



Calibração do Fluxo de Processamento: Um Enfoque na Análise Espectral

Aline Cortizo Costa, Roseane Marchezi Misságia, Viatcheslav Ivanovich Priimenko, LENEP/UENF.

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

Having in mind the increasing claim for high-resolution images from subsurface and knowing that new methods and algorithms are being developed to get around this problem, we present and discuss in this paper a processing flow created by the free package data processing. By this processing flow, which is addressed to the application of pos-stack migration and the method Wave Analogue of The Common Depth Point (WCDP), comparisons were made about the images from subsurface obtained, coming to conclusions about the application of the processing flow to the quality of the results obtained. Besides that, it has been trying to provide a processing routine that can relieve futures researches, especially in scientific community, where the application of the seismic processing tool is needed.

Introdução

A busca de novos reservatórios em profundidades cada vez maiores requer métodos e algoritmos mais robustos para que melhores imagens de subsuperfície sejam obtidas. Tendo em vista esse objetivo, é de extrema importância a proposição de um fluxo de processamento voltado para a preservação das características dinâmicas do dado. Nesse sentido, foi analisado um fluxo de processamento de dados sísmicos, direcionado para a migração pós e pré-empilhamento, através dos métodos Stolt (Stolt, 1978), Gazdag (Gazdag, 1978) e WCDP (Misságia, 2003). Portanto, através dessa pesquisa, buscou-se obter imagens de alta resolução de subsuperfície, utilizando para isso, o dado de uma aquisição 2D no Lago Baikal, na Rússia. A calibração desse fluxograma teve como base principal a aplicação de análises espectrais do dado antes e após a aplicação de cada função, verificando sempre a eficiência de aplicação da mesma e uma melhor definição de seus parâmetros, na busca de um melhor imageamento das estruturas em subsuperfície.

Metodologia

O dado sísmico real que foi utilizado nessa pesquisa faz parte de um levantamento sísmico 2D, no Lago Baikal. Trata-se de uma região de intenso dobramento, composto por inúmeras falhas de pequeno rejeito, onde o

gradiente de velocidade varia suavemente. Para o processamento do dado em questão, foi utilizado o fluxograma ilustrado na Figura 1, tendo sido adaptado de Misságia (2003), e pode ser assim itemizado:

1. Entrada: O dado de entrada é o dado original do campo, tendo sido sorteado por famílias de tiro comum.
2. Etapa de Pré-Processamento: Durante esta etapa, torna-se de grande importância uma análise criteriosa da qualidade dos traços, para que seja possível realçar os eventos refletos de subsuperfície. Assim, através da edição dos traços, aqueles que se apresentavam com algum teor de ruído que pudesse vir a prejudicar a qualidade final do dado foram retirados. Em seguida, foi realizada uma análise na amplitude do dado para a posterior aplicação de uma função que compensasse as perdas por espalhamento geométrico e absorção. Na seqüência, aplicou-se uma deconvolução preditiva, com o objetivo de se melhorar a resolução temporal do dado. A aplicação desse tipo de deconvolução também teve o objetivo de atenuar as múltiplas, para supressão dos ruídos que ainda persistiam no dado. Após a aplicação da deconvolução, realizou-se uma filtragem f-k. Durante a execução de todas essas etapas, foram efetuadas análises espectrais relacionadas à frequência, amplitude, tempo e número de onda, para verificação da atuação da função aplicada. Dessa forma, buscou-se sempre incrementar a razão sinal-ruído, o que

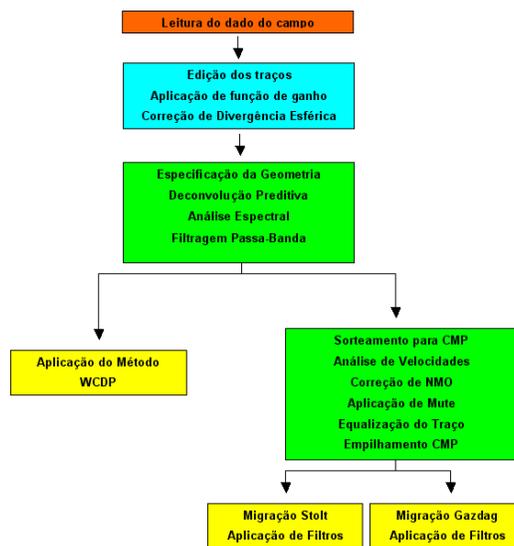


Figura 1 - Fluxograma de processamento do dado do Lago Baikal.

auxilia na obtenção de melhores imagens de subsuperfície.

3. Imageamento de Dados Pré-Empilhados – Após a aplicação da etapa de pré-processamento, o dado já se mostrava pronto para a aplicação do WCDP. Para isso, foi utilizado o processamento serial, em que era introduzida apenas uma velocidade de referência para a seção final, sendo essa a escolha mais simples.
4. Migração Pós-Empilhamento – Seguindo a vertente para a aplicação da migração pós-empilhamento, o dado foi sorteado para o domínio CMP, em que foi realizada uma Análise de Velocidade, com o objetivo de definição das funções velocidade que melhor compensem as diferenças de sobretempo normal (NMO) das reflexões. Após essa etapa, foi realizada a correção de NMO seguida da aplicação de um *mute* e equalização dos traços, para então o dado sofrer o empilhamento. Assim, foram aplicados dois métodos de migração, Stolt e Gazdag.

Descrição das Análises Espectrais do Dado

Durante todas as etapas de processamento do dado, foram realizadas análises espectrais com o objetivo de se obter melhores imagens de subsuperfície. Assim, após a aplicação de cada função, espectros de amplitude, tempo e frequência foram gerados para interpretação do resultado obtido e verificação da eficácia da aplicação da mesma. Dessa forma, as funções foram aplicadas com o intuito de incrementar a razão sinal-ruído e, assim, obter uma imagem de melhor resolução.

Durante a etapa de pré-processamento do dado, aplicou-se uma função de compensação das perdas de amplitude, visto que para dados reais há uma grande perda de amplitude com o tempo de propagação das ondas sísmicas. Assim, após a aplicação dessa função, foram gerados espectros dos dados para verificação da aplicação da função.

Através da análise da Figura 2, pode-se observar que houve um aumento nos valores de amplitudes para tempos maiores. Dessa forma, através da análise dos espectros do dado foi possível uma melhor definição dos parâmetros da função, tal como velocidade de referência. Assim, análises em outros domínios também devem ser realizadas com o objetivo de identificar ruídos que possam ter sido acrescentados, para a retirada ou minimização dos mesmos.

Através das análises das Figuras 3, 4, 5 e 6, torna-se clara a eficiência da aplicação da função de compensação das perdas de amplitude, visto que, principalmente através da observação da Figura 4, houve um aumento do valor de amplitude para valores de frequência que estavam pouco evidentes.

Assim, após a aplicação da função que compensasse as perdas de amplitude, aplicou-se uma função de deconvolução dos traços sísmicos, para aumentar a resolução temporal do dado e assim permitir a identificação de topo e base de pacotes que se apresentassem de forma mais delgada. Da mesma forma

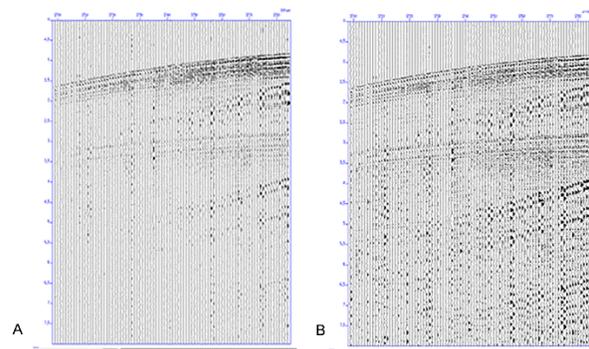


Figura 2 - Comparação entre os tiros 50 do dado antes (A) e após (B) a aplicação da função de compensação das perdas de amplitude.

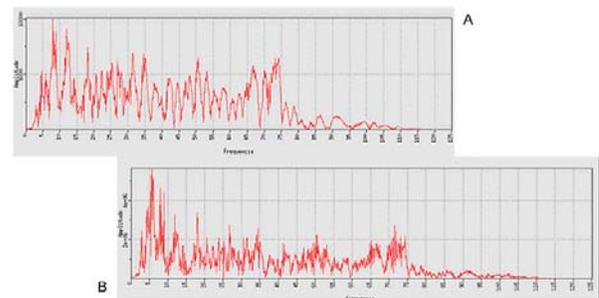


Figura 3 - Comparação entre os espectros de amplitude x frequência para o tiro 50 antes (A) e após (B) a aplicação da função de compensação das perdas de amplitude.

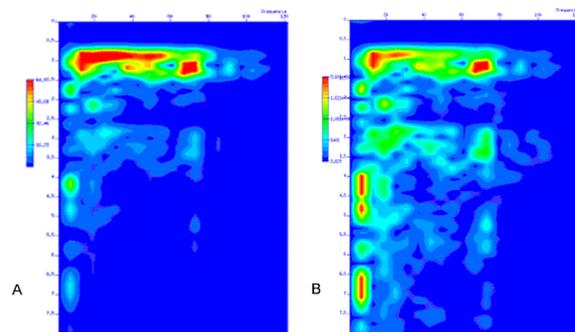


Figura 4 - Comparação entre os espectros tempo de trânsito x frequência do tiro 50 antes (A) e após (B) a aplicação da função de compensação das perdas de amplitude.

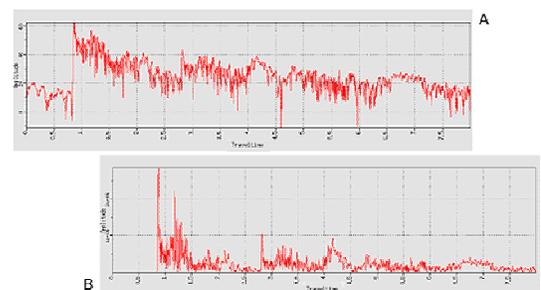


Figura 5 - Comparação entre os espectros de amplitude instantânea x tempo de trânsito para o tiro 50 antes (A) e após (B) a aplicação da função de compensação das perdas de amplitude.

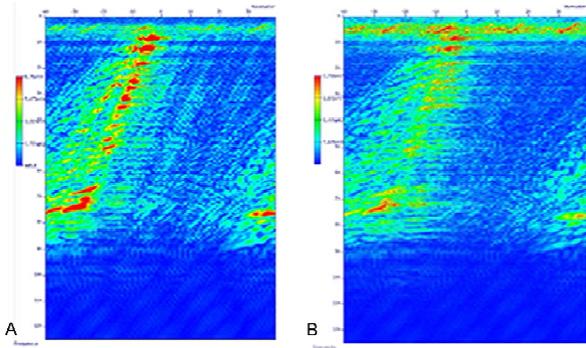


Figura 6 - Comparação entre os espectros frequência x wavenumber antes (A) e após (B) a aplicação da compensação das perdas de amplitude.

que na etapa anterior, também foram realizadas análises espectrais para uma melhor definição dos parâmetros da função, tais como a distância de predição, comprimento do operador e janela para cálculo da autocorrelação. A aplicação desse tipo de deconvolução teve como objetivo prever e atenuar as múltiplas existentes no dado, que podem ser previstas no dado através do conhecimento do tempo de chegada das ondas primárias que envolvem o mesmo refletor. Através da análise da Figura 5, que ilustra o tiro 50 antes e após a aplicação da deconvolução preditiva, fica evidente a aplicação da função, como pode ser melhor observado através dos espectros gerados antes e após a aplicação da mesma.

Através de análises realizadas com os espectros das Figuras 7, 8, 9 e 10 pode-se observar que houve uma estabilização relativa dos valores de amplitude com a frequência. Também fica claro que houve um aumento no valor da frequência para os primeiros intervalos de tempo, porém aumentando também a energia da múltipla primária do dado. De qualquer forma, houve um certo acréscimo na razão sinal-ruído, o que se torna de grande importância para a geração de melhores imagens de subsuperfície. Através da análise da Figura 11 pode-se observar que houve o aumento dos valores de amplitude para outros valores de frequência do dado que se mostravam com baixos valores. Assim, pode-se concluir que, após a aplicação da deconvolução preditiva o dado ainda se apresenta com múltiplas, porém elas foram atenuadas, a resolução do dado melhorou, o conteúdo de frequência aumentou e através da análise da autocorrelação fica clara a eficiência de aplicação da deconvolução. Finalmente, a aplicação de uma função

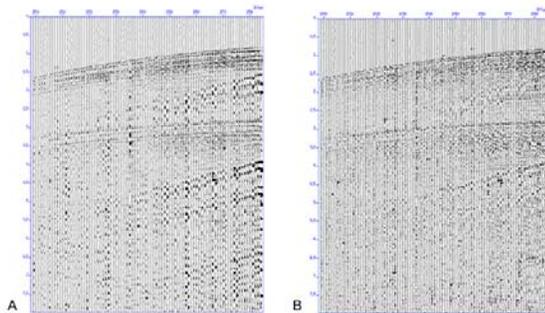


Figura 7 - Comparação entre os tiros 50 antes (A) e após (B) a aplicação da deconvolução preditiva.

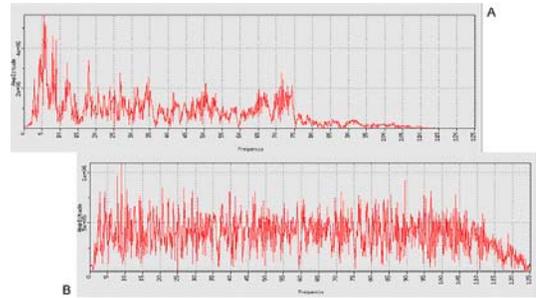


Figura 8 - Comparação entre os espectros de amplitude x frequência para o tiro 50 antes (A) e após (B) a aplicação da deconvolução preditiva.

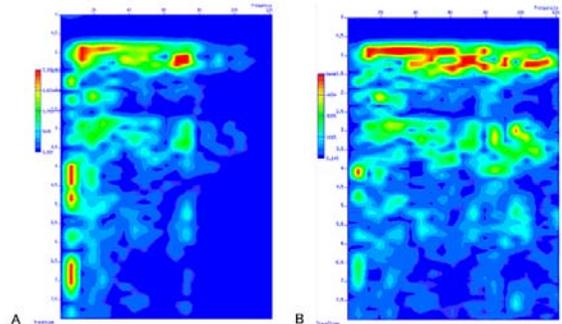


Figura 9 - Comparação entre os espectros frequência x tempo de transito para o tiro 50 antes (A) e após a aplicação da deconvolução preditiva.

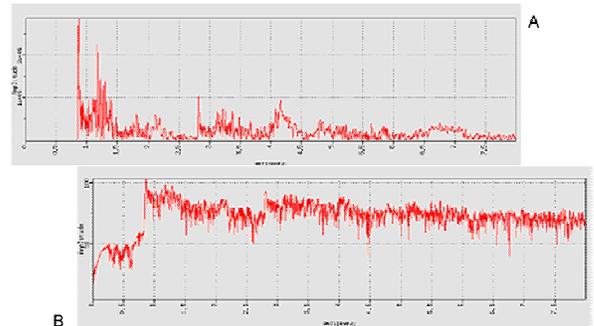


Figura 10 - Comparação entre os espectros de amplitude instantânea x tempo de trânsito antes (A) e após (B) a aplicação da deconvolução preditiva.

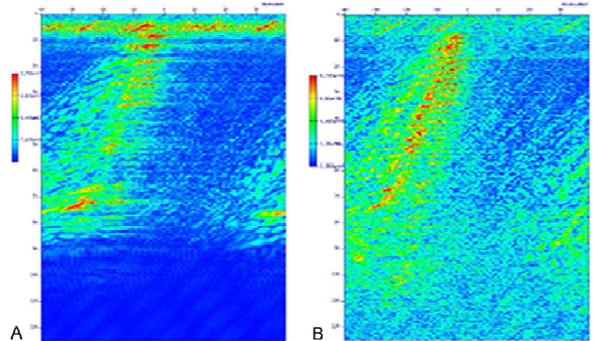


Figura 11 - Comparação entre os espectros frequência x wavenumber antes (A) e após (B) a aplicação da função de deconvolução preditiva.

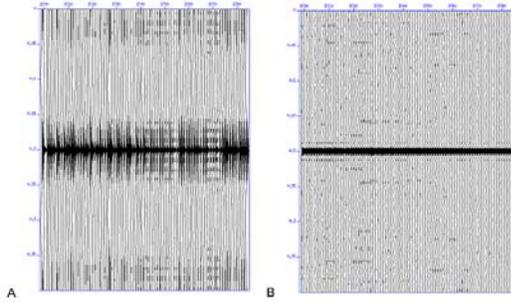


Figura 12 - Autocorrelação do dado antes (A) e após (B) a aplicação da deconvolução preditiva.

de filtragem no domínio frequência-número de onda teve como objetivo principal a atenuação de eventos que pudessem estar causando algum tipo de ruído no dado. Sabendo que toda a energia sísmica que é originada da mesma fonte com a mesma velocidade de propagação pertence a um determinado evento no domínio do tempo em dados pré-empilhados e a representação desses eventos no domínio f-k é uma linha reta passando pela origem, esse tipo de filtragem permite a eliminação de certos tipos de ruídos que não são bem visualizados no domínio t-x (Yilmaz, 1987). Através das Figuras 13 e 14 pode-se observar a atuação da função de filtragem f-k.

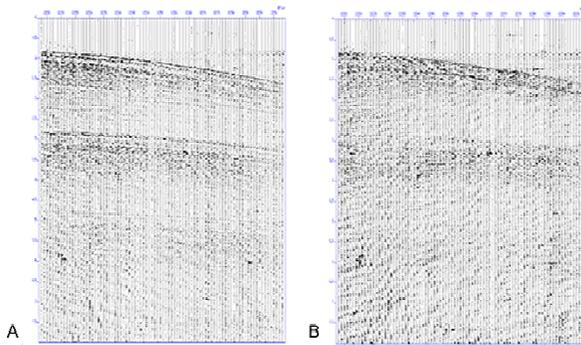


Figura 13 - Comparação entre os tiros 50 antes (A) e após (B) a aplicação da filtragem F-K

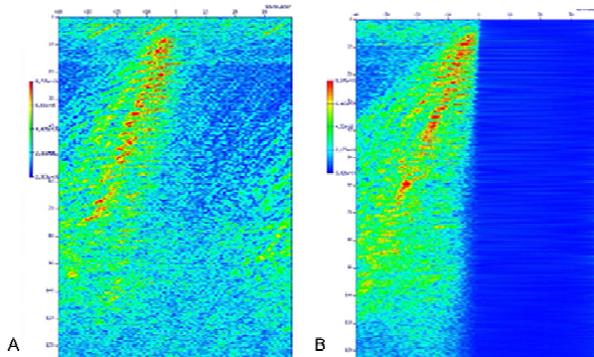


Figura 14 - Comparação entre os espectros frequência x wavenumber antes (A) e após (B) a aplicação da filtragem F-K

Após a realização de todos os procedimentos de preparação do dado, aplicou-se o método de imageamento sísmico de dados pré-empilhados WCDP

(Kremlev, 1985 e Misságia, 2003), e migração pós-empilhamento, Stolt e Gazdag, para comparações qualitativas dos resultados obtidos.

Aplicação do Método WCDP

A implementação do método de imageamento Wave Analogue of The Common Depth Point (WCDP) foi realizado de forma serial, tendo como resultado uma seção final com apenas uma velocidade de referência.

Durante toda a etapa de pré-processamento buscou-se preservar ao máximo o conteúdo de frequência, tendo sido esse o principal objetivo de serem realizadas as análises espectrais do dado.

Aplicação da Migração Pós-Empilhamento

Para que a aplicação do método de migração pós-empilhamento Stolt e Gazdag, inicialmente o dado foi sorteado por famílias CMP e realizou-se uma Análise de Velocidade, correção de NMO e aplicação de mute, empilhamento do dado e então a aplicação da migração, que consiste na focalização da energia sísmica. Para a aplicação da migração Stolt e Gazdag, utilizou-se um campo de velocidades extraído da Análise de Velocidade.

Resultados

A Figura 15 ilustra o resultado obtido através da aplicação do método de imageamento pós-empilhamento Stolt, após a aplicação de filtros e ganhos na seção final. Pode-se observar que os valores de velocidade utilizados na migração tornaram possível a visualização de algumas das estruturas do dado. Porém, estruturas menores, como falhas de pequeno rejeito não foram capazes de serem visualizadas.

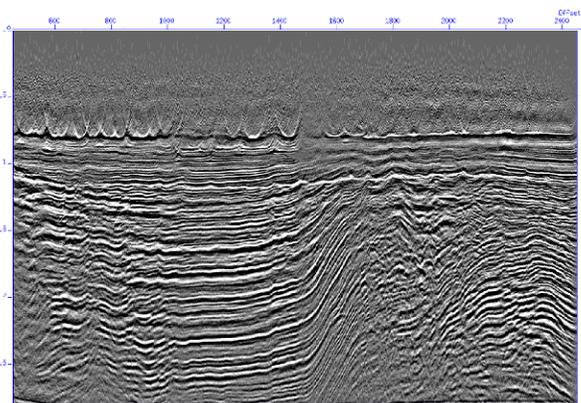


Figura 15 - Seção resultante da migração Stolt para o dado Baikal.

A Figura 16 ilustra a seção resultante a partir da aplicação do método de imageamento pós-empilhamento do tipo Gazdag. Diferentemente da seção obtida através da migração Stolt, houve um decaimento da qualidade do dado, não sendo possível a visualização de algumas estruturas que se apresentam mais claramente na Figura

15. Isso pode ser atribuído à necessidade de um melhor ajuste dos parâmetros de migração.

A Figura 17 ilustra a seção obtida a partir da aplicação do método de imageamento WCDP para o dado em questão. Da mesma forma que a figura 16, essa imagem também apresenta decaimento na qualidade da seção final quando comparada à seção obtida a partir da migração do tipo Stolt.

A figura 18 ilustra a seção obtida por Misságia (2003) através da aplicação do método WCDP para o mesmo dado em questão, porém tendo sido utilizadas diferentes funções e parâmetros durante a fase de pré-processamento do dado, além do software. Na Figura 19, tem-se o detalhe da seção resultante da aplicação do método WCDP nessa pesquisa, em comparação com o resultado obtido por Misságia (2003), ilustrado na Figura 20.

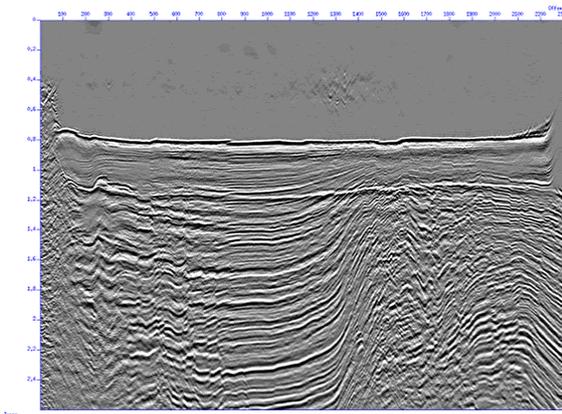


Figura 16 - Seção resultante da aplicação do método de imageamento Gazdag, para o dado Baikal.

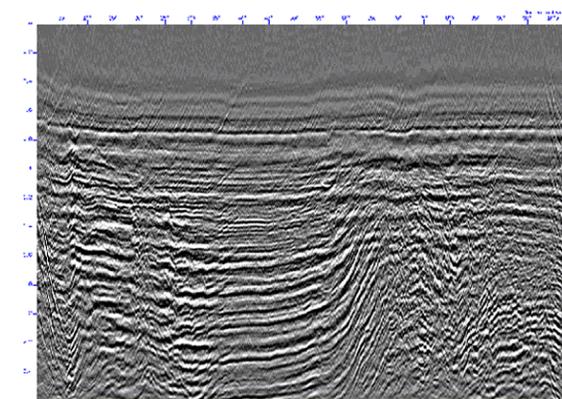


Figura 17 - Seção resultante da aplicação do método de imageamento Wave Analogue of The Common Depth Point.

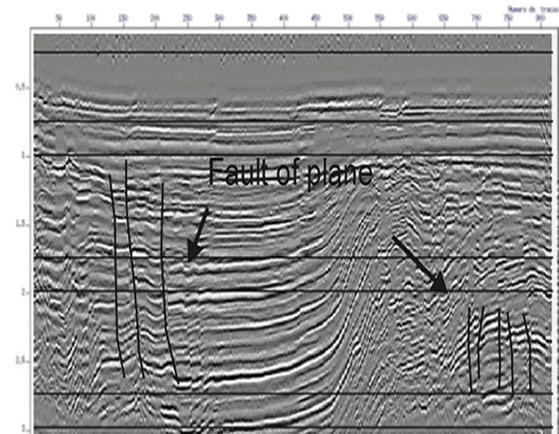


Figura 18 - Resultado obtido por Misságia (2003) através da aplicação do método de imageamento WCDP.

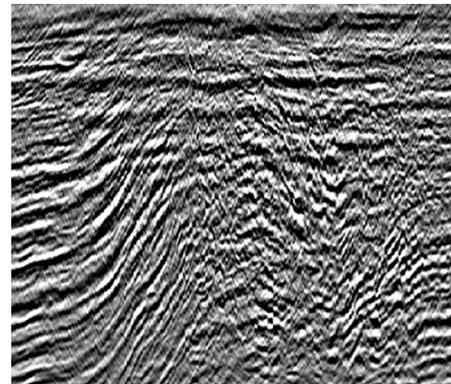


Figura 19 - Detalhe da seção obtida através da aplicação do método WCDP.

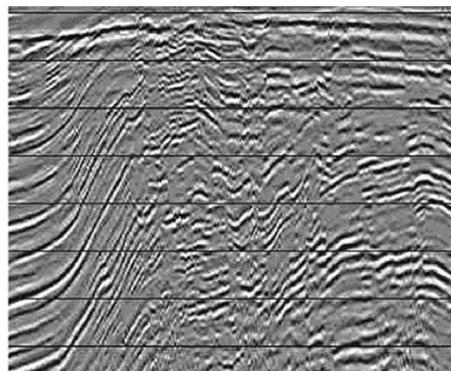


Figura 20 - Detalhe da seção obtida por Misságia (2003) através da aplicação do método WCDP.

Conclusões

O fluxo de processamento proposto nessa pesquisa, direcionado para a aplicação de métodos de imageamento teve como objetivo principal uma melhor imagem das estruturas em subsuperfície. Analisando-se as seções obtidas através da aplicação de migração pós-empilhamento observa-se que os resultados foram consideravelmente satisfatórios. Porém, quando analisada a seção obtida através do método de

imageamento WCDP comparativamente à obtida por Misságia (2003), observa-se que não ocorreu um bom imageamento das pequenas estruturas, o que era desejável ter ocorrido. A obtenção do resultado de mais baixa qualidade indica que a utilização das funções do pacote de processamento não foi satisfatória ou a definição dos parâmetros das mesmas também não tenha sido os mais adequados, visto que se trata de um software livre, voltado para uso acadêmico. Porém, também foi possível evidenciar que a análise criteriosa dos espectros do dado é de grande importância na seleção dos parâmetros para a aplicação das funções e, assim, obter imagens de alta resolução das estruturas em subsuperfície. Também é importante ressaltar que o software acadêmico parece ser mais adequado para a aplicação dos métodos de migração pós-empilhamento.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao LENEP/UENF pelo apoio para a divulgação desse trabalho e à ANP e FAPERJ pelo apoio financeiro à pesquisa.

Referências

Gazdag I., 1978, Wave Equation Migration with the Phase Shift Method, *Geophysics*, vol. 43, p.1342-1351.

Hubral P, Schleicher J, Tygel M, 1996, A unified approach to 3-D seismic reflection imaging, Part 1: Basic Concepts, *Geophysics*, vol. 61, n. 3, p. 742 758.

Kremlev, A.N., 1985, Wave Analogue of the CDP Method: *Geology and Geophysics*, 10, 77-86p.

Misságia R.M., 2003, Aprimoramento, Implementação Prática e Teste do Método de Imageamento Wave Analogue o the Common Depth Point (WCDP) Aplicado a Dados Sintéticos e Reais, Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense.

Misságia R.M., Priimenko V.I, Soares Filho D.M., Kremlev A. , Oliveira S.A.M., Bragança R.S., Gomes E.H.C., Vieira M.C.M., 2003, Offshore Data Processing by WCDP Method, Technical Session, Workshop Imaging, 8th International Congress of Brazilian Geophysical Society, 14-18, Setembro, RJ, Brasil.

Sheriff R.E., Geldart L.P., 1999, *Exploration Seismology*, Cambridge University Press.

Stockwell J.W., Cohen J.K., 1998, *The New SU User's Manual*, Colorado School Of Mines.

Stolt R.H., 1978, Migration by Fourier Transforms, *Geophysics*, vol.46, n., p.1077-1087.

Yilmaz Ö., 1987, *Seismic Data Processing*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.