



Influência da Topografia e da ZBV na Imagem Sísmica

Clériston Silva Gama,* CPGG/IGEO/UFBA, Milton José Porsani, CPGG/IGEO/UFBA & INCT-GP/CNPq/MCTI, Manoel Gontijo dos Santos, PETROBRAS S.A. e Wilker Eduardo Souza, CPGG/IGEO/UFBA.

Copyright 2017, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 31 July to 3 August, 2017. Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society 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

This work analyzes the effects of static field corrections and residual correction, and when this can be neglected, by comparing the results of modeling and processing of synthetic seismic data. Both direct modeling and processing were done using ProMAX/SeisSpace software. During processing, the following steps were applied: geometry, editing, static corrections, velocity analysis, stacking and residual static corrections. In the modeling phase, models were created in different situations to analyze the influence of static corrections, a very important step for the processing of land seismic data. The results show how impaired the seismic section is in terms of different degrees of variation of the topography and the thickness of the weathered layer.

Introdução

A correção estática é uma correção de tempo fixo aplicada aos traços de um agrupamento CMP. É o processo mais corriqueiro, no que se diz respeito às distorções no tempo de trajeto associada às camadas superficiais, deslocamentos verticais de tempo nos traços sísmicos de um agrupamento CMP, feitos de forma a simular a aquisição em uma elevação constante. A determinação precisa da correção estática é um dos problemas mais importantes que devem ser resolvidos no processamento sísmico terrestre (Cox, 2001). Com o passar do tempo essa correção foi usada mais e mais vezes e seus algoritmos foram sofrendo alterações, sendo melhorados e métodos diversos também criados. Em geral a parte mais superior da crosta terrestre, o pacote aflorante composto por material rochoso de espessura variável, lateralmente heterogênea e na qual as velocidades das ondas sísmicas são muito baixas é conhecido por causar grandes distorções nas ondas elásticas. É tema recorrente de estudo a determinação precisa ou aproximada de suas características com o objetivo de se desenvolver métodos cada vez mais eficazes para reduzir ou amenizar o seu efeito nos dados sísmicos. Esta porção da crosta terrestre é conhecida como Zona de Baixa Velocidade (ZBV), Camada de Baixa Velocidade, Zona Intemperizada ou ainda Camada Superficial Heterogênea na exploração sísmica e é constituída por rochas total ou parcialmente decompostas pela ação de diversos tipos de intemperismo (químico, físico e biológico) que causam modificações profundas nas

suas propriedades elásticas originais. A correção estática atua com aproximação dos dados como se a aquisição fosse realizada numa superfície plana ou *datum* além de corrigir erros associados a espessura da ZBV. Para isso são necessárias informações como a velocidade do meio, logo após a zona de baixa velocidade, a altitude do ponto de tiro e dos receptores, além das velocidades e espessuras da ZBV nesses pontos. A presença da ZBV apenas por si só não representa transtornos. Os problemas ocorrem devido a variabilidade da espessura e velocidade das camadas próximas a superfície, e, devido a nossa dificuldade em definir adequadamente as variações ou compensá-las (Marsden, 2007). Em contrapartida quanto mais abruptas forem as variações laterais e verticais de velocidade na ZBV maiores serão os efeitos de degradação e distorção na qualidade da seção sísmica que influenciam na precisão da imagem das estruturas geológicas subjacentes.

A alta redundância da técnica CDP inerente à aquisição sísmica favorece o processo de determinação das correções estáticas, ou seja, trata-se de um problema em que normalmente dispõe-se de um número substancialmente maior de equações do que de incógnitas e que por isso nos permite a aplicação de algoritmos sofisticados. Em muitos casos é conveniente a aplicação de um processo secundário da correção estática; a correção estática residual, que é feita no processamento avançado para uma melhor precisão das correções de campo aplicadas.

Correções Estáticas

Existem as correções estáticas de campo e correções estáticas residuais e estas devem ser aplicadas aos dados para se corrigir dois dos principais problemas que são intrínsecos a própria aquisição, mas que causam efeitos indesejáveis nos dados, um deles é a variação da topografia que altera os tempos de trânsito da onda sísmica conforme a sua variação e também os efeitos da Zona de Baixa Velocidade (ZBV) que atenuam o sinal e atrasam o tempo de trânsito das ondas sísmicas. Esta camada pouco consolidada, causa uma forte atenuação na propagação das ondas sísmicas por ser um meio bastante dispersivo e heterogêneo, produzindo deslocamentos nos tempos de chegada das reflexões mais profundas, que podem deteriorar a qualidade das seções sísmicas, caso não sejam corrigidos, a ponto de comprometer um investimento feito, dificultando por consequência a interpretação dos resultados ou induzindo a interpretações errôneas (Gama et al, 2016). Para que fique claro e não haja confusão, vale ressaltar que a ZBV citada aqui não é a mesma da geologia que a nomeia como a zona próxima a base da litosfera indo até parte da astenosfera e com centenas de quilômetros, mas sim uma camada

com espessura que varia até centenas de metros com velocidade das ondas sísmicas variando de 200 a 1500 m/s e se tratando da parte superior da crosta terrestre, onde aqui será comumente abreviada como ZBV (Gama, 2016). Enquanto que as correções estáticas de campo são aplicadas ainda no pré-processamento e corrigem efeitos da variação da topografia, seus efeitos nos tempos de trânsito e também efeitos de intemperismo da ZBV, as correções estáticas residuais assim como o processo de análise de velocidade residual, é aplicada nas etapas de processamento avançado, leva em consideração a definição da consistência superficial que diz que uma mesma correção estática de tiro em uma determinada posição superficial, deve ser a mesma independentemente da posição dos vários receptores e igualmente a correção estática do receptor em uma dada posição deve ser a mesma para o sinal vindo de vários pontos de tiros. A Figura 2 mostra o que acontece caso as correções estáticas não sejam aplicadas e suas consequências no empilhamento. São denominados componentes de curto período quando os erros produzidos pelas heterogeneidades laterais da ZBV tem pequena extensão quando comparada à extensão do lançamento, esses erros causam dificuldades na determinação das velocidades de empilhamento e na qualidade das reflexões. Já as componentes de longo período, ou seja, aquelas que são produzidas heterogeneidades laterais maiores que o comprimento do lançamento, podem criar estruturas falsas ou mascarar estruturas verdadeiras visto que causam distorções na interpretação estrutural em subsuperfície conforme veremos adiante. Os métodos de determinação das correções estáticas devem, portanto, ser capazes de definir tanto as anomalias produzidas de curto período quanto as de longo período.

Portanto, as correções estáticas possuem dois componentes de acordo com seus objetivos básicos:

1. Correções estáticas de intemperismo ou de refração: Atua corrigindo os erros estáticos causados pelas variações da espessura da ZBV.

2. Correções estáticas de elevação: Corrige os erros estáticos provocados por mudanças nas elevações da superfície que contém as fontes e os receptores ao longo da linha sísmica, levando todo o dado para um datum de referência.

No processamento de dados sísmicos as correções estáticas são feitas em dois momentos como já foi citado:

1. Correções estáticas de campo: é a primeira aplicação feita nos dados de campo com a finalidade de simular o resultado obtido como se fonte e receptores estivessem em um mesmo datum incluindo os erros provocados pela variação da ZBV. Logo é composta tanto pelas correções de elevação quanto as de refração/intemperismo.

2. Correções estáticas residuais: etapa aplicada para corrigir os erros não resolvidos apenas com as correções estáticas de campo.

Correções Estáticas de Campo

A correção estática corresponde a um deslocamento vertical no tempo aplicado ao traço sísmico para eliminar os atrasos de tempo das reflexões provocados pela variação topográfica e da espessura da ZBV. O cálculo

desses tempos sempre é feito em relação a um nível chamado de datum e simulam o efeito do deslocamento da fonte e do receptor para este datum. E por isso a depender da escolha de posicionamento do nível de referência os tempos que representam as estáticas podem ser somados/adicionados ou subtraídos dos traços sísmicos. Adicionados quando o datum está acima da linha das fontes e dos receptores e subtraídos quando é escolhido abaixo da linha das fontes e dos receptores.

As correções estáticas são calculadas assumindo-se que a trajetória do raio refletido é vertical, diretamente abaixo de qualquer fonte ou receptor. O tempo de percurso do raio é então corrigido para o tempo levado para percorrer a distância vertical entre a elevação da fonte ou dos receptores e o datum final desejado.

Para exemplificar o cálculo da correção estática total (de campo) para um traço sísmico, considere a Figura 1. Para cada traço, haverá um deslocamento correspondente à posição da fonte T_f e outro correspondente à posição do receptor T_r , e a correção estática total a ser aplicada ao dado será dada por:

$$\Delta t = T_f + T_r \tag{1}$$

T_f corresponde a correção estática da fonte e T_r à correção estática do receptor. Considerando o modelo mostrado na Figura 1, estes componentes são dados por:

$$t_f = -\frac{E_{1f}}{V_1} - \frac{E_{2f}}{V_2}; \quad t_r = -\frac{E_{1r}}{V_1} - \frac{E_{2r}}{V_2} \tag{2}$$

onde,

- E_{1f} = distância entre a fonte e a base da ZBV;
- E_{1r} = espessura da ZBV, na posição do refrator;
- E_{2f} = distância vertical entre a base da ZBV e o datum, na posição da fonte;
- E_{2r} = distância vertical entre a base da ZBV e o datum, na posição do receptor;
- V_1 = velocidade da ZBV;
- V_2 = velocidade da subZBV.

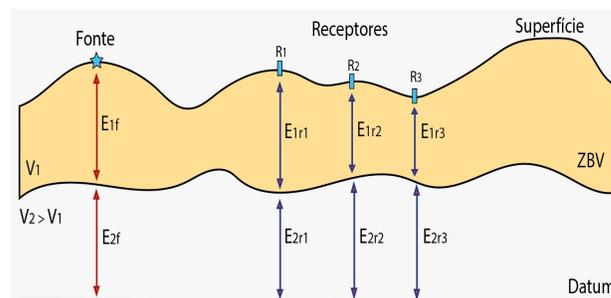


Figura 1: Exemplo de modelo para cálculo das correções estáticas. (Souza, 2016 - Modificado.)

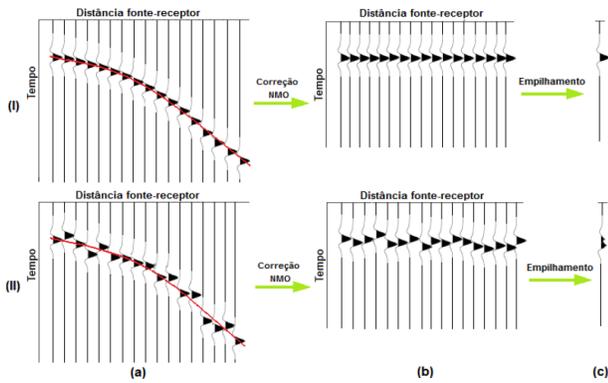


Figura 2: (I) Sem efeitos da ZBV e topografia e (II) com efeitos da ZBV e topografia. (a) Traços de uma família CMP; (b) corrigida pelo efeito da separação fonte-receptor (*Normal Moveout*=NMO) e (c) empilhamento para produzir o traço simulado de afastamento nulo. (Cunha, 2010 - Modificado.)

Correções Estáticas Residuais

Alguns erros estáticos não são totalmente corrigidos no processo de correções estáticas de campo e são claramente observados após a aplicação da correção de NMO (*Normal Moveout*), onde as reflexões não adquirem um perfeito alinhamento, Figura 2 b).

Softwares calculam as velocidades médias das primeiras quebras restritas ao refrator selecionado na picagem, que permitem ao usuário aplicar um deslocamento de tempo adequado, ou seja, remove o *delay* originado pela ZBV. A grande maioria dos algoritmos utilizados pelas companhias de processamento para o cálculo das estáticas residuais se baseia na consistência superficial aplicada aos erros estáticos que em conjunto com a grande redundância de dados adquiridos através da técnica CDP asseguram o sucesso destes processos. A finalidade básica da correção estática residual é o aumento da precisão das correções já executadas e a correção de pequenos efeitos produzidos por erros na aplicação da correção de NMO (Siston, 1988), obtendo assim portanto, um melhor alinhamento das reflexões em traços CMP. Embora existam bons programas para cálculo de correções estáticas residuais, os melhores resultados são obtidos quando as estáticas de campo são de alta precisão (Amorim e Santos, 2007).

Os valores dos tempos aplicados aos traços para a compensação das estáticas residuais são calculados a partir da resolução da equação:

$$T_{ijk} = S_i + R_j + C_k + M_{kh} X_{ij}^2 \quad (3)$$

onde, T_{ijk} = deslocamento total para um traço cuja fonte está na estação i , receptor na estação j , pertencente ao CDP k ;

- S_i = estática da fonte localizada na estação i ;
- R_j = estática do receptor localizado na estação j ;
- C_k = deslocamento arbitrário para o CDP k (componente estrutural);

- M_k = componente de NMO residual para o CDP k (velocidade da ZBV);
- X_{ij}^2 = distância entre a fonte em i e o receptor em j .

Metodologia

Dos métodos geofísicos utilizados pela indústria para a obtenção das correções estáticas, o mais preciso e viável economicamente é a definição da correção estática a partir das primeiras quebras dos sismogramas de reflexão, pois as primeiras quebras correspondem as ondas diretas e as refrações críticas. A eficácia dos métodos que utilizam esses dados de refração e reflexão para cálculo da estática depende da confiabilidade do método de *picking* (Yilmaz, 2001). Fundamentalmente, com o uso das primeiras quebras dos sismogramas de reflexão a quantidade de curvas de afastamento é muito grande, aumentando, portanto, a redundância de informações sobre a ZBV e esta redundância pode ser aproveitada por métodos de inversão por mínimos quadrados, por exemplo. Os modelos sintéticos foram criados no *software* ProMAX/SeisSpace da Landmark- Halliburton, utilizando o módulo *Finite Difference Modeling*. Foi gerado um sismograma sintético preliminar que serviu de entrada para criação do sismograma sintético final. Nesse sismograma sintético preliminar foi escolhida a opção da *wavelet* e definido parâmetros como *offset* mínimo e máximo, números de tiros e etc. Depois disso foi modelado um campo de velocidades com os horizontes, estruturas e velocidades das camadas a escolha e por último foi gerado o sismograma sintético final pelo método das diferenças finitas. Em outras palavras foi necessário gerar um sismograma preliminar qualquer com uma geometria já escolhida para a definição do campo de velocidades, já que a entrada para o mesmo são os números de CDPs, logo é preciso que a geometria já esteja definida para esta etapa.



Figura 3: Topografia/elevação da linha sísmica (em vermelho), *datum* flutuante (em azul) e *datum* final (em verde).

Foram criados 4 modelos, cada um com duas camadas e o embasamento, o modelo 1 tem topografia e base da ZBV planas, o modelo 2 tem topografia variando e base da ZBV plana, o modelo 3 é o inverso do modelo 2 e o modelo 4 é com ambos variando. Baseando em respostas sísmicas reais da Bacia do Recôncavo em que todos os modelos possuem velocidade constante na primeira camada ($V=800$ m/s), que é a resposta mais aproximada para a Bacia do Recôncavo e também no embasamento ($V=4500$ m/s), e um gradiente de velocidade na segunda camada com

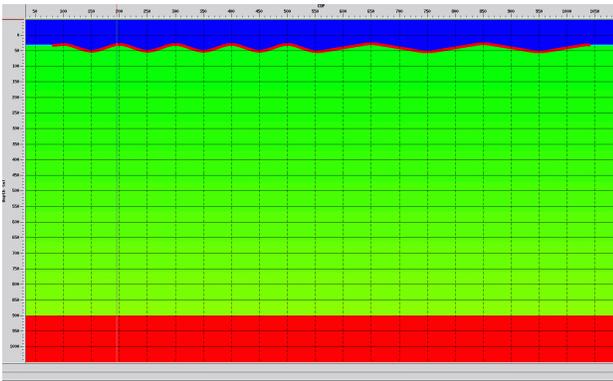


Figura 4: Exemplo de Campo de Velocidades (Modelo 3) com o horizonte da base da ZBV plotado no mesmo.

sensibilidade de 4 metros de profundidade do topo até a base do modelo. A topografia utilizada nos modelos 2 e 4 foi a topografia real também de uma linha sísmica da Bacia do Recôncavo, (Figura 3) e o gradiente de velocidades na segunda camada é também a aproximação da resposta da subZBV da Bacia do Recôncavo. Utilizando a seguinte equação para o gradiente de velocidade:

$$V = 2600 + 0,6 \cdot z \quad (4)$$

No qual, V = velocidade num ponto qualquer na interface e z = profundidade.

Para gerar este campo foi necessário criar os horizontes que definiram as interfaces entre as camadas. Foram criados então três horizontes para os quatro modelos. Um horizonte a 30 metros de profundidade e plano, um segundo horizonte variando sua profundidade de 30 a 50 metros de profundidade que depois foi suavizado, com um comprimento de onda, $\lambda = \alpha$ até a metade do horizonte e depois a um comprimento de onda, $\lambda = 2 \cdot \alpha$, no qual α é um certo número de CDPs e por último um terceiro horizonte para marcar a interface base da subZBV com o embasamento a uma profundidade de 900 metros, um exemplo de um campo de velocidades utilizado para o modelo 3 pode ser visto na Figura 4. Com relação ao processamento desses dados, foram feitas etapas como: a geometria, edição com *mutes* internos e externos para onda direta, efeitos de borda e para o próprio estiramento do traço, correção estática de campo e quando preciso residual, organização em CMP, correção de NMO, análise de velocidade e empilhamento. A modelagem feita utilizou os princípios das diferenças finitas e levou em consideração como modelo acústico de velocidade e não elástico, de maneira que efeitos indesejáveis como o cone de *ground roll* provocado pelos efeitos das ondas superficiais não foi gerado, como pode ser notado num sismograma de tiro qualquer, veja a Figura 10, nela podemos ver apenas a onda direta. Foi adotado o *datum* final como o nível do mar (0 m), que é geralmente o *datum* utilizado na indústria para dados sísmicos reais da Bacia do Recôncavo.

Aplicação e Resultados

Modelo 1

Quando a topografia do dado é plana e a base da ZBV também é plana a aplicação das correções estáticas

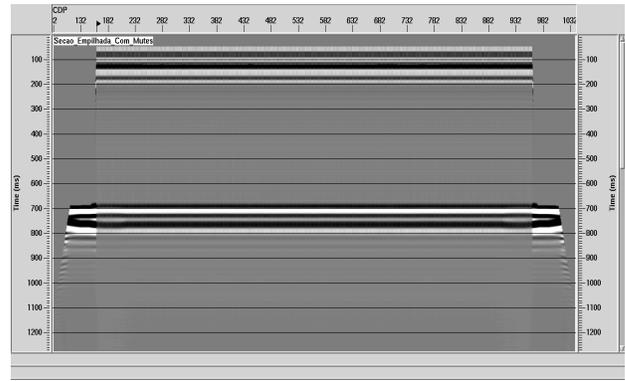


Figura 5: Seção empilhada do modelo 1.

obviamente não se faz necessária (veja a Figura 5), ou seja, de maneira geral, a ZBV pode até atenuar a energia da onda sísmica, mas se sua interface for plana nenhum refletor será prejudicado ou nenhum efeito indesejável será criado, em outras palavras, a presença da ZBV não é um fator que comprometa a qualidade da seção sísmica, mas sim a sua variação de espessura conforme veremos nos modelos a frente.

Modelo 2

Neste caso onde a topografia varia e a base da ZBV é plana foi necessário aplicar tanto a estática de elevação quanto a estática de refração, pois a estática de elevação somente, não apresentou bons resultados e após a aplicação da estática de refração com a de elevação já aplicada, as correções foram suficientemente eficientes. Isso pode ter sido ocasionado tanto pelo fato da modelagem finita utilizada no *software* não ser boa para usar as elevações do *header* ou ainda devido a espessura da ZBV que é grande em alguns pontos, de modo que os erros precisariam ser calculados tanto devido a elevação quanto da espessura da zona intemperizada. Nas Figuras 6 e 7, vemos a comparação da seção empilhada sem as correções estáticas de campo, e depois com a aplicação das mesmas, para o modelo 2. É facilmente verificável que o lado esquerdo da seção empilhada, onde apresentava mais erros estáticos, devido a neste ponto a variação topográfica ter o maior módulo e a espessura da ZBV também, ainda assim, as correções estáticas conseguiram melhorar a definição dos refletores que pode ser confirmado a partir da comparação entre as Figuras 6 e 7.

Modelo 3

O modelo 3 é com a topografia plana e base da ZBV variando com um horizonte de comprimento de onda, $\lambda = \alpha$ de mais ou menos 100 CDPs até a metade do campo e a outra metade com comprimento de onda de $\lambda = 2 \cdot \alpha$ com o dobro do anterior, ou seja, 200 CDPs. O resultado dos erros estáticos esperados aconteceram, de forma que onde a base da ZBV variava mais, ou seja, o lado esquerdo das seções, os erros estáticos eram maiores, e do lado direito menores, isto foi notado nos sismogramas de tiro também, até certo tiro os erros estáticos eram maiores, nos tiros mais centrais apresentavam erros menores na interface que separa os comprimentos de onda diferentes e depois de um certo tiro os erros eram menores ainda,

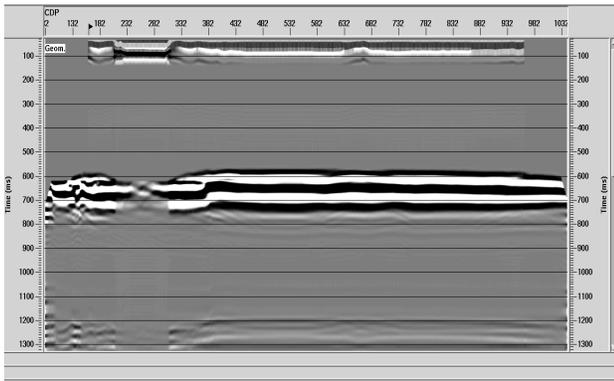


Figura 6: Seção empilhada do modelo 2 apenas com a geometria e sem aplicação da correção estática.

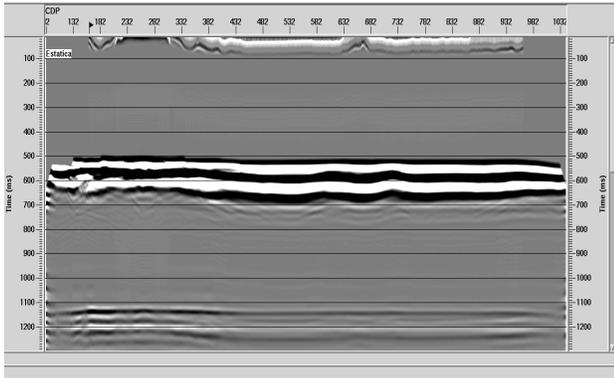


Figura 7: Seção empilhada do modelo 2 com a aplicação das correções estáticas de elevação e intemperismo.

tudo de acordo com o esperado. Podemos concluir então do modelo 3 que embora os erros estáticos aparentassem pequenos consideravelmente no domínio do tiro do lado do receptor com comprimento, $\lambda = 2^* \alpha$ em relação ao lado com comprimento de onda, $\lambda = \alpha$, na seção empilhada, ambos alteraram o segundo refletor de modo a criar falsos refletores que sequer existiam, o que mostra a excelência da correção estática para o processamento de dados sísmicos e por consequência para a interpretação, devido aos erros estáticos criarem refletores que sequer existiam comprometendo a qualidade da imagem sísmica. Nesse modelo só foi aplicada a correção estática de refração, já que a topografia é plana, veja as Figuras 8 e 9.

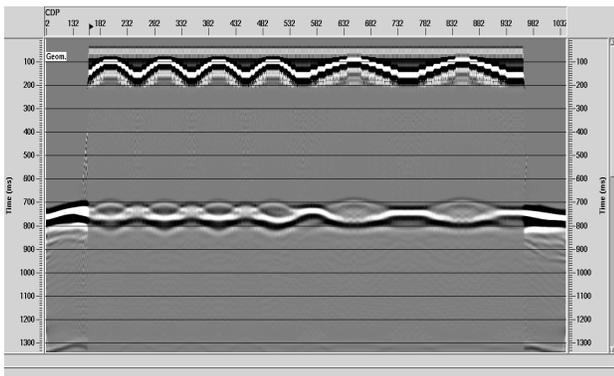


Figura 8: Seção empilhada do modelo 3 sem a aplicação da correção estática de intemperismo.

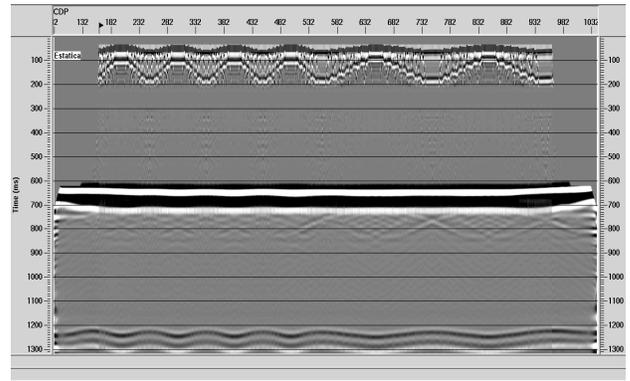


Figura 9: Seção empilhada do modelo 3 com a aplicação da correção estática de intemperismo.

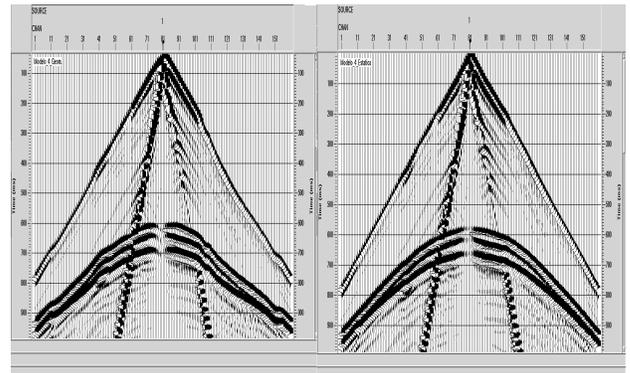


Figura 10: Sismograma de tiro do modelo 4 sem e com a aplicação das correções estáticas.

Modelo 4

O modelo 4 é ambos os casos variando, então, para esta etapa como alguns erros estáticos em certos pontos eram maiores do que nos casos anteriores, foi necessário a aplicação da estática residual. A Figura 11 apresenta o resultado da seção empilhada sem qualquer correção estática aplicada, podemos observar que as reflexões foram severamente prejudicadas. Na Figura 10 podemos ver os erros estáticos causados pela variação da topografia e da espessura da ZBV num sismograma de tiro qualquer, observe do lado esquerdo que tanto as reflexões quanto as primeiras quebras foram distorcidas e no lado direito a aplicação das correções estáticas de elevação e intemperismo melhoraram a consistência das reflexões e a linearização das primeiras quebras. Nas Figuras 11 e 12 podemos ver o resultado na seção empilhada sem e com a aplicação da correção estática de elevação e refração/intemperismo aplicadas ao dado. Com o objetivo de melhorar ainda mais a linearização do segundo refletor foi aplicada a estática residual, podemos observar que uma melhora foi obtida na seção empilhada, Figura 13, um resultado claro e perceptível conseguido pela correção estática residual que deve ser aplicada quando as correções de campo não são capazes de corrigir todos os erros estáticos.

Discussão e Conclusões

A modelagem feita não apresentou os erros estáticos esperados, visto que deveriam ser ligeiramente maiores do que foi demonstrado, isso talvez pelo módulo não

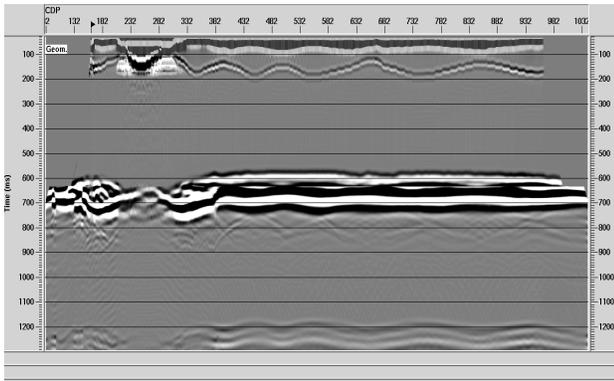


Figura 11: Seção empilhada do modelo 4 sem a aplicação da estática de campo.

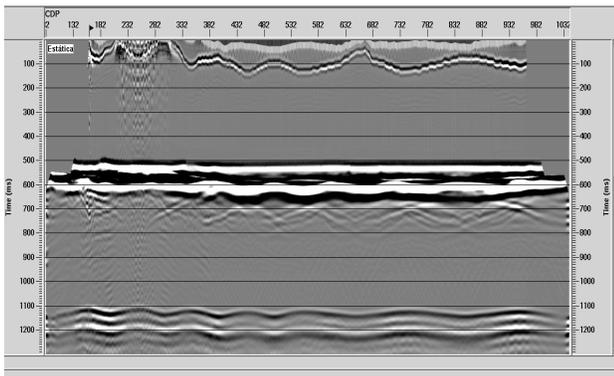


Figura 12: Seção empilhada do modelo 4 com a aplicação da estática de campo.

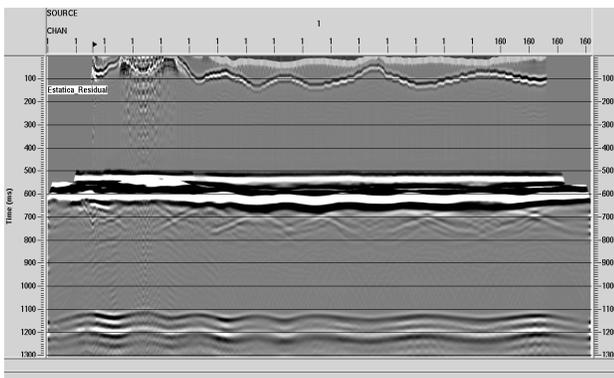


Figura 13: Seção empilhada do modelo 4 com a aplicação da estática de campo e residual.

trabalhar bem quando se usa as elevações do *header*, entretanto os erros apresentados foram suficientes para comprovar a eficácia e a importância das correções estáticas bem como alcançar o objetivo deste trabalho. A presença da ZBV, e pequenas variações de topografia especificamente não garantem que sempre a correção estática precisará ser usada, e sim apenas quando as variações da topografia são relativamente grandes e bruscas ao longo do levantamento sísmico e a espessura da ZBV varie também.

Como vimos ao longo deste trabalho a aplicação das correções estáticas é de suma importância para o

processamento sísmico de dados terrestres e algumas vezes a correção estática residual também, pois melhoram as definições dos refletores, assim como os posicionam mais corretamente, aprimorando muito a qualidade, coerência e confiabilidade da seção sísmica. Aumentam ainda a exposição de possíveis estruturas de prospectos e favorecem a interpretação sísmica ao apresentar seções mais realistas. Logo a não aplicação das correções estáticas em situações como a dos modelos 2, 3 e 4, que são as mais comuns de acontecer, põe em risco qualquer investimento feito, visto que a qualidade e a veracidade da imagem sísmica é severamente comprometida.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e PETROBRAS pelo apoio ao projeto INCT-GP/CNPq/MCTi. Também agradecemos à LANDMARK- HALLIBURTON pela licença cedida ao CPGG/UFBA do *software* SeisSpace/Promax além da estrutura física do CPGG(LAGEP-UFBA), utilizado para a realização deste trabalho. Clériston S. Gama agradece a bolsa de estudos concedida pelo INCT-GP.

Referências

AMORIM, W. N. DE E SANTOS, M. G., 2007. Correções Estáticas, PETROBRAS, publicação interna.

COX, M. J. G., 2001. Static Corrections for Seismic Reflection Surveys. Society of Exploration Geophysicists - SEG, Tulsa.

CUNHA, R.S., 2010. Cálculo Das Correções Estáticas - Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, Brasil.

GAMA, C. S.; SANTOS. M. G e PORSANI, M. J., 2016. Processamento Sísmico 2D : Linha 26-RL-1993 da Bacia do Recôncavo. Ouro Preto. VII Simpósio Brasileiro de Geofísica.

GAMA, C.S., 2016. Influência das Variações da Topografia e da Espessura da ZBV na Imagem Sísmica - Exemplos em Dados Sintéticos e Reais da Bacia do Recôncavo Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, Brasil.

MARSDEN, D., 2007. Static corrections a review. The Leading Edge, pp. 115-120.

SISTON, PAULO R. P. (1988) - Utilização de auto-imagens complexas na determinação de correções estáticas residuais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.

SOUZA, W. E. 2016, Determinação Automática das Primeiras Quebras e Aplicações na Correção Estática e Processamento Sísmico da Bacia do Parnaíba. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.

YILMAZ, O., 2001. Seismic Data Analysis: processing, inversion and interpretation of seismic data, Society of Exploration Geophysicists - SEG, Tulsa.