



# Comparação entre diferentes técnicas de reflexão sísmica rasa para mapeamento do topo rochoso

Franck M. M. Le Diagon e Liliana A. Diogo

Instituto Astronômico e Geofísico - USP

## Abstract

**Shallow seismic reflection techniques were used to image the bedrock surface. A comparison between three different techniques: CMP, optimum window and optimum offset were performed. The bedrock reflection was identified analysing a walkaway noise field test and the shallow seismic reflection survey were planed in order to acquire simultaneously the seismic data related to the three techniques.**

## INTRODUÇÃO

Somente a partir da década de 80, graças ao progresso dos recursos computacionais e do desenvolvimento dos sismógrafos digitais, que o método sísmico denominado reflexão de alta resolução vem ganhando seu merecido espaço dentro das aplicações ambientais e geotécnicas visando a objetivos rasos de profundidades inferiores a 100m. Embora os princípios do método de reflexão sísmica sejam os mesmos tanto para profundidades elevadas como rasas, na prática, a determinação dos parâmetros de aquisição e o processamento dos dados sísmicos são diferentes (Steeple et al., 1997). A técnica convencional de *common midpoint* (CMP), empregada com sucesso para investigações profundas, vem sendo adaptada e aplicada ao tratamento dos dados de reflexões rasas (Knapp and Steeples, 1986). O inconveniente da utilização da técnica CMP para investigações rasas é o elevado custo do método, devido ao tempo empregado na aquisição e processamento dos dados. Além da necessidade de obter-se resultados em um curto intervalo de tempo, o retorno financeiro da exploração de água subterrânea e das aplicações geotécnicas, obviamente, é bem menor que o obtido com a exploração de petróleo. Portanto, é necessário investigar outras técnicas que apresentem um custo menor e resolução adequada. Nesse sentido, alguns profissionais vem utilizando as metodologias denominadas "*optimum window reflection method*" (janela ótima) e "*optimum offset reflection method*" (afastamento ótimo) (Hunter et al., 1984).

Neste trabalho, efetuou-se um estudo comparativo do custo benefício entre as três técnicas citadas acima para uma área específica, situada no campus da Universidade de São Paulo, com o objetivo de mapear o topo rochoso. Tal comparação possui um caráter qualitativo, sendo o custo representado pelo número de pontos de tiro necessários e os benefícios pela qualidade da imagem obtida.

## TÉCNICAS PARA REFLEXÃO SÍSMICA RASA

A principal diferença entre as técnicas de reflexão sísmica rasa reside na geometria de aquisição e no número de amostragem de cada ponto em subsuperfície, conseqüentemente, são requeridas diferentes etapas para o processamento dos dados. O planejamento da aquisição dos dados deve ser elaborado em função da escolha criteriosa do intervalo de afastamentos fonte-receptor no qual o sinal refletido esteja livre de interferências de ruídos coerentes. Essa janela de afastamentos, comum às técnicas de reflexão sísmica rasa, é definida através da execução de testes de campo do tipo *walkaway noise test*.

A técnica CMP consiste em amostrar cada ponto em subsuperfície várias vezes com o intuito de aumentar a razão sinal/ruído e realçar o sinal refletido. No levantamento CMP convencional, deslocam-se os receptores e o ponto de tiro da mesma distância; deste modo, os conjuntos de traços CMP correspondem à mesma janela de afastamentos fonte-receptor. Para reduzir o tempo de aquisição dos dados, pode-se planejar a aquisição de modo que os geofones permaneçam fixos e o ponto de tiro seja deslocado a intervalos iguais ao espaçamento entre os geofones. Desta forma, o conjunto de traços de cada sismograma CMP corresponderá a um grupo de afastamentos fonte-receptor distintos. Após executado um número de pontos de tiro igual ao grau de cobertura desejado, move-se o mesmo número de geofones do início do arranjo para o final desse. O processamento dos dados CMP envolve várias etapas antes de se obter a seção sísmica. O primeiro passo constitui em reagrupar os dados de campo em famílias de ponto médio comum (CMP). A seguir efetuam-se procedimentos de análise de velocidades em cima de algumas coleções de traços CMP com o objetivo de se determinar a velocidade de empilhamento utilizada para a correção de NMO (*normal move out*). Os traços pertencentes à mesma coleção CMP são então somados para constituírem um traço da seção sísmica empilhada.

A técnica da janela ótima consiste em efetuar a aquisição dos dados sísmicos na janela de afastamentos fonte-receptor criteriosamente escolhida após a análise de ruído. O levantamento dos dados consiste em registrar sucessivos sismogramas, avançando a primeira metade do conjunto de geofones para o final da linha e a fonte de uma distância correspondente ao número de geofones deslocados, de modo a manter o afastamento mínimo fonte-receptor constante. Os sismogramas obtidos (famílias de ponto de tiro comum) são corrigidos de NMO e concatenados, gerando uma seção sísmica cujo grau de cobertura é de apenas 100%.

Na técnica denominada afastamento ótimo, identifica-se dentro da janela de afastamentos ótimos, o afastamento fonte-receptor para o qual o sinal referente à reflexão de interesse aparece mais isolado, em tempo, dos demais eventos. A seguir, o levantamento sísmico é executado caminhando-se com a fonte e mantendo-se um receptor com afastamento da fonte igual ao considerado ótimo. O registro dos demais canais é aconselhado para um controle dos eventos refletidos e para posterior determinação das velocidades intervalares. Agrupando-se todos os traços com o mesmo afastamento fonte-receptor, obtém-se uma seção sísmica de afastamento constante com grau de cobertura igual a 100% e um intervalo entre traços igual ao espaçamento entre os pontos de tiro.

## AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

O levantamento foi planejado de forma a executar a aquisição simultânea das técnicas CMP com grau de cobertura de 1200%, janela ótima e afastamento ótimo, impondo-se um espaçamento entre geofones e intervalo entre os pontos de tiro de 1m. Para a aquisição dos dados utilizou-se o sismógrafo digital da OYO com 24 canais, geofones com frequência natural de 100Hz e como fonte sísmica, um martelo sobre uma placa de metal. O intervalo de amostragem foi de 0,125ms e o tempo máximo de registro de 250ms.

No sismograma teste (Figura 1), identificou-se o alinhamento hiperbólico ao longo dos traços cujos sinais corresponderiam à reflexão sobre o topo rochoso e escolheu-se a janela ótima entre os afastamentos mínimo de 50m e máximo de 84m, sendo que o afastamento ótimo foi fixado a 61m em função do planejamento CMP não convencional. Verificou-se que tais distâncias correspondem a reflexões acima do ângulo crítico de incidência, o que resulta uma mudança de fase no sinal para os afastamentos fonte-receptor considerados. Note-se que a reflexão na primeira interface (solo-sedimento) não foi nitidamente observada. Através da análise das primeiras quebras pode-se obter uma estimativa do modelo local em subsuperfície, cuja modelagem das reflexões confirmou o evento identificado como sendo a reflexão no topo rochoso.

As Figuras 2, 3 e 4 apresentam as seções sísmicas resultantes das três técnicas, afastamento ótimo, CMP e janela ótima, respectivamente. Para o processamento dos dados utilizou-se o pacote computacional Seismic Unix (Cohen, 1998), os parâmetros de ganho e filtragens são mencionados na legenda das Figuras. O silenciamento das primeiras quebras não foi efetuado em nenhuma das seções apresentadas.

## CONCLUSÕES

O esforço na aquisição dos dados empreendido nas técnicas CMP e de afastamento ótimo são similares; neste trabalho, o número de pontos de tiro foi o mesmo para ambas (120). Apesar da seção empilhada apresentar uma melhor razão sinal/ruído e uma amostragem mais densa (o intervalo entre traços é metade do intervalo da seção de afastamento constante), as imagens da interface obtidas com as duas técnicas são semelhantes (Figuras 2 e 3). Com a técnica da janela ótima, foi necessária a aquisição de apenas 10 pontos de tiro, mas em compensação, verifica-se (Figuras 2 a 4) que a seção resultante é a de pior qualidade. Recomenda-se, assim, a utilização da técnica da janela ótima apenas quando não forem necessárias informações detalhadas sobre os alvos em subsuperfície.

Através de estudos com dados sintéticos verificou-se que a mudança de fase devido às reflexões acima do ângulo crítico interferem no processo de análise de velocidades implicando a determinação de velocidades de empilhamento maior do que seriam na realidade. No entanto, o tempo duplo de reflexão para o afastamento nulo não é afetado, permitindo assim, a utilização das velocidades aparentes de empilhamento para a correção de NMO. Contudo, as mesmas velocidades não devem ser empregadas para obter-se as velocidades intervalares a serem utilizadas na conversão tempo-profundidade. Sugere-se integrar dados de refração sísmica rasa com os de reflexão com dois objetivos: determinar as velocidades intervalares necessárias para a conversão tempo-profundidade e mapear a base do solo em vista da posterior realização de correção estática.

## REFERÊNCIAS

- Hunter, J. A., Pullan, S. E., Burn, R. A., Cagné, R. A., and Good, R. L., 1984, *Shallow seismic reflection mapping of the overburden-bedrock interface with the engineering seismograph, some simple techniques: Geophysics*, **59**, 402-410.
- Knapp, R. W. and Steeples, D. W., 1986, *High-resolution common depth point seismic reflection profiling, field acquisition parameter design: Geophysics*, **51**, 283-294.
- Steeples, D. W., Grenn, A. G., McEvilly, T. V., Miller, R. D., R. D., Doll, W. E. and Rector, J. W., 1997, *A workshop examination of shallow seismic reflection surveying: The Leading Edge*, 1641-1647.
- Cohen, J. K. and Stockwell, Jr. J. W., 1998, *CWP/SU: Seismic Unix Release 32: a free package for seismic research and processing, center of Wave Phenomena, Colorado School of Mines*.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

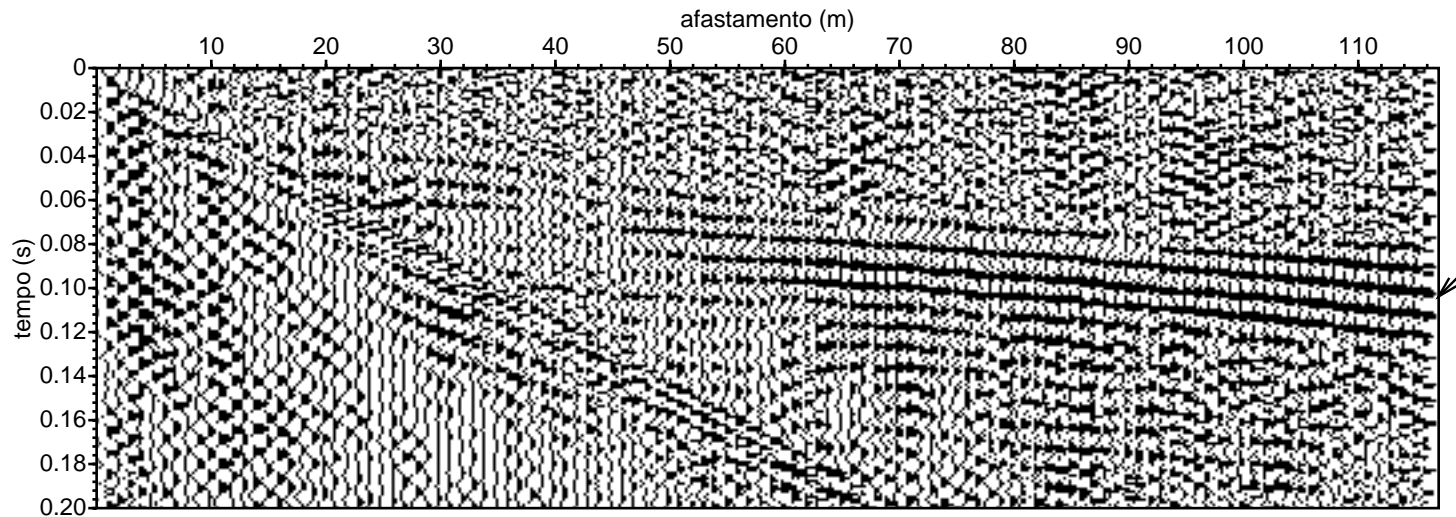


Figura 1: Sismograma para análise de ruído (walkaway noise test). Registros processados com ganho AGC (janela em tempo de 0,04s) e filtro de frequência passa-banda (sufilter  $f=75,85,300,400$  Hz). A seta indica o evento interpretado como sendo a reflexão no topo rochoso.

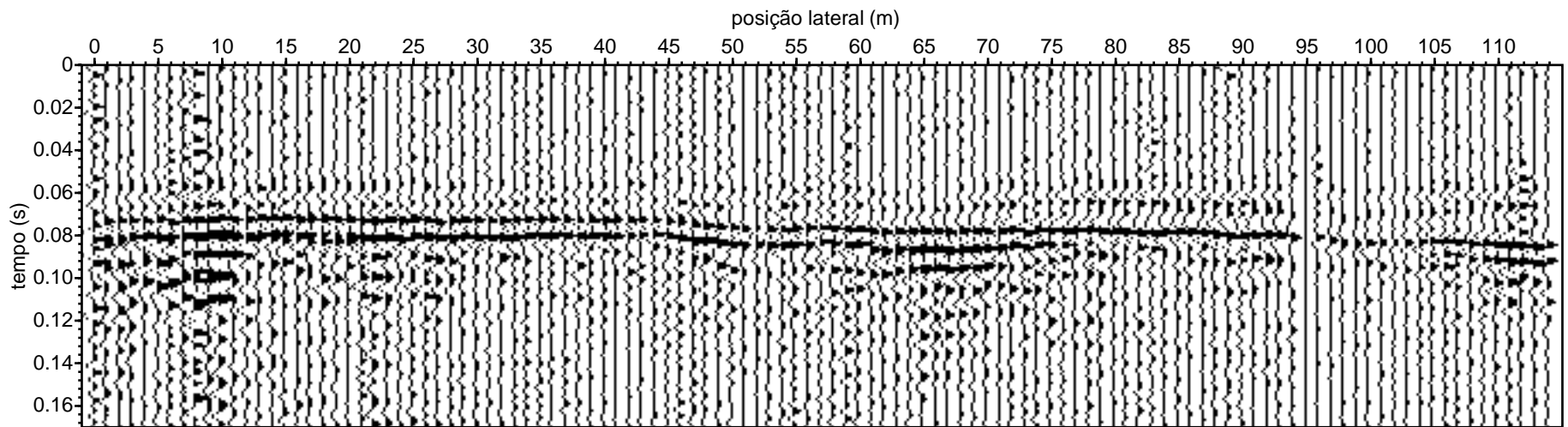


Figura 2: Seção de afastamento constante (61m) processada com filtro de frequência passa-banda (sufilter  $f=60,70,180,250$  Hz).

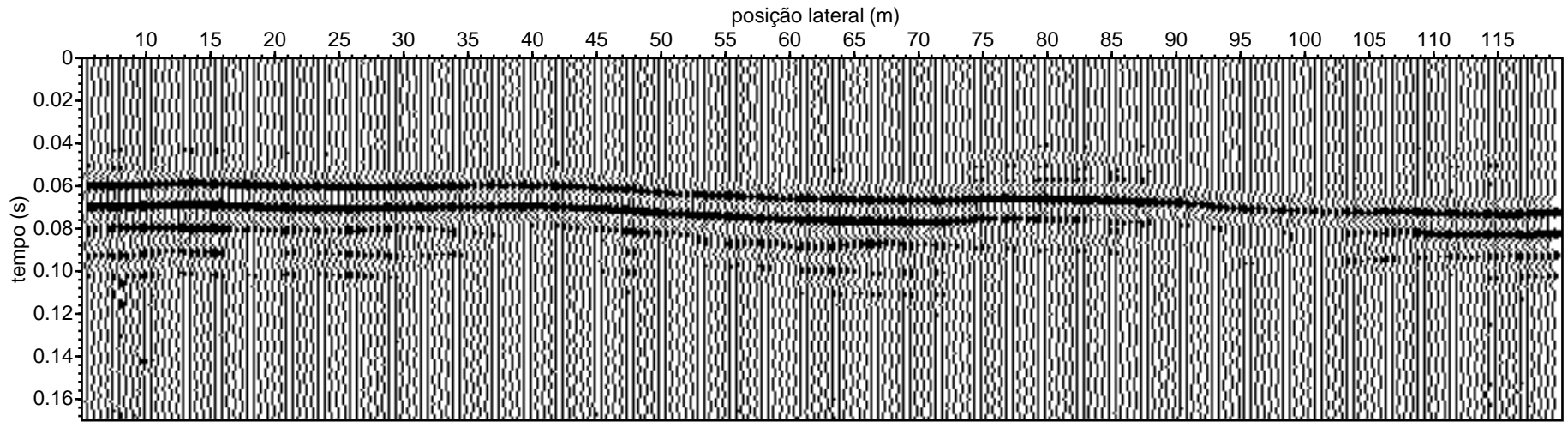


Figura 3: Seção CMP processada filtro de frequência passa-banda (sufilter  $f=60,70,130,150$  Hz). Velocidade de empilhamento igual a 1500m/s.

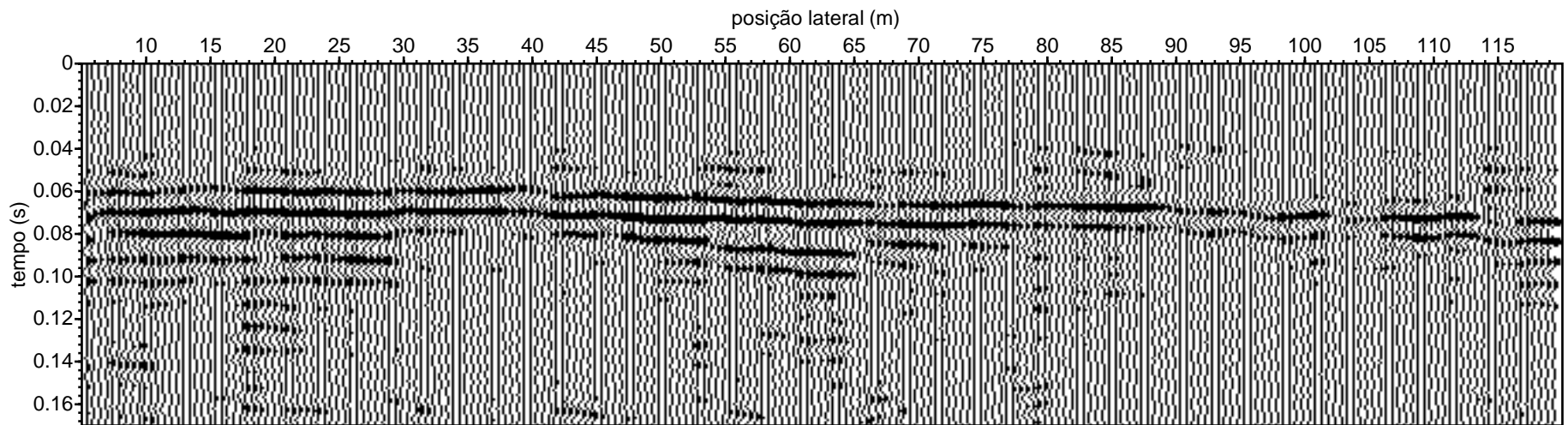


Figura 4: Seção da janela ótima processada com filtro de frequência passa-banda (sufilter  $f=60,70,130,150$  Hz) e filtro  $f_k$  para eliminar os ruídos de velocidade abaixo de 500 m/s. Velocidade para correção de NMO igual a 1500m/s.