

Exemplo de modelagem sísmica dos modos PP e PS a partir de dados de poço e perfil litológico

R. Leiderman¹, F. A. V. Artola¹, M. B. C. Silva¹, S. A. B. da Fontoura¹

¹ LCG-GTEP/Puc-Rio-Grupo de Tecnologia e Engenharia de Petróleo/Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rua Marquês de São Vicente 225 – Gávea ,
artola@civ.puc-rio.br

Resumo – Com o propósito de estudar as possibilidades de imageamento utilizando-se a onda convertida PS e no intuito de ajudar na compreensão dos resultados do processamento de dados sísmicos 2D/4C experimental, especialmente dos dados registrados por geofone radial, foi realizado um trabalho de modelagem sísmica a partir de dados de um poço localizado relativamente próximo da região na qual foi realizada a aquisição. A partir das funções de velocidade P e S, assim como de informações de densidade e, com o auxílio do perfil litológico da região, foi criado um modelo do subsolo composto por dez camadas isotrópicas. A partir do modelo foi realizado um estudo do comportamento dos coeficientes de reflexão dos modos PP e PS nas interfaces previamente definidas. Sísmogramas sintéticos foram gerados com o auxílio do programa NORSAR^C, que utiliza módulos computacionais baseados no método do raio. Os sismogramas gerados permitem visualizar os refletores potencialmente imageáveis assim como identificar, no domínio temporal, os principais eventos sísmicos correlacionáveis com unidades geológicas da região.

Palavras-Chave: modelagem, onda convertida; sismograma sintético;

Abstract –In order to evaluate the possibility of the using of the PS converted mode for subsoil imaging, and to help to interpret the seismic section generated by the signal processing of the data obtained during a 2D/4C seismic acquisition, a seismic modeling study of the region in which the acquisition took place was realized. A 10 isotropic layers model was built based on well data and on the lithologic profile of the region. The reflectivity of the PP and P-SV modes of each interface of the model was determined. Synthetic seismograms were generated with the aid of the ray-tracing package NORSAR^C. The synthetic seismograms generated show the potentiality of the converted mode to imaging the reflectors as well as allow the identification, in the temporal domain, of the main seismic horizons of the region and correlate them to geologic structures.

Keywords: modeling, converted wave, synthetic seismogram

1. Introdução

Um dos principais alvos de todo levantamento sísmico é o imageamento de refletos no subsolo. Tradicionalmente, isto tem sido realizado registrando-se a reflexão do modo PP, informação que é registrada utilizando-se sensores de movimento vertical. Com o advento da tecnologia *Ocean-Bottom Surveys* (OBS), abriu-se a possibilidade de registrar-se também componentes de movimento com polarizações radial e transversal, oriundas de ondas de cisalhamento, permitindo assim o registro de informações diferentes e/ou complementares.

De modo a avaliar as possibilidades e adequação de imageamento do subsolo utilizando-se a onda convertida, estudos de modelagem sísmica devem, cada vez mais freqüentemente, ser realizados, pois, como citado em Garotta & Granger, 2001; cuidados devem ser tomados antes da opção por um programa de aquisição sísmica que também vise obter informações a partir do modo PS. Neste trabalho um modelo estratificado de subsolo foi criado com o auxílio de dados de poço e perfil litológico. Um estudo dos coeficientes de reflexão para cada interface do modelo foi realizado. Sismogramas sintéticos foram gerados a partir deste modelo utilizando-se o método do raio, que permitem avaliar a possibilidade de imageamento do subsolo utilizando-se ondas convertidas e auxiliam na interpretação de seção sísmica obtida após processamento de dados obtidos em levantamento sísmico.

2. O Modelo Construído a Partir dos Dados de Poço e do Perfil Litológico da Região

Os dados de velocidade da onda P, velocidade da onda S e densidade, como função da profundidade, obtidos em campo, estão representados pelas curvas em azul na Figura 1. Com o intuito de construir-se um modelo de camadas a partir destes dados, foi realizada uma filtragem, nos mesmos, das frequências mais altas. As curvas em vermelho, na mesma figura, representam as curvas obtidas após esta filtragem. Observando-se as curvas em azul na Figura 1 pode-se notar que só foram levantados dados referentes a profundidade de -700 até -1550 metros.

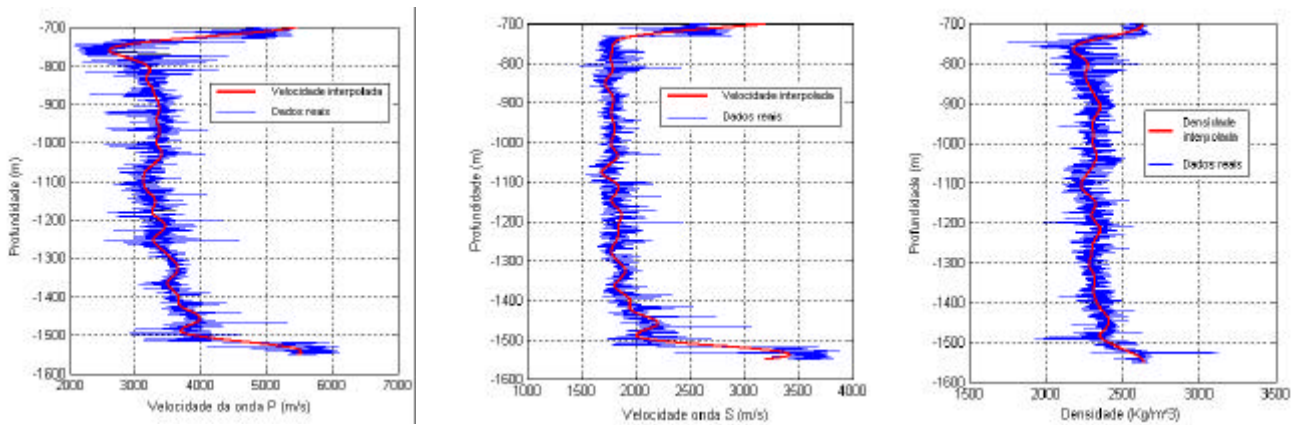


Figura 1: Dados de campo originais (azul), e após a filtragem das frequências mais altas (vermelho).

A partir dos dados filtrados foram criados intervalos ao longo da profundidade e, a eles atribuídos valores de velocidade da onda P, velocidade da onda S e densidade. Pode-se notar que cada parâmetro é constante ao longo de cada intervalo, caracterizando um modelo estratificado. Os intervalos e respectivos valores estão mostrados na Figura 2.

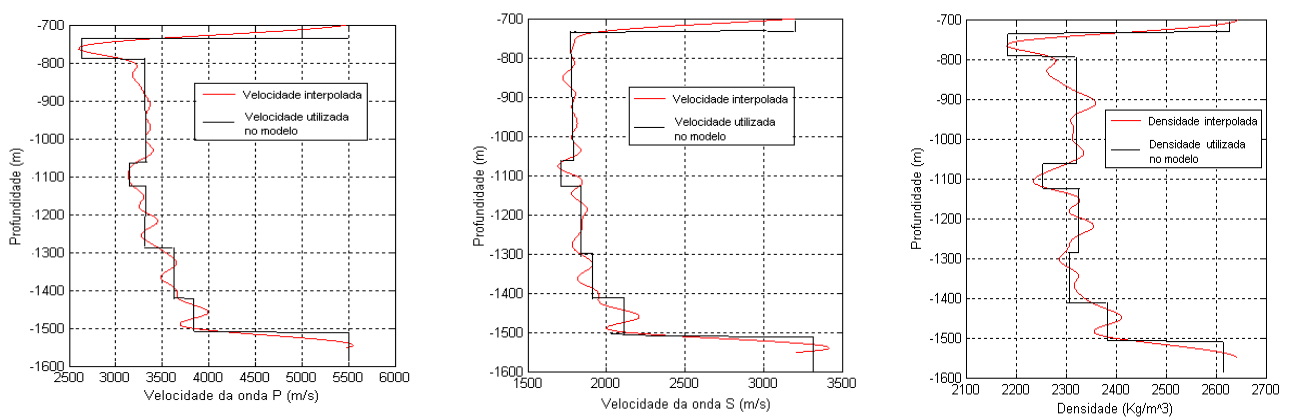


Figura 2: Modelo estratificado construído a partir dos dados filtrados. À esquerda têm-se os valores referentes à velocidade de onda P. No centro têm-se os valores referentes à velocidade de onda S. À direita têm-se os valores referentes a densidade.

A seguir, com o auxílio do perfil litológico da região, foi construído a parte do modelo compreendida entre 0 e -700 metros de profundidade. O princípio seguido foi o de se atribuir propriedades petrofísicas similares a estruturas geológicas similares. A Figura 3 ilustra este procedimento para a velocidade de onda P, mostrando o modelo completo e sua correspondência com o perfil litológico da região. Na Tabela 1 está mostrado um resumo do modelo estratificado construído, com propriedades petrofísicas de cada camada e respectiva espessura.

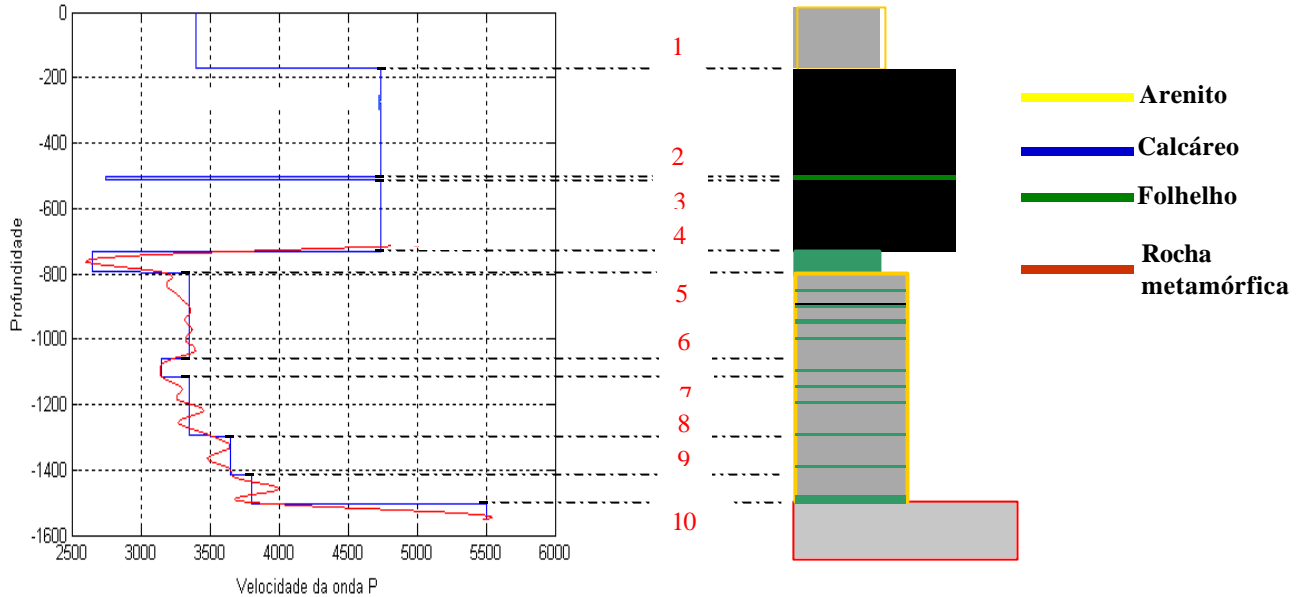


Figura 3: Construção do modelo de 0 até -700 metros de profundidade com o auxílio do perfil litológico.

Na Tabela 1 está mostrado um resumo do modelo construído.

| Camadas | Vel. Onda P (m/s) | Vel. Onda S (m/s) | Densidade (Kg/m ³) |
|------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|
| 0-170m | 3400 | 1900 | 2200 |
| 170-504m | 4740 | 2507 | 2650 |
| 504-512m | 2740 | 1770 | 2180 |
| 512-730m | 4740 | 2510 | 2650 |
| 730-795m | 2650 | 1750 | 2180 |
| 795-1060m | 3350 | 1750 | 2320 |
| 1060-1115m | 3150 | 1650 | 2250 |
| 1115-1295m | 3350 | 1800 | 2320 |
| 1295-1415m | 3650 | 1950 | 2310 |
| 1415-1505m | 3800 | 2120 | 2380 |
| 1505- | 5500 | 3300 | 2620 |

Tabela 1: Resumo do modelo estratificado construído.

3. Estudo da refletividade em cada interface

Na Figura 4 estão indicados os coeficientes de reflexão dos modos PP (curva em azul) e PS (curva em vermelho) para cada interface do modelo, obtidos de acordo com Achenbach (1993, pp.186). O coeficiente de reflexão da Interface 4 é igual ao coeficiente de reflexão da Interface 2, por isso foi omitido na figura. Também, por ser a terceira camada do modelo (de cima para baixo) tão fina, só o coeficiente de reflexão da Interface 2 está representado na figura, sendo omitido na Figura 4 o coeficiente de reflexão da Interface 3. Como pode ser observado a partir dos gráficos apresentados na figura, é de se esperar que as interfaces 7 e 9 sejam melhor imageadas utilizando-se o modo PS. Na seção seguinte são mostrados sismogramas sintéticos realizados a partir do modelo construído, que confirmam esta observação.

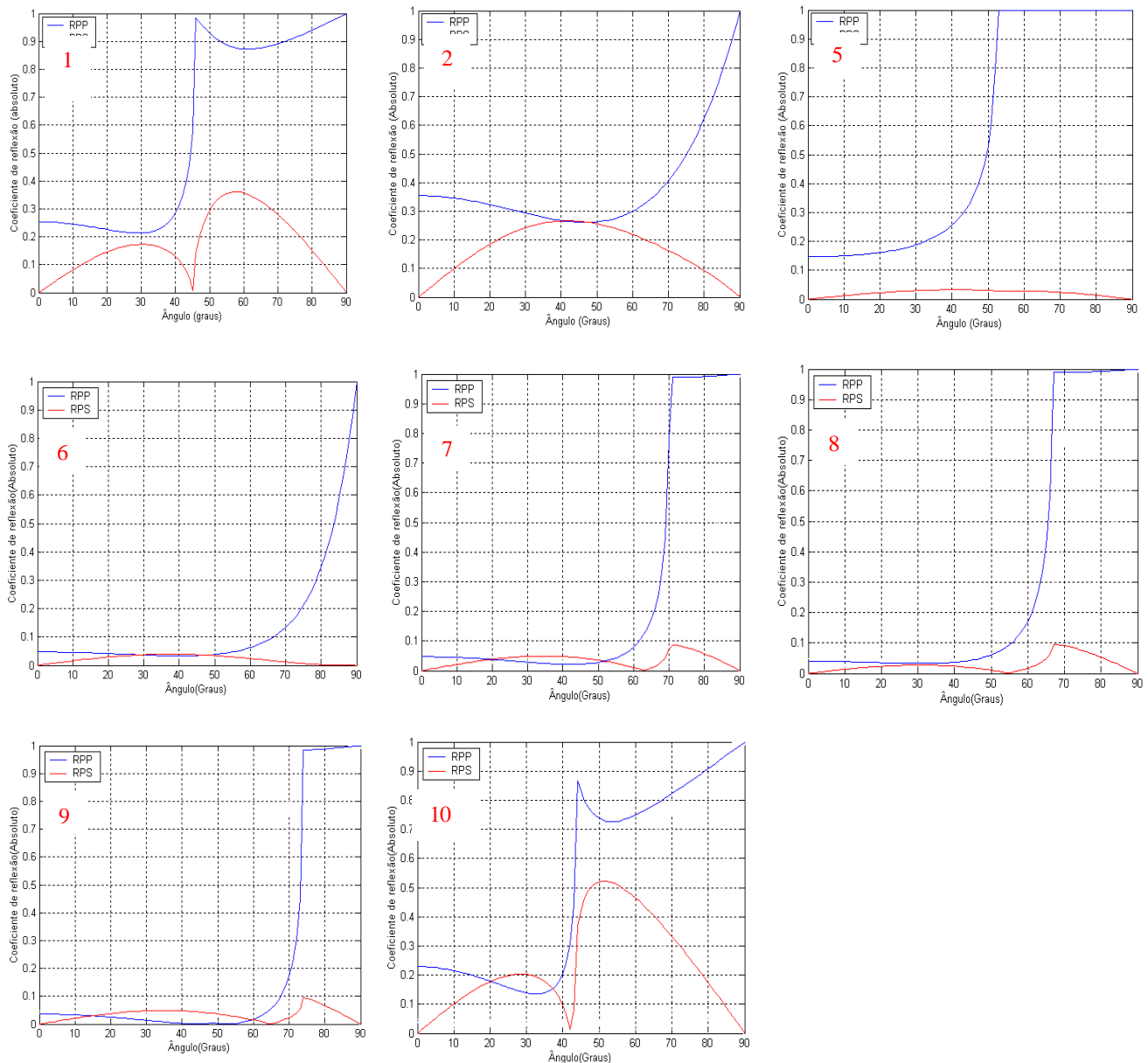


Figura 4: Estudo da refletividade por ângulo de incidência em cada interface. A curva em azul representa o coeficiente de reflexão para o modo PP, e a curva em vermelho representa o mesmo para o modo PS. O numero em vermelho no canto superior esquerdo de cada gráfico representa a interface a que corresponde o coeficiente de reflexão.

4. Sismogramas sintéticos calculados a partir do modelo construído

A seguir mostra-se três sismogramas sintéticos na Figura 5. Todos os três foram calculados com o auxílio do programa NORSAR^C, que utiliza o método do raio, e são referentes ao modelo de camadas construído. Na parte superior da figura é mostrado o sismograma referente ao modo PP. Na parte intermediária da figura é mostrado o sismograma referente ao modo PS. Na parte inferior da figura é mostrado o sismograma contendo informações sobre os dois modos juntos. A geometria de aquisição simulada é composta por uma fonte e cem receptores regularmente espaçados entre si por cinquenta metros, com *offset* mínimo de 50m e *offset* máximo é de 5Km. É importante ressaltar que em cada sismograma sintético gerado foi aplicado um ganho diferente, sendo o sismograma mostrado na parte inferior da figura, correspondente aos dois modos mostrados juntos, o único adequado para comparações entre modos.

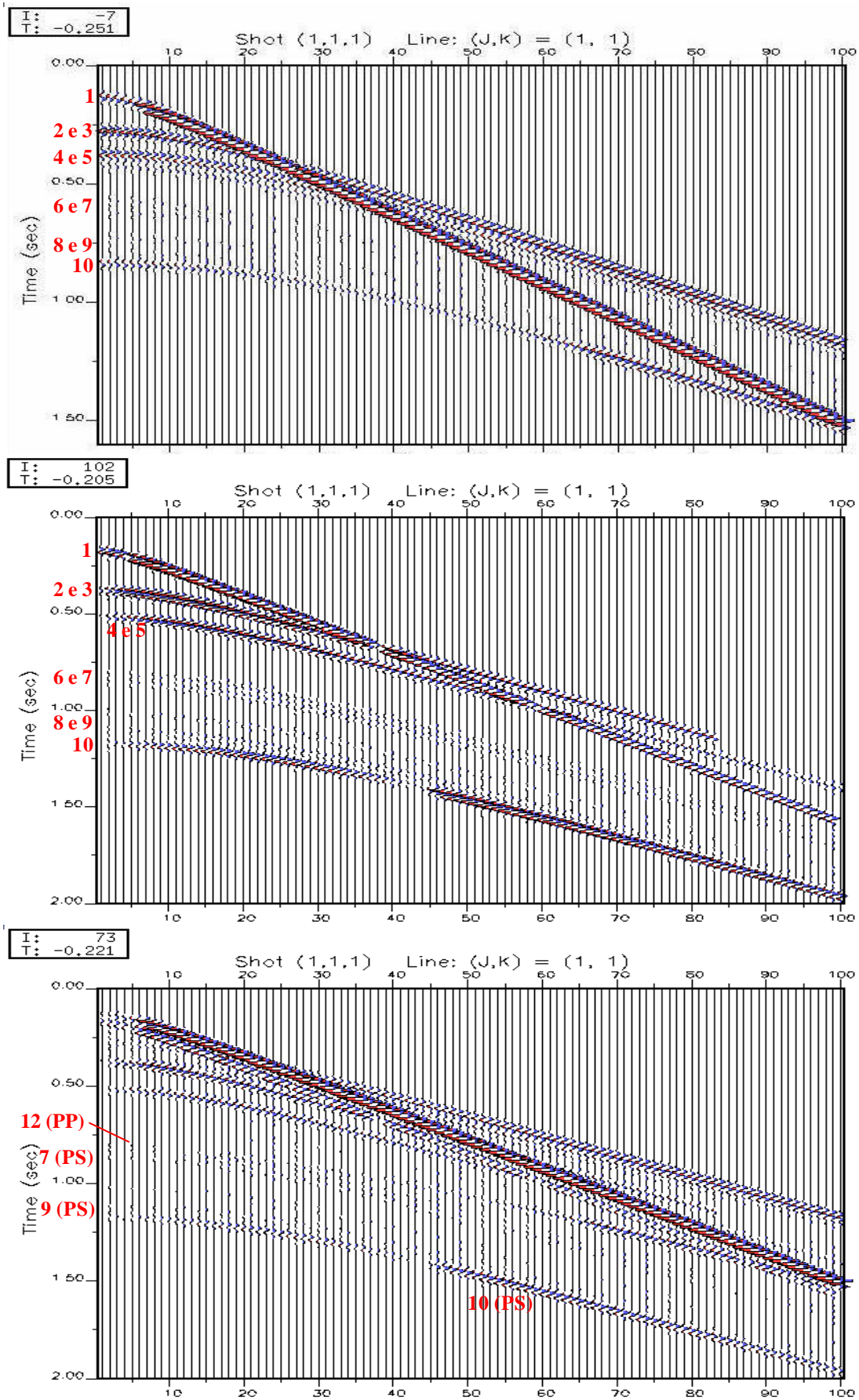


Figura 5: Sismogramas calculados a partir do modelo construído. Na parte superior da figura mostra-se os dados referentes ao modo PP. Na parte intermediária mostra-se os dados referentes ao modo PS. Na parte inferior mostra-se os dados referentes aos dois modos juntos. Os refletores são identificados na figura através dos algarismos em vermelho.

A partir dos gráficos mostrados na figura acima pode ser observado que, como previamente indicado pelo estudo das refletividades realizado, algumas interfaces têm potencial para serem imageadas pela onda convertida. Além disso, a observação do sismograma onde dados referentes aos dois modos simulados são mostrados juntos, sugere que o modo convertido PS é mais adequado para o imageamento das Interfaces 7 e 9 do que o modo PP, haja visto que no sismograma, as curvas referentes a estas interfaces aparecem bem mais fortes para a onda PS que para a onda PP.

5. Conclusões

- a) Um modelo estratificado foi criado com base em dados petrofísicos de poço e com o auxílio do perfil litológico da região.
- b) Sismogramas sintéticos foram gerados a partir do modelo criado utilizando-se o programa de modelagem NORSAR[®]. A correlação entre eventos sísmicos e formações geológicas da região foi efetuada.
- c) A onda convertida se mostrou com certo potencial no que diz respeito ao imageamento de alguns refletores modelados, podendo inclusive, em alguns casos, chegar a ser melhor que o modo PP.

6. Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a PETROBRAS pelo fornecimento dos dados de poço e perfil litológico que serviram de ponto de partida para a construção do modelo.

Referências

- Garotta, R. J. & Granger, P. Y., 2001. Some requirements of PS mode acquisition. SEG., San Antonio, expanded abstract, 809-812.
- Achenbach, J. D., *Wave Propagation in Elastic Solids*, North-Holland, 1993.