



Migração pré-empilhamento em tempo de seções de afastamento constante

Enock F. Alves e Reynam Pestana, LAGEP/CPGG - Universidade Federal da Bahia

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III 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

Neste trabalho um método de migração pré-empilhamento em tempo, tipo Kirchhoff, usando a equação de raiz quadrada dupla, de seções de afastamento constante, implementado em paralelo, é aplicado e testado em dados reais. O método de migração utiliza a velocidade RMS, para cada ponto CMP, obtida através de análise de velocidades. Para testar a migração pré-empilhamento em tempo, usamos uma linha sísmica proveniente de uma zona de talude da Bacia do Jequitinhonha. Seções CMPs após a migração e após a correção de NMO são comparadas, mostrando uma melhor correção através da migração utilizada. As seções empilhadas são comparadas, após a correção NMO e também após a migração, mostrando um melhor resultado com a técnica de migração aplicada.

Introdução

O método sísmico tem uma grande importância na exploração de petróleo e gás buscando reservatórios economicamente produtivos. Durante este processo, estão envolvidos geofísicos, geólogos e engenheiros de reservatório. O trabalho do geofísico, em particular, está intimamente ligado à localização de possíveis reservatórios, priorizando mapear a subsuperfície terrestre, tendo por objetivo localizar estruturas geológicas capazes de armazenar hidrocarbonetos.

Com o intuito de visualizar o interior da Terra, o processamento sísmico tem sido de crucial importância na indústria de petróleo. Neste processamento destaca-se a migração em profundidade que, através da extrapolação do campo de onda, corrige os efeitos ocorridos durante a propagação do pulso sísmico, coloca as reflexões em suas verdadeiras posições espaciais e colapsa as difrações possibilitando uma melhor interpretação dos dados sísmicos (Pestana, 2007).

A migração em tempo é ainda uma etapa de imageamento sísmico muito usada pela indústria do petróleo. A razão disso é a sua eficiência e robustez na focalização das reflexões sísmicas. Entretanto, tem sua aplicabilidade limitada em áreas de fortes variações laterais de velocidades, onde a migração em profundidade oferece um melhor resultado, mas exige

uma boa definição do campo de velocidade em profundidade.

A migração em tempo pré-empilhamento colapsa as difrações e, desde que a migração é um processo de soma, aumenta também a relação sinal ruído no dado migrado.

Tendo como desafio a exploração em áreas com alta complexidade geológica, faz-se necessário o emprego da migração pré-empilhamento que, ao contrário do empilhamento convencional, foge da premissa que as camadas sedimentares são plano-paralelas, imageando regiões onde os horizontes têm relevante inclinação. A migração pré-empilhamento, mesmo em tempo, tem como desvantagem predominante o alto custo computacional, porém quando o seu resultado final é comparado com o processamento convencional, percebe-se uma grande melhora na resolução das estruturas mais complexas.

Como não dispomos de um procedimento para a determinação do campo de velocidade em profundidade, optamos em usar neste trabalho uma técnica de migração em tempo. A migração usada é do tipo Kirchhoff, baseada na equação de raiz quadrada dupla. A migração Kirchhoff é uma das técnicas de migração mais populares que é baseada na soma da energia sísmica ao longo da curva de difração.

No método aqui implementado, usamos a velocidade RMS, obtida através da análise de velocidades convencional, para cada posição CMP, em função do tempo, para realizar a migração de cada amostra em tempo das seções de afastamento constante.

Para tornar o método de migração pré-empilhamento em tempo mais atrativo, do ponto de vista computacional, e acelerar o processo de migração, uma versão em paralelo deste método foi desenvolvida e, assim, obtivemos as seções migração em um tempo bastante razoável.

Neste trabalho aplicamos a técnica de migração pré-empilhamento em tempo ao dado da Bacia do Jequitinhonha, região de talude. O processo de empilhamento convencional foi comparado com as seções de afastamento migradas e empilhadas – seção final. Assim, procuramos mostrar através deste exemplo real, com grande complexidade estrutural, a necessidade de se utilizar técnicas mais sofisticadas para delinear com melhor precisão as feições geológicas importantes.

Migração pré-empilhamento em tempo

A Figura 1 mostra esquematicamente a relação entre a fonte, receptor, ponto espalhador e a correspondente curva de migração que é fornecida pela migração pré-empilhamento em tempo. Dado uma fonte, um receptor e uma amostra no tempo t , sobre um traço sísmico não migrado, a amplitude nesse tempo t é espalhada ao longo da curva de migração, que corresponde aos pontos que possuem o mesmo tempo entre fonte e receptor. O propósito do processo de migração é espalhar a amostra no tempo t sobre todos os possíveis pontos espalhadores no espaço 2D. O processo é repetido para todas as amostras de todos os traços, adicionando a contribuição em cada ponto imagem.

Neste trabalho aplicamos uma migração em tempo de seções de afastamento comum, ou seja, seções organizadas no domínio cmp-afastamento. A migração é do tipo Kirchhoff em tempo e é aplicada usando-se o operador de raiz quadrado dupla, isto é:

$$t(x, h) = t_s + t_r = \sqrt{(t_o / 2)^2 + [(x + h) / v_s]^2} + \sqrt{(t_o / 2)^2 + [(x - h) / v_s]^2}$$

Na expressão acima, h é o meio afastamento entre fonte-receptor e x é a distância entre a posição do traço de entrada e a posição do traço de saída. A função velocidade (v_s), usada nesta migração, é a velocidade RMS, em cada posição CMP da linha, que depende do tempo, determinada através do processo iterativo de análise de velocidades – método semblance convencional.

No processo de imageamento um filtro antialias é aplicado (Gray, 1992), através das n -cópias do traço filtrado com um filtro passa baixa. As frequências de cortes são calculadas como frações da frequência de Nyquist. Durante o processo de migração é aplicado correções de espalhamento geométrico e de obliquidade. Também é controlada a máxima abertura angular do operador de migração.

O programa de migração utilizado é uma modificação do programa SUKTMIG2D do pacote Seismic Unix-SU/CWP. O programa original foi alterado para permitir a migração de várias seções de afastamento comum e também fizemos uma implementação em paralelo. Desta forma, cada seção de afastamento comum é migrada em cada processador, tomando, assim, a migração pré-empilhamento mais eficiente do ponto de vista computacional.

Dado real de talude da Bacia do Jequitinhonha

O dado real processado no presente trabalho é proveniente de uma zona de talude da Bacia do Jequitinhonha, umas linhas sísmicas de reflexão 2D, que se localiza na porção nordeste da margem leste brasileira, no litoral sul do estado da Bahia, em frente à

foz do rio Jequitinhonha. Ao norte, limita-se com a Bacia de Camamu-Almada através do Alto de Olivença, e a sul, com a Bacia de Cumuruxatiba, através do banco vulcânico de Royal Charlotte e sua projeção para o continente. Ocupa uma área cerca de 10.100 Km², dos quais 9.500 km² são submersos (7.000 km² até 1.000 m de lâmina d'água, e 2.500 km² entre 1.000 m e 2.000 m). Esta bacia está posicionada sobre a borda sul do Cráton do São Francisco, que segundo Inda et. al (1964), é constituída por terrenos predominantemente granulíticos, total ou parcialmente retrabalhados no ciclo transamazônico.

Compreende uma bacia rifte que evoluiu para uma típica de margem passiva. Diferente das bacias limítrofes, o rifte amostrado é de idade aptiana. Sedimentos mais antigos da idade berriasiana, valanginiana, hauteriviana e barremiana, comum nas bacias marítimas vizinhas, ainda são uma hipótese, pois não foram datados com base em ostracodes e palinomorfos (Costa, 2007).

Processamento sísmico

Para o processamento sísmico selecionamos um trecho de interesse da linha, exatamente na zona de talude, a partir do CDP 1325 até o CDP 3393, sendo o intervalo entre CDPs de 12,5 m, totalizando 2069 CDPs. A cobertura máxima é de 60 traços. Pode-se verificar que esta zona se caracteriza por ter um acentuado mergulho de talude como se pode ver na Figura 3, que mostra a seção empilhada. O dado tem 4 s de registro, com um intervalo de amostragem de 4 ms, com um total de 1001 amostras registradas.

Para a definição do campo de velocidades foram realizadas análises a cada 100 CDPs, e posteriormente suavizadas, pois se sabe que em zonas íngremes a interpolação de CDPs muito afastados gera maiores imprecisões. Assim, na zona de talude é ideal se realizar a análise de velocidades em um maior número de CDPs, ou seja, quanto mais CDPs analisados maior a qualidade das seções obtidas no processo de migração.

Na Figura 2 observa-se a família CDP 2860. À esquerda, temos o dado sem a correção de NMO; ainda nesta figura, o CDP migrado (no meio) e podemos ver o dado corrigido de NMO (à direita). Pode-se perceber claramente que ao fazer a correção NMO, apesar de horizontalizar muito bem os eventos, alguns refletores, como em 2,6 s e todos os eventos abaixo de 3 s aparecem sem uma boa definição, ao passo que no dado migrado, temos uma melhor resolução dos eventos.

A Figura 3 mostra o campo de velocidades, com acentuado contraste de velocidades na direção horizontal, sugerindo que refletores inclinados não serão bem iluminados.

Na Figura 4, temos a seção empilhada com muitos refletores, em sua maioria, bem definidos, mostrando que o campo de velocidades foi satisfatório. A ocorrência de difrações em todo o dado sugere a presença de falhas, conforme descrito por Costa (2007). Percebe-se ainda que toda a seção é uma zona de transição, onde os

refletores em sua maioria são descontínuos e es traçalhados, graças aos movimentos desordenados na direção do talude. Fazendo com que as análises de velocidade, quantificada através de seções de “semblances”, apresentem uma baixa qualidade e de difícil seleção de eventos (seleção de velocidades em função do tempo via “picks”).

Já na Figura 5 temos o resultado final da seção migrada pré-empilhamento em tempo, sendo as diferenças com o empilhamento convencional bastante expressiva.

O resultado final da seção migrada nos possibilitou uma melhor definição dos eventos, bem como a sua continuidade lateral. No sinforme verificado ao lado direito da seção, obtivemos além de uma significativa diferença na sua inclinação, um maior delineamento das estruturas.

Discussão e Conclusões

O imageamento de zonas de quebra de plataforma e taludes, correspondentes às bacias marítimas ainda é um desafio, porém neste trabalho conseguimos reconstruir seções em tempo mais nítidas do dado real da Bacia do Jequitinhonha, graças ao processo de migração sísmica. O método de migração pré-empilhamento em tempo, tipo Kirchhoff de seções de afastamento comum, usando a equação de raiz quadrada dupla, permitiu o colapso das difrações, posicionamento mais preciso dos refletores e, assim, melhorando substancialmente o processo de interpretação dos dados. Contudo, não obtivemos informações sobre o correto posicionamento dos eventos em profundidade, o que implicaria o uso de técnicas de migração pré-empilhamento em profundidade. Desta maneira possibilitaria uma interpretação mais conveniente sobre o posicionamento das estruturas em subsuperfície.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao suporte do LAGEP-CPGG/UFBA pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho. À ANP pelo apoio através de bolsa de estudos (Enock Alves).

Referências

- Inda, H.A.V. et al. O Cráton do São Francisco e a faixa de dobramentos Araçuaí. Geologia do Brasil. Brasília: DNPM, 1984, p 193-199.
- Costa, F. B., 2007, Processamento e interpretação de dados sísmicos 2d na Bacia do Jequitinhonha.
- Gary, S. H, 1992, Frequency-selective design of the Kirchhoff migration operator, Geophysics Prospecting, 40, 565-571
- Pestana, R. C., Neto, C. A. M., 2007, Migração Kirchoff em profundidade de seções de ondas planas, Revista Brasileira de Geofísica, 25(4):351-361.

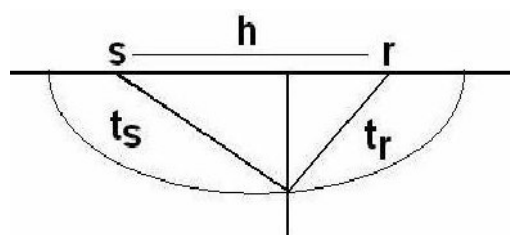


Figura 1 - Relação entre fonte, receptor, ponto espalhador e a correspondente curva de migração. A energia do traço no tempo $t=ts+tr$ é espalhada ao longo da curva de migração.

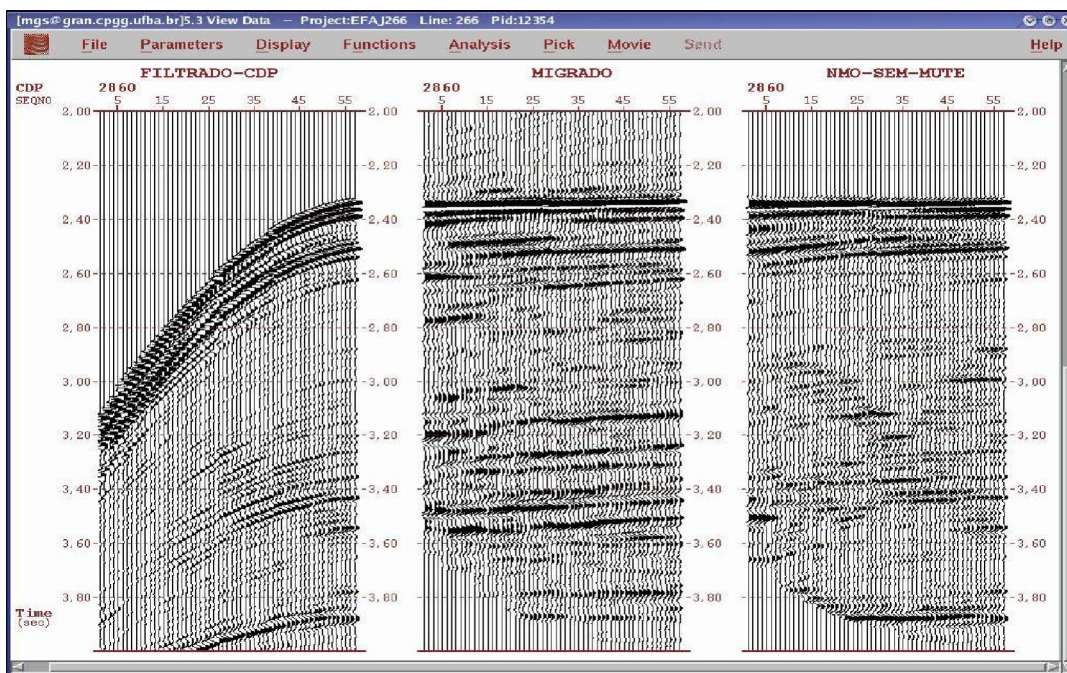


Figura 2 - Família CDP. Sem a correção NMO (esquerda), migrada (meio) e com a correção NMO (direita).

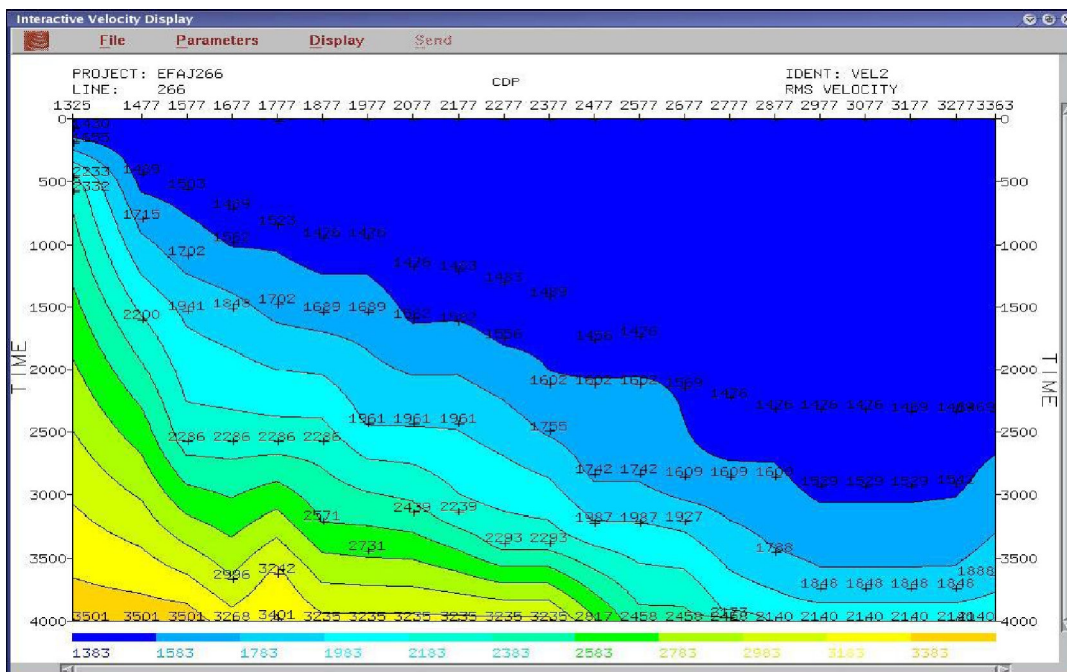


Figura 3 - Campo de velocidades - Campo estimado através do procedimento convencional de análise de velocidades (semblance).

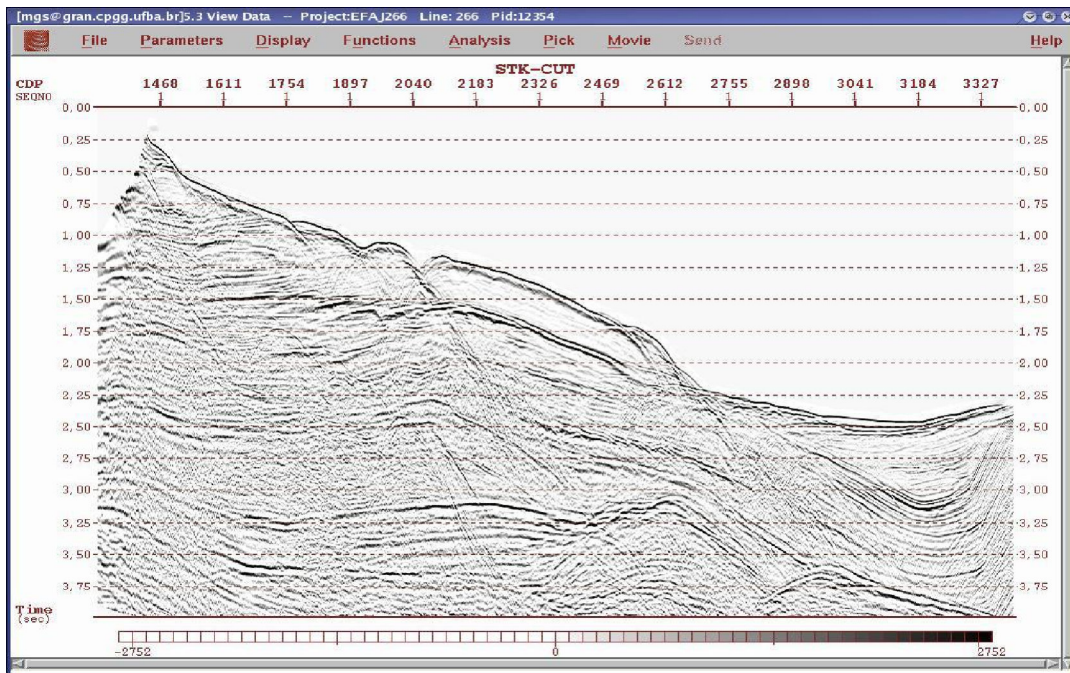


Figura 4 - Seção empilhada após a correção NMO.

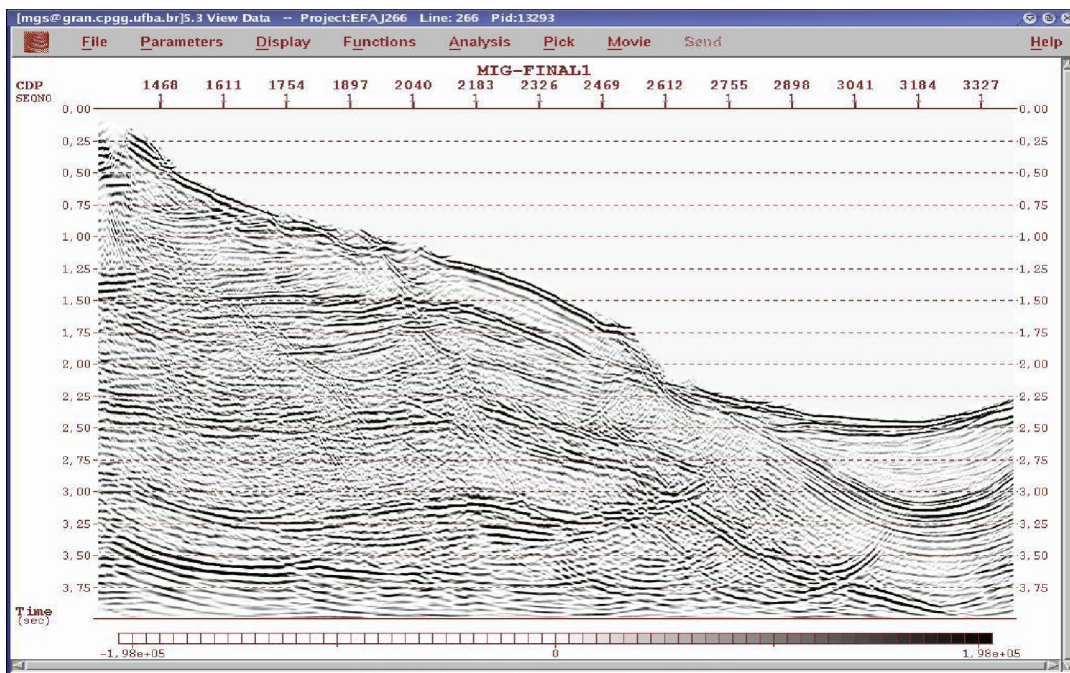


Figura 5 - Seção migrada empilhada - Resultado do empilhamento de todas as seções de afastamento comum após a migração em tempo.