



Processamento sísmico de reflexão rasa em rochas fraturadas do Grupo Itararé

Brunetta, R.*¹, Bartoszeck, M. K.¹, Lonardelli, J. N.³, Rigoti, A.², Rostirolla, S. P.², Appi, C. J.³ ¹Bolsista CAPES – Pós-Graduação em Geologia/UFPR; ²Lab. De Análise de Bacias e Petrofísica-Degeol/UFPR; ³PETROBRAS/CENPES/PROFEX

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

High resolution seismic was used to study rocks of the Itararé Group for fracturing reservoir characterization. The area of the studies is next to Ponta Grossa city (PR), where are exposed rocks like sandstones, basal shales, diamictic and conglomerates. The seismic processing has become a great challenge because there is no good evident reflector in shot window. In the attempt of identifying these reflectors, traditional techniques of seismic processing, like Predictive Deconvolution that comes to be used with relative success at the area in studies, even not be usually applied in shallow seismic.

Introdução

O propósito principal da aplicação da sísmica de reflexão de alta resolução é detectar com precisão feições geológicas pequenas, de pouca profundidade e em áreas onde a sísmica convencional não pode ser aplicada ou não obtém bons resultados. Com isso, áreas como engenharia se beneficiam com este método, que vem crescendo a cada dia. Para a prospecção de petróleo, os métodos convencionais da sísmica de reflexão são consagrados, porém tais métodos não conseguem resolver problemas quando se trata de reservatórios fraturados pouco conhecidos. Este é um desafio que o projeto Modelagem de Potenciais Reservatórios Fraturados em Superfície para Auxílio Exploratório em Subsuperfície (MODRES) decidiu enfrentar. A aplicação da sísmica de reflexão para investigação rasa só é possível atualmente porque o custo da instrumentação e software necessários caiu para patamares mais aceitáveis.

Dentro do contexto do projeto (MODRES), o método sísmico foi utilizado para auxiliar o mapeamento geológico-estrutural na determinação da geometria da situação análoga, para fornecer subsídios à exploração de alvos profundos. Os dados obtidos são integrados ao conjunto de dados que envolvem outros dados geofísicos, geológicos, estruturais e petrofísicos para a modelagem do reservatório.

A área estudada é composta por arenitos e conglomerados basais, sobrepostos discordantemente a folhelhos, ritmitos e diamectitos. Há um controle estrutural formado por um sistema de fraturas

conjugadas, dispostas preferencialmente segundo as direções N10-20E e N60-80W.

A instrumentação utilizada na aquisição dos dados consistiu de sismógrafos modulares com conversor A/D de 24 bits. Como fontes sísmicas, o projeto utilizou o rifle sísmico calibre 12 e a queda de peso acelerada. A técnica de levantamento foi a CMP, com arranjo tipo *push end-on roll along*, com até 96 canais ativos espaçados entre si de 2 metros e tiros a cada 4 metros. Para processamento sísmico o projeto dispõe de softwares considerados "leves".

Processamento de dados sísmicos

As linhas sísmicas foram planejadas de acordo com as estruturas geológicas mapeadas. A Figura 1 mostra a disposição destas linhas. Antes de se efetuar o levantamento sísmico de reflexão, alguns testes foram realizados; entre eles o método de refração, análise de ruído e sismograma sintético.

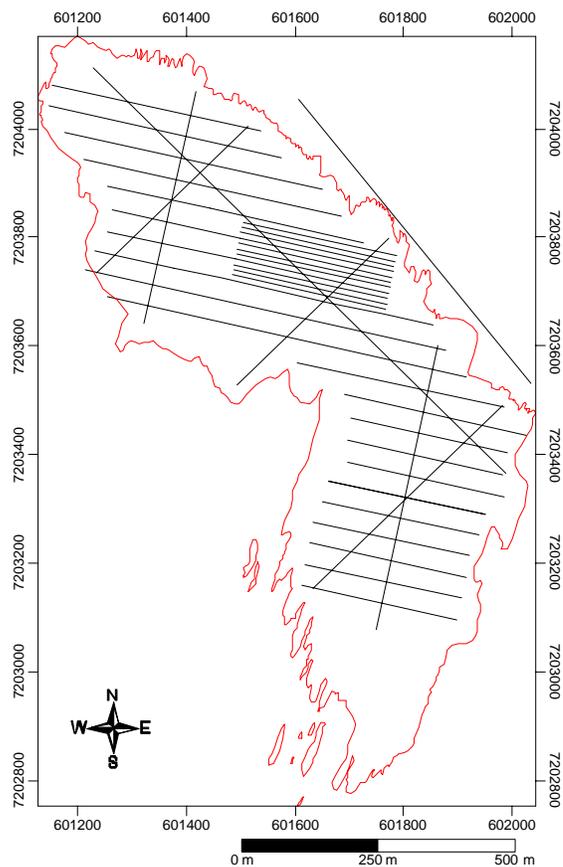


Figura 1 – Planejamento das linhas sísmicas na área de estudo.

Os levantamentos foram divididos em etapas, sendo que a primeira delas envolveu um pequeno conjunto de linhas para se testar os parâmetros de aquisição e desenvolver as técnicas de levantamento. O processamento destas linhas permitiu avaliar a qualidade dos dados e a adequação dos parâmetros de aquisição. Não foram evidenciados bons refletores até a profundidade de interesse (~100 metros). Sendo assim, o processamento sísmico passou por exaustivos testes. O resultado disso foi um bom aprendizado nas técnicas de processamento atualmente utilizadas. Segundo Baker (1999), o processamento sísmico de alta resolução deve ser simples e os refletores devem ser identificados no dado bruto. A experiência no presente estudo revela que, após o processamento, é possível observar nos sismogramas feições que sugerem refletores, mesmo que não haja indícios deles no domínio do tiro.

Resultados

Foram adquiridos aproximadamente 15000 metros de linhas sísmicas, totalizando mais de 4000 tiros. Todo o trabalho de campo levou cerca de cinco meses para ser realizado.

O processamento foi desenvolvido ao longo de toda a campanha sísmica, sendo realizadas diversas tentativas para aumentar a razão sinal/ruído. Os dados passaram por uma série de reprocessamentos até chegar ao estágio atual.

Uma análise preliminar dos dados brutos mostra que há muita reverberação de refração e onda direta, que dificultam a visualização de possíveis refletores, conforme ilustrado na Figura 2.

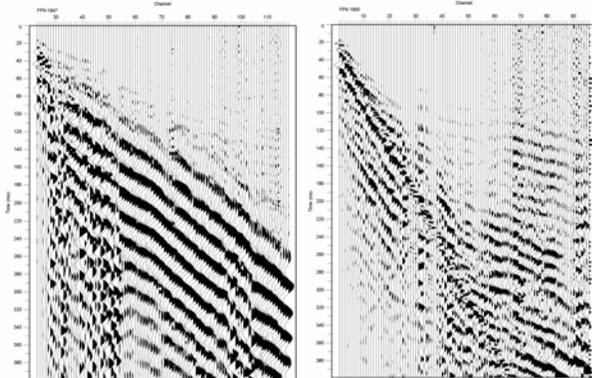


Figura 2: exemplos de dados brutos mostrando intensa reverberação da onda direta e refração.

Foi aplicada a correção estática por elevação, apesar de a topografia apresentar pequenas variações. Os pequenos ajustes feitos foram o suficiente para corrigir pequenas distorções dos tempos de chegada. Além disso, a correção estática por elevação atribui um datum às linhas, o que facilita durante o processo de carregamento em programas de interpretação. Mesmo assim, esta correção não afeta a refração, que muitas vezes apresenta um aspecto ondulado, ao invés de linear. Isto é causado principalmente pela variação de espessura de solo, sendo que muitas vezes ocorreram porções aflorantes de rocha ao longo das linhas sísmicas. Para isso, foi aplicada a correção estática por

refração, que exigiu um grande trabalho, pois ela é feita traço a traço pra todos os tiros efetuados. Um exemplo de correção estática pela refração é ilustrado na Figura 3.

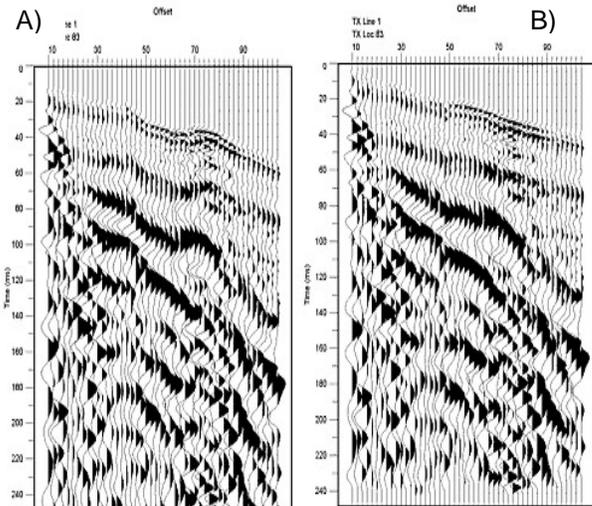


Figura 3: aplicação de correção estática pela refração. A) dado não corrigido; B) dado corrigido.

Uma análise do espectro de frequências mostra baixas amplitudes para frequências acima de 200Hz, e que grande parte do sinal encontra-se agrupado em uma pequena faixa de frequências, conforme exibido na Figura 4. Aplicando-se um filtro passa-banda com frequências de corte de 40Hz e 350Hz, o dado bruto não apresenta nenhuma evidência de refletores.

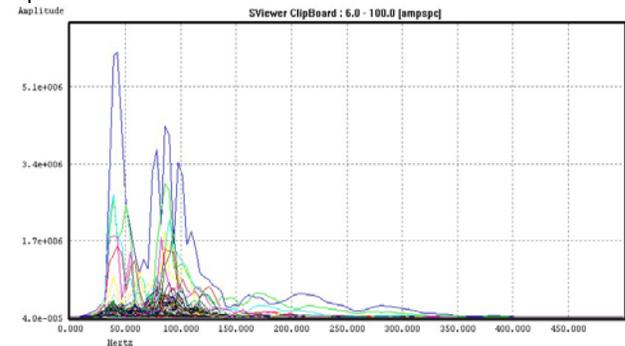


Figura 4: espectro de frequências comumente observado em grande parte dos registros sísmicos.

Para tentar evidenciar algum refletor, inicialmente tentou-se utilizar o filtro FK, mas sem resultados satisfatórios. A única solução possível seria aplicar um filtro capaz de remover esta reverberação. Verificou-se que a deconvolução preditiva, ou filtro Wiener-Levinson, apresenta boa performance para esta tarefa. A Figura 5 mostra o resultado da aplicação da deconvolução com sucesso. Mesmo com a aplicação deste filtro, não é possível observar nenhum refletor marcante.

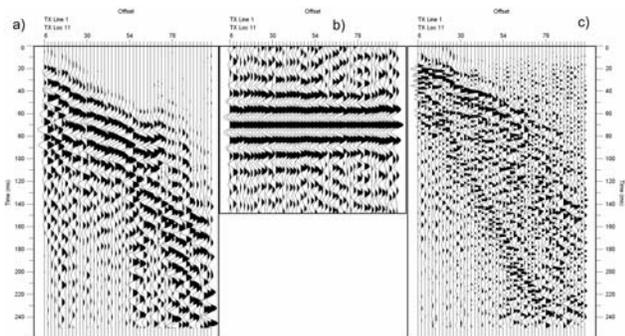


Figura 5: aplicação da deconvolução. a) dado bruto; b) Autocorrelação; c) dado deconvolvido.

A deconvolução, tanto a preditiva quanto a de *spiking*, é uma ferramenta muito utilizada nos processamentos sísmicos da indústria do petróleo, porém a sua utilização na sísmica de reflexão rasa sempre foi muito questionada. Entretanto, Young (2004) demonstra com sucesso a aplicação da deconvolução preditiva para remover o excesso de reverberação de onda direta e refração.

Em sísmica rasa terrestre é muito comum observar a onda aérea nos registros sísmicos. Durante os levantamentos, isso foi uma constante. Os primeiros processamentos tentavam eliminar este ruído através de filtros, mas nunca foi possível remover completamente, comprometendo a qualidade final das seções sísmicas. Dessa maneira, apenas com o “silenciamento” da onda aérea é que foi possível eliminá-la completamente.

Devido à falta de um bom refletor, a análise de velocidade tornou-se uma tarefa muito difícil de se realizar. A técnica utilizada é a geração do painel CVS, uma vez que a análise por *Semblance* foi praticamente inviável. A Figura 6 mostra o procedimento para a determinação da curva de velocidade.

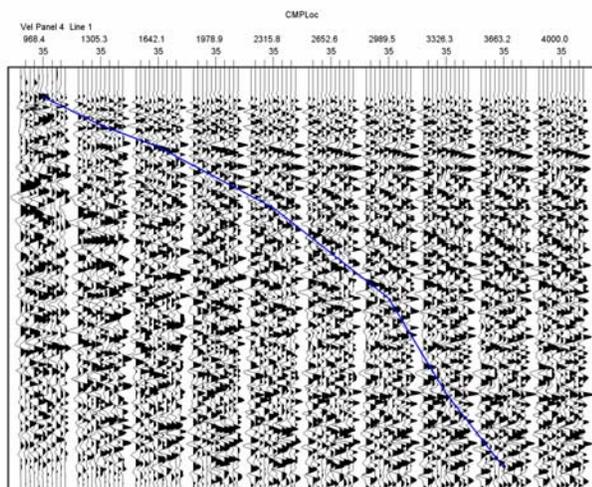


Figura 6: utilização do painel CVS para a determinação da curva de velocidade.

Mesmo não encontrando refletores evidentes, é possível observar padrões de reflexões que coincidem com a geologia da área. Devido à grande intensidade de fraturas no local, houve muita difração da energia sísmica. Nas seções empilhadas, este fenômeno ocorre

em áreas onde há perda de sinal. Por este motivo, tentativas de migrar as seções foram descartadas, uma vez que esta técnica mascara as difrações causadas pelo fraturamento.

Discussão e Conclusões

Apesar da ausência de um bom refletor, as seções finais mostram algumas estruturas coerentes entre si, visíveis em modelos tridimensionais. Se comparada aos modelos geológicos da área, é possível observar feições lenticulares nas seções sísmicas até aproximadamente 100ms ou 100 metros. Abaixo deste tempo as camadas se tornam mais horizontais, corroborando com os perfis geológicos da área. Alguns poços perfilados mostram uma variação faciológica, porém o perfil sônico não evidencia grandes contrastes de impedância entre essas variações. Segundo estes dados, as velocidades das camadas variam em média entre 2700 m/s a 3300 m/s. Este foi um dos motivos que levaram um refinamento cada vez maior no processamento, apesar da sugestão de Baker (1999) para que se utilize o processamento mais simples possível na sísmica rasa.

Além do padrão de reflexão, as seções finais apresentam zonas onde há atenuação de sinal, que foi atribuído a fraturas. Ao identificar estas zonas em todas as seções e correlacioná-las entre si, foi possível traçar longos alinhamentos que corroboram com os que foram mapeados em campo, conforme ilustra a Figura 7.

O fluxograma até então empregado tem muitas semelhanças com um fluxograma empregado tradicionalmente na indústria do petróleo, o que nos leva a crer que as técnicas são perfeitamente aplicáveis à sísmica de reflexão rasa de alta resolução.

Uma lição importante que se diga dos problemas e dificuldades que ocorreram durante o projeto é que, antes de se planejar uma campanha de sísmica de reflexão, sejam realizados testes para assegurar que a área tenha uma boa resposta sísmica que mereça o levantamento.

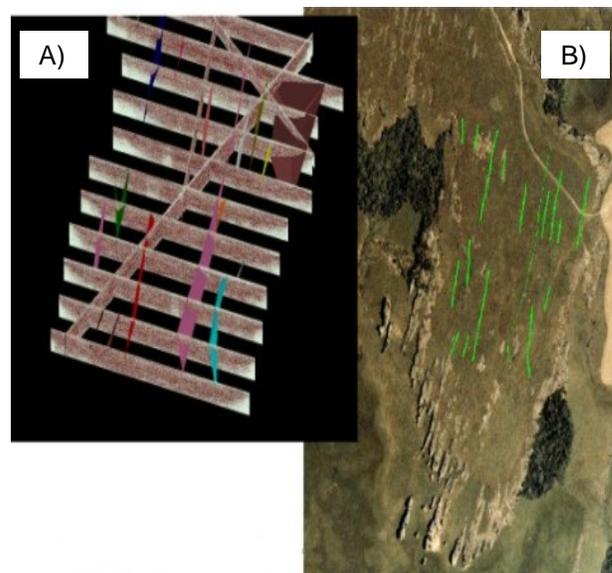


Figura 7: projeção de diversas falhas interpretadas A) nas seções sísmicas B) na superfície.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CTPETRO/FINEP/PETROBRAS pelo financiamento, a UFPR pelo apoio institucional, ao CNPq pelas bolsas de pesquisa.

Referências

Baker, G S. Processing near-surface seismic-reflection data: a primer. 1999. Course Notes nº9. Tulsa: Society of Exploration Geophysics. 75p.

Bartoszeck, M. K.; Kraft, R. P.; Rostirolla, S. P.; Campos, A. F.; Appi, C. J. 2003. Integração de dados geofísicos e geológicos como ferramenta auxiliar na modelagem de reservatórios em superfície. 8º Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, Rio de Janeiro.

Brunetta, R., Lonardelli, J. N., Rigoti, A., Rostirolla, S. P., Appi, C. J. 2004. Resultados preliminares do processamento de dados de sísmica rasa em rochas fraturadas do Grupo Itararé. 1º Simpósio de Geofísica da Sociedade Brasileira de Geofísica, São Paulo.

Hunter, J. A.; Pullan, S. E.; Burns, R. A.; Gagne, R. M.; Good, R. S. 1984. Shallow seismic reflection mapping of the overburden-bedrock interface with the engineering seismograph – some techniques. *Geophysics*, 49: 1381-1385.

Lonardelli, J. N. do; Rigoti, A.; Rostirolla, S. P.; Appi, C. J.; Brunetta, R. 2003. Ensaio sísmico de reflexão rasa em rochas fraturadas do Grupo Itararé. 8º Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, Rio de Janeiro.

Mayne, W. H. 1962. Common reflection point horizontal data stacking techniques. *Geophysics*, 27, 6: 927-938.

Yilmaz, O. 2000. *Seismic Data Processing – Vol1*. Tulsa: Editor Stephen M. Doherty. 1000p.

Young, R. A. 2004. *A lab manual of seismic reflection processing*. University of Oklahoma, Eage Publications. 126p.