uma migração em tempo do dado empilhado pelo método CRS, usando o método de Kirchhoff.

### Introdução

A exploração de petróleo e gás envolve uma gama de investigações geológicas, geoquímicas e geofísicas, na busca de reservatórios economicamente ativos. Das investigações geofísicas, a sísmica de reflexão é o principal método utilizado para imageamento de subsuperfície, por apresentar maior resolução das feições estruturais, podendo revelar possíveis armadilhas para hidrocarbonetos.

Um dos mais importantes passos na seqüência de um processamento de dados sísmicos consiste do chamado empilhamento, que tem o intuito de ressaltar a redundância na amostragem, através de interferências construtivas de eventos sísmicos coerentes, e destrutivas, de eventos aleatórios. Desta maneira, aumentando a razão sinal ruído, e obtendo assim, uma imagem da região em subsuperfície com melhor resolução.

No processamento convencional, os dados sísmicos são separados em famílias CMP e empilhados através de uma curva de tempo de trânsito mono paramétrica, sendo este parâmetro único, a velocidade de empilhamento NMO (Normal Moveout), que é determinado pelo processador, de modo interativo, através de painéis de coerência.

Assim como o método convencional CMP, o método CRS (Müller, 1999) tem como objetivo a produção de uma seção simulada de afastamento nulo, porém, este não é um método interativo, o modelo de velocidade é determinado automaticamente.

O empilhamento CRS é feito utilizando a aproximação hiperbólica do tempo de trânsito, em função de um trio de parâmetros associados ao raio normal, diferente do empilhamento CMP, que utiliza somente um parâmetro. Esta aproximação hiperbólica deriva da expansão de Taylor de segunda ordem do tempo de trânsito de reflexão dos raios paraxiais na vizinhança de um raio normal, e pode ser obtida pela teoria do raio paraxial (Schleicher et al., 1993; Tygel et al., 1997) ou pela aproximação geométrica (Höcht et al., 1999). Os parâmetros CRS a serem determinados no processamento sísmico são: o ângulo de emergência do raio normal  $\alpha$ , o raio de curvatura da onda ponto de incidência normal  $R_{NIP}$  e o raio de curvatura da onda normal  $R_N$ , que determinam a orientação angular do elemento refletor, a distância entre a superfície de aquisição e o ponto refletor, e a curvatura do refletor, respectivamente.

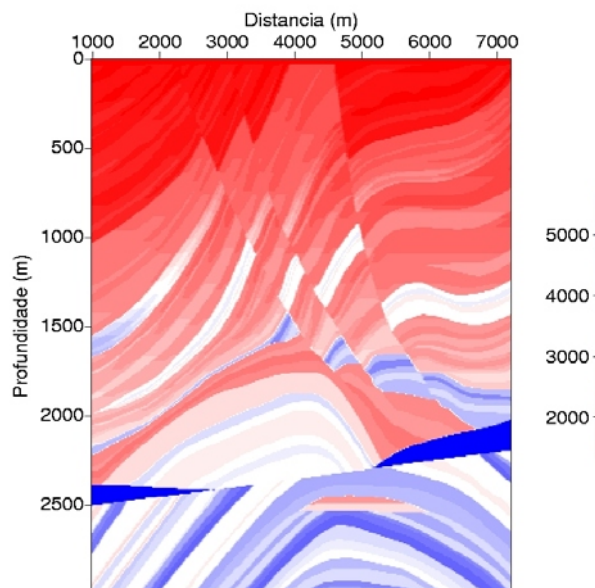


Figura 1: Campo de velocidades do modelo sintético Marmousi, baseado em informações reais de perfilação na bacia de Cuanza (Angola).

Neste trabalho será apresentado o resultado do processamento CRS do dado sintético Marmousi, que é descrito pelo campo de velocidades apresentado na figura 1, mostrada a cima. Os resultados obtidos serão comparados com o empilhamento convencional CMP.

### Empilhamento CRS

O empilhamento CRS apresentado neste trabalho é o descrito por Mann (2002), o qual é feito através de dois processos de busca, um global e um local, para encontrar os três parâmetros da equação hiperbólica do tempo de trânsito da onda sísmica,

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

onde  $v_0$  é a velocidade na superfície de aquisição, considerada constante,  $x_m$  é o ponto médio do par fonte e receptor e  $x_0$  é o ponto onde o raio ZO (zero-offset) emerge. Os valores iniciais do ângulo de emergência do raio normal  $\alpha$ , o raio de curvatura da onda normal  $R_N$ , e o raio de curvatura da onda ponto de incidência normal  $R_{NIP}$ , são então encontrados através de uma busca global automática, feita por de análise de coerência. Neste trabalho foi utilizado o semblance para as esta análises,

$$S = \frac{\sum_i \left( \sum_{i=1}^M U_{i,t(i)} \right)^2}{M \sum_i \sum_{i=1}^M U_{i,t(i)}^2}$$

onde  $U_{i,t(i)}$  é a amplitude do sinal sísmico indexado pelo número do traço sísmico  $i=1, \dots, M$  e a curva ou trajetória de empilhamento,  $t(i)$ . O sobrescrito  $M$  é o numero de traços.

Como uma busca direta pelos três parâmetros CRS da equação hiperbólica do tempo de trânsito em uma única etapa seria um processo muito dispendioso computacionalmente, tendo em vista o número muito grande de dados em um levantamento sísmico, uma procura mais eficiente se faz necessário. Desta maneira, o problema inicial é decomposto em três problemas independentes, onde uma busca pragmática por um único parâmetro é feita em cada etapa. Este processo é descrito em Muller (1999) e Muller et al. (1998). Nesta etapa da busca, considerações são feitas para que as variáveis sejam separadas e encontradas em cada processo.

A primeira etapa é denominada *empilhamento CMP automático* e é realizada considerando  $x_m = x_0$ , na equação hiperbólica. Comparando o resultado com a equação CMP, temos:

$$t^2(h) = t_0^2 + \frac{4h^2}{v_{emp}^2}, \quad v_{emp}^2 = \frac{2R_{NIP}v_0}{t_0 \cos^2 \alpha} = \frac{2v_0}{t_0 q}$$

onde  $q$  é determinado e então é feito um empilhamento dos dados na configuração CMP, onde se obtém uma

primeira seção simulada ZO (seção de afastamento nulo).

Na etapa seguinte, faz-se  $h = 0$  na equação de tempo de trânsito hiperbólico, e para obter uma aproximação de primeira ordem, considera-se que a auto-onda  $N$  que emerge na linha de aquisição em  $x_0$  é uma onda plana, implica então que  $R_N \rightarrow \infty$  (Müller, 1999). Desta maneira temos:

$$t_{AN}(x_m, h=0) / R_N \rightarrow \infty = t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x_m - x_0)$$

de posse dos valores para  $q$  e para o ângulo de emergência  $\alpha$ , é possível encontrar o valor de  $R_{NIP}$  e através da equação do tempo de trânsito hiperbólico se determina o último parâmetro  $R_N$ .

De posse dos parâmetros iniciais a otimização é feita através do método do poliedro flexível (Mann, 2002), onde uma otimização local é propagada por um tetraedro através dos parâmetros CRS iniciais.

Ao final de todo processo, uma migração em tempo é realizada no dado empilhado, através do operador de migração Kirchhoff (Mann 2002).

### Resultados

O programa utilizado no empilhamento CRS do presente trabalho foi elaborado na Universidade de Karlsruhe, no âmbito do consórcio Wave Inversion Technology (WIT). Este por sua vez, gera uma variedade de atributos pertinentes ao processamento em questão, para fins de avaliação do resultado, tais como: um modelo de velocidade de empilhamento, seções de coerência para cada parâmetro CRS encontrado, uma seção de empilhamento CMP, uma seção CRS empilhada através dos parâmetros CRS ótimos e uma através dos parâmetros iniciais, uma seção migrada em tempo, entre outros. A seção de coerência otimizada pode ser observada na figura2 a seguir.

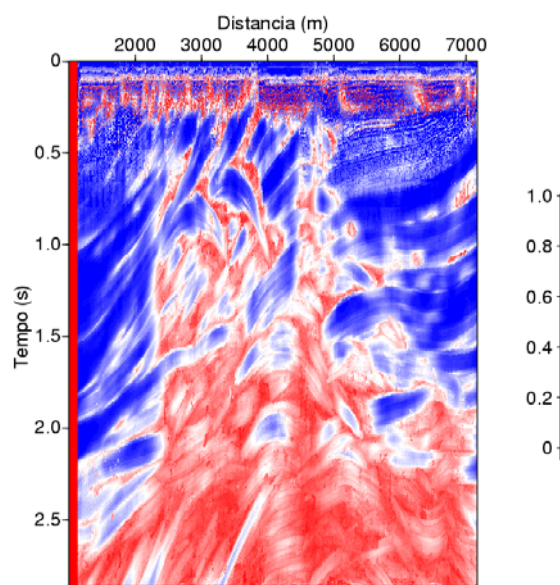


Figura 2: Seção de coerência otimizada, obtida através do processamento CRS.

A seção obtida através do empilhamento CMP automático, mostrada na figura 4, apresenta um bom resultado, porém, para tempos de trânsito superiores a 2.3 segundos, não se fez eficaz. Já a seção obtida através do empilhamento CRS, mostrada na figura 5, apresenta uma melhor definição das continuidades, e comparada ao empilhamento CMP, apresenta uma melhor resolução para tempos de trânsito superiores a 2.3 segundos.

Como é possível perceber pela figura 3, o campo de velocidades de empilhamento obtido através do empilhamento CRS, não é exatamente igual ao do modelo, mostrado na figura 1, mas apresenta uma certa

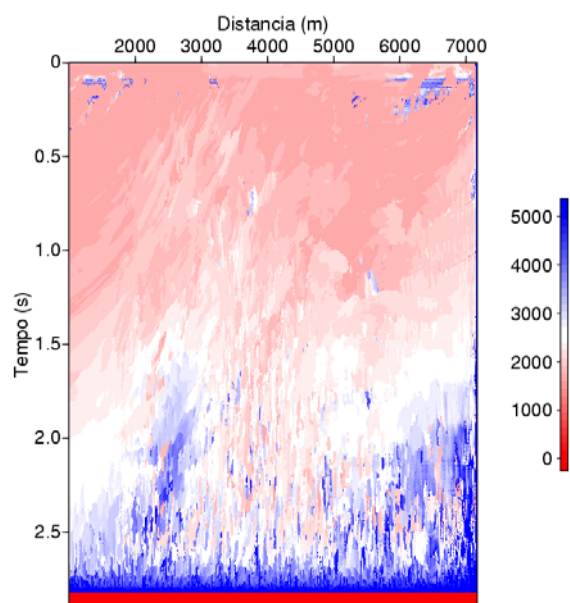


Figura 3: Campo de velocidades de empilhamento, obtido através do empilhamento CMP automático.

compatibilidade nas velocidades dos eventos refletores.

A migração em tempo, apresentada na figura 6, colapsou todas as hipérbolas de difração, porém, não conseguiu construir uma imagem compatível com a do modelo sintético, representado neste trabalho através do campo de velocidades, mostrado na figura 1. Observou-se também, que para tempos de trânsito superiores a 2.3 segundos não é possível ter nenhuma informação sobre a estrutura em subsuperfície através do dado migrado.

### Discussão e Conclusões

Os resultados do processamento CRS, quando comparados com os do processamento convencional CMP, apresentam uma melhor qualidade em seus dados,

mostrando uma significativa melhoria no imageamento das continuidades, bem como melhores informações para tempos de trânsito altos.

Mesmo sendo o processamento CRS uma ferramenta não interativa, o processador ainda é a peça fundamental no resultado final do empilhamento, já que a escolha dos parâmetros de entrada no programa ainda é feita por ele.

Tendo em vista que estes são resultados iniciais, frutos de um trabalho de mestrado, esperamos que um refinamento nos parâmetros de entrada do programa melhore consideravelmente o resultado final do empilhamento, bem como o resultado da migração em tempo.

### Agradecimentos

Agradeço a ANP pelo apoio financeiro na forma de bolsa de estudos. Agradeço também a Zeno Heilmann, por ceder o programa para que pudéssemos realizar este trabalho.

### Referências

Höcht, G.; De Bazelaire, E.; Majer, P.; Hubral, P.; 1999, Seismics and optics: hyperbolae and curvatures. *Journal of Applied Geophysics.*, 42(3,4):261-281.

Mann, J.; 2002. Extensions and Applications of the Common-Reflection-Surface-Stack-Method. Alemanha, Universidade de Karlsruhe. (Tese de Doutorado).

Müller, T.; 1998, Common Reflection Surface Stack versus NMO/Stack and NMO/DMO/Stack. In: EAEG Meeting, 60., Extended Abstracts, p. 1-20.

Müller, T.; 1999. The common reflection surface stack method: Seismic imaging without explicit knowledge of velocity model. Alemanha, Universidade de Karlsruhe. (Tese de Doutorado).

Schleicher, J.; Tygel, M.; Hubral, P.; 1993, Parabolic and hyperbolic paraxial twopoint traveltimes in 3D media. *Geophysical Prospecting*, 41(4):495-514.

Tygel, M.; Muller, T.; Hubral, P.; Schleicher, J.; 1997, Eigenwave based multiparameter traveltime expansions. In: SEG Meeting, 67., Dallas, Expanded Abstracts, p. 1770-1773.

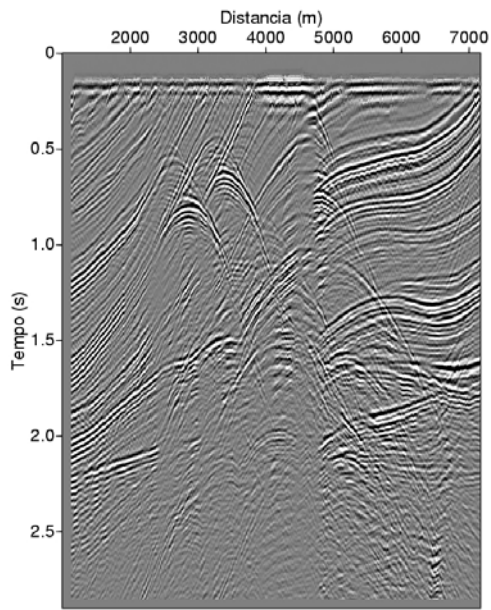


Figura 4: Seção de empilhamento CPM automático.

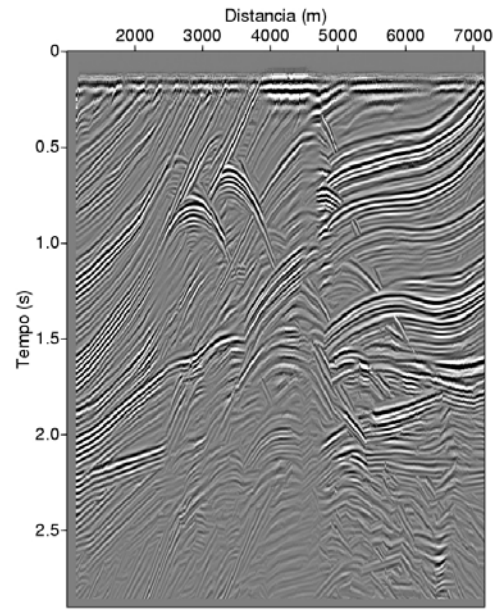


Figura 5: Seção de empilhamento CRS otimizado.

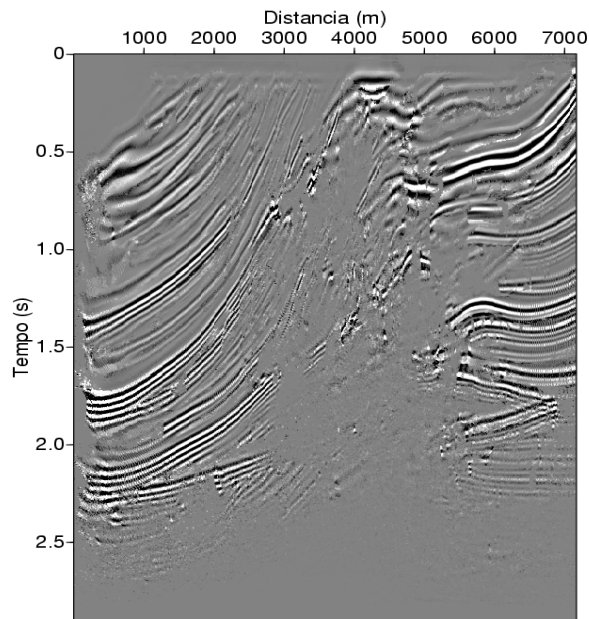


Figura 6: Migração em tempo da seção empilhada CRS otimizada.