



ANÁLISE E CORREÇÃO DE PERFIS SÔNICOS EM ARENITO POUCO CONSOLIDADO: UM AJUSTE UTILIZANDO FÍSICA DE ROCHAS

BASTOS A. C., LIRA J. E. M. e DILLON L. D.

ABSTRACT

Several Brazilian offshore fields are build of unconsolidated and complex sandstones. This fact cause many problems in some logs, mainly in velocity logs. As seismic and AVO modeling need these logs as input, some times it is necessary to do corrections in these logs, that is the main goal of this work. In order to do these corrections it was necessary to make log velocities calibration using laboratory measurements (compressional and shear velocities, density and porosity), fluid substitution methods and logs data.

From the results it is possible to see that a log Vp correction between 10% and 15% it is necessary. This correction is obvious when we compare these results with a well without problems like acquisition and interpretation.

INTRODUÇÃO

A necessidade de gerar modelos para auxílio à interpretação de seções sísmicas e análise AVO a partir de perfis sônicos, fez com que um estudo abrangente destes perfis fosse feito, mostrando que estes perfis apresentavam valores maiores do que o esperado. A análise de perfis aliada a medidas laboratoriais mostra a necessidade de correções em alguns perfis de velocidade, que é a idéia central deste trabalho.

Algumas hipóteses para explicar o motivo da obtenção de perfis de velocidade superestimados foram levadas em consideração. Vários fatores tais como invasão do fluido da lama de perfuração na formação, saturação de água elevada e arrombamento da parede do poço, foram analisados para tentar explicar o aumento dos perfis de velocidade. Entretanto, uma análise do conjunto de perfis (resistividade, caliper, densidade, porosidade, etc), juntamente com medidas de velocidade e densidade em laboratório e análise de lâminas delgadas, fez com que a hipótese de dispersão de velocidade, como dito por (Mavko and Jizba – 1991) e (Dillon et al – 1998) fosse a mais aceita, pois como visto nas lâminas delgadas há um grande número de poros pequenos e/ou alongados fazendo com que o a rocha (arcabouço e fluido) fique mais incompressível aumentando a velocidade quando se trabalha na frequência (\cong 20 kHz) das ferramentas utilizadas na obtenção destes perfis. Portanto, com o auxilio das medidas de laboratório foram feitas as correções nos perfis de velocidade, dando-se um “shift” nestes perfis para a referência do laboratório e fazendo-se a substituição de fluido necessária nos valores de perfil e laboratório. Os resultados obtidos mostram que as correções feitas nos perfis (calibração) se aproximam bastante dos dados de laboratório e também de dados de perfis em poços que não apresentam problemas, sugerindo que a dispersão de velocidade seja o principal motivo dos altos valores de velocidade observados nos perfis.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foram feitas medidas de Vp e Vs utilizando-se o método de transmissão ultrasônica, em 51 amostras de arenito de três diferentes poços (A, B e C). As amostras apresentam porosidade variando entre 1,3% e 34,7% e permeabilidade entre 0,1 mD e 4073 mD. Entretanto, somente as amostras com porosidade e permeabilidade representativas do reservatório foram utilizadas para as modelagens. As velocidades foram medidas com frequência de 500 KHz sob pressão de aproximadamente 3500 psi à temperatura ambiente. As medidas de laboratório foram feitas com as amostras secas e de posse dos resultados as amostras foram modeladas (Biot –1956) - (Gassmann – 1951) para as diversas composições de fluidos.

METODOLOGIA

O primeiro passo para o ajuste dos perfis foi a plotagem de Vp medido em laboratório com as amostras secas juntamente com os perfis originais (Fig. 1). Após isto, foi feita a substituição de fluido, original para seco, no intervalo desejado, através programas de modelagem petrofísica que utilizam a teoria de Gassmann (1951) e Biot (1956) para baixas frequências, onde se obtém os valores dos módulos de incompressibilidade para rocha saturada a partir dos dados da rocha seca e do fluido de saturação.

$$\frac{K_{sat}}{(K_{sol} - K_{sat})} = \frac{K_{dry}}{K_{sol} - K_{dry}} + \frac{K_{flu}}{\phi(K_{sol} - K_{flu})} \quad (1)$$

$$G_{sat} = G_{dry} \quad (2)$$

Onde na equação 1, K_{sat} , K_{dry} e K_{sol} são os módulos de incompressibilidade da rocha saturada, seca e do mineral respectivamente e ϕ é a porosidade. Na equação 2 G_{sat} e G_{dry} são os módulos cisalhantes para rocha saturada e seca respectivamente.

Para utilizar estas equações, são necessários os perfis de V_p e V_s . Para os poços que possuíam apenas os perfis de V_p foi obtida uma relação empírica entre V_s e V_p no laboratório (equações 3 e 4), permitindo assim o cálculo dos perfis de V_s nos poços onde estes não foram adquiridos. Vide figura 3.

$$V_s = 0,63V_p - 73; \quad cc = 0,82 \quad (\text{seco}) \quad (3)$$

$$V_s = 0,77V_p - 617; \quad cc = 0,80 \quad (\text{óleo}) \quad (4)$$

Para utilização dos programas é necessário carregar os perfis de densidade, porosidade e velocidades compressional e cisalhante, juntamente com dados de fluido como razão gás óleo, grau API do óleo e densidade do gás e dados ambientais como temperatura e pressão. Após a “secagem” do perfil, fez-se a correção dos valores do perfil em relação aos valores obtidos no laboratório com as amostras secas, ou seja, desconta-se do perfil de velocidade seco, um valor tal, que este perfil se aproxime dos dados de laboratório, fazendo-se a correção exigida para cada poço. O próximo passo foi a nova substituição de fluido, agora passando os perfis secos para as condições de fluido originais.

RESULTADOS

Como pode ser visto através da figura 1, o perfil de V_p que anteriormente apresentava valores médios entre 2850 m/s e 3000 m/s, após a correção dos perfis utilizando a metodologia acima, passou a apresentar valores próximos a 2500 m/s. Estes valores podem ser checados através dos dados de laboratório, e também com auxílio dos perfis do poço D (Fig. 2), onde não há problemas de dispersão de velocidade (a ferramenta utilizada na perfilagem trabalha em um intervalo de frequência entre 1 kHz e 2 kHz), invasão ou arrombamento de poço. Neste trabalho, o poço D foi utilizado como referência, já que não possui problema algum na leitura dos perfis e responde bem às modelagens sísmica e AVO. A figura 4 mostra os perfis originais de V_p para os quatro poços estudados, juntamente com os perfis corrigidos através dos dados de laboratório e substituição de fluido. Como pode ser visto na figura 4, a linha média dos valores de velocidade corrigida para os três primeiros poços fica bem próxima da média das velocidades do poço D. A figura 1 mostra que os dados de densidade de laboratório (com óleo) e perfil estão bem próximos para o poço A, indicando a possível ocorrência de dispersão nos perfis de velocidade.

CONCLUSÕES

Foi observado que alguns poços do campo em estudo apresentam valores de perfis de velocidade compressional superestimados quando comparados com dados de perfis onde se tem certeza da alta qualidade dos dados e também quando comparados com dados de laboratório.

A observação do conjunto de perfis dos poços envolvidos, sugere que os altos valores de V_p encontrados se devem provavelmente a problemas de dispersão, o que fica evidenciado com a comparação dos dados de densidade de laboratório e perfil. Entretanto, este estudo não é conclusivo em relação a este aspecto, necessitando de estudos mais abrangentes.

A correção dos perfis, levando-se em conta os dados de velocidade de laboratório e fazendo substituição de fluidos nos dados de laboratório e perfis, fez com que estes perfis se aproximassem bastante dos valores esperados.

Os valores de perfis que estavam variando entre 2800 m/s e 3000 m/s tiveram uma correção que varia entre 10% e 15%, passando a ter valores próximos a 2500 m/s.

REFERÊNCIAS

Biot, M. A., Theory of propagation of elastic waves in a fluid saturated porous solid. II. Higher-frequency range: J. Acoustic. Soc. Amer., 28, 168 – 178.

Gassmann, F., 1951, Über die elastizität poroser medien: Vier. Der Natur Gesellschaft, 96, 1 – 23.

Mavko, G., and Jizba, D., 1991, Estimating grain-scale fluid effects on velocity dispersion in rocks: Geophysics, 56, 1940 – 1949.

Dillon, L., Bastos, A., Schwedersky, G. and Aggio, A. S., Dispersion effects and their impact on reservoir geophysics: A brazilian turbidite field example – 1998 SEG Expanded Abstract, paper 1274.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Petrobras e seus técnicos pelo fornecimento de dados e ajuda nas medidas de laboratório.

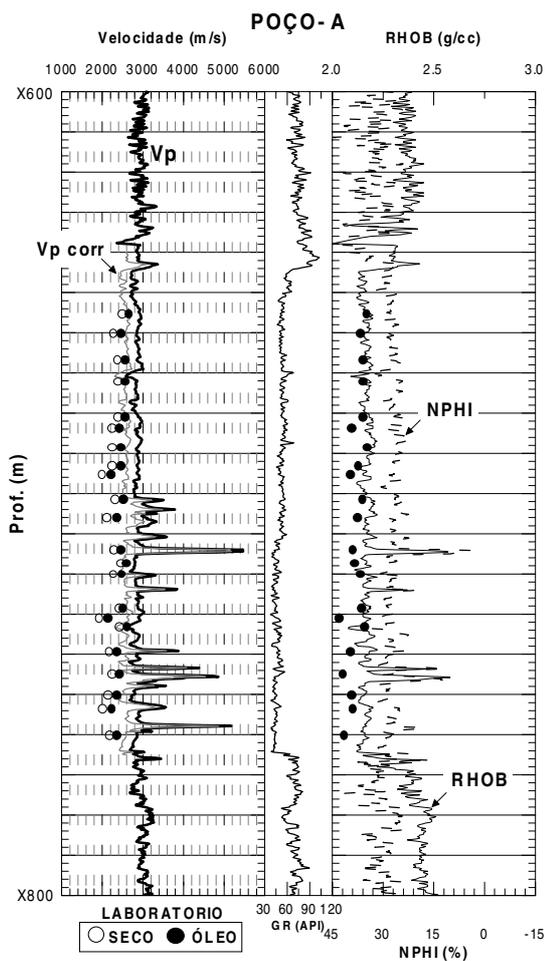


Figura 1: Poço utilizado como referência na correção dos perfis, já que a ferramenta de leitura de velocidade trabalha com baixa frequência e não há problemas de invasão de fluido.

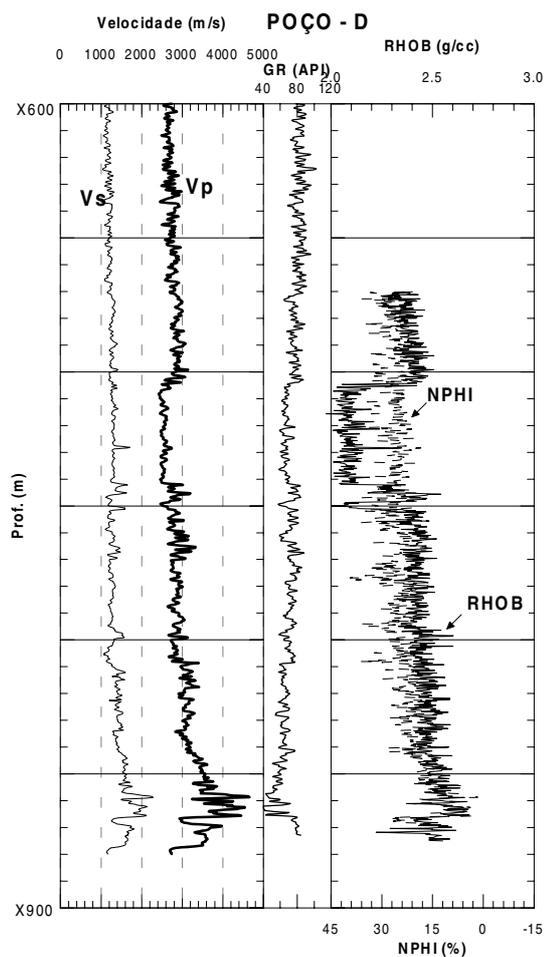


Figura 2: Neste poço, é possível observar a diferença entre o perfil original e o corrigido a partir de dados de laboratório. É possível observar também a concordância entre os dados de densidade para laboratório e perfil.

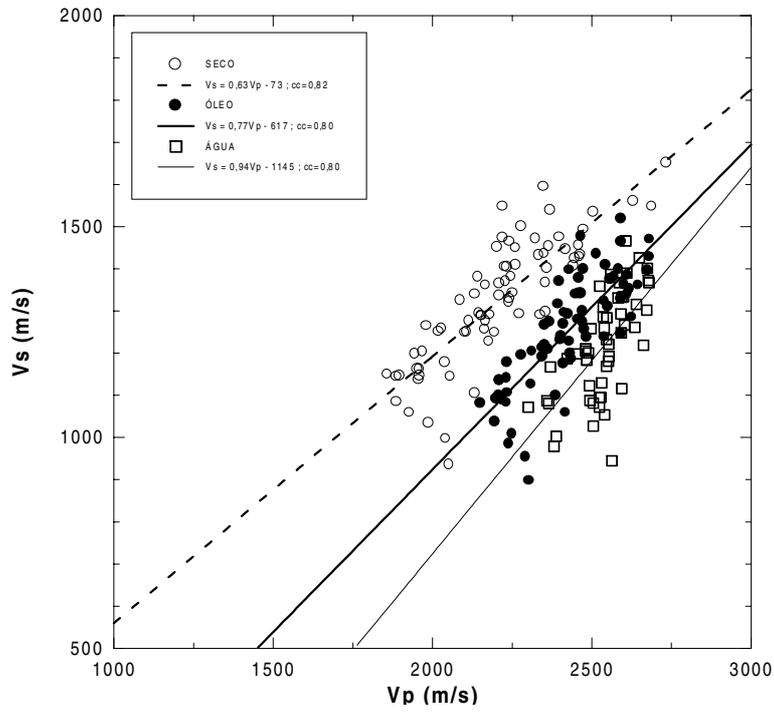


Figura 3: Relações entre V_s e V_p obtidas em laboratório para amostras secas e saturadas com óleo e água.

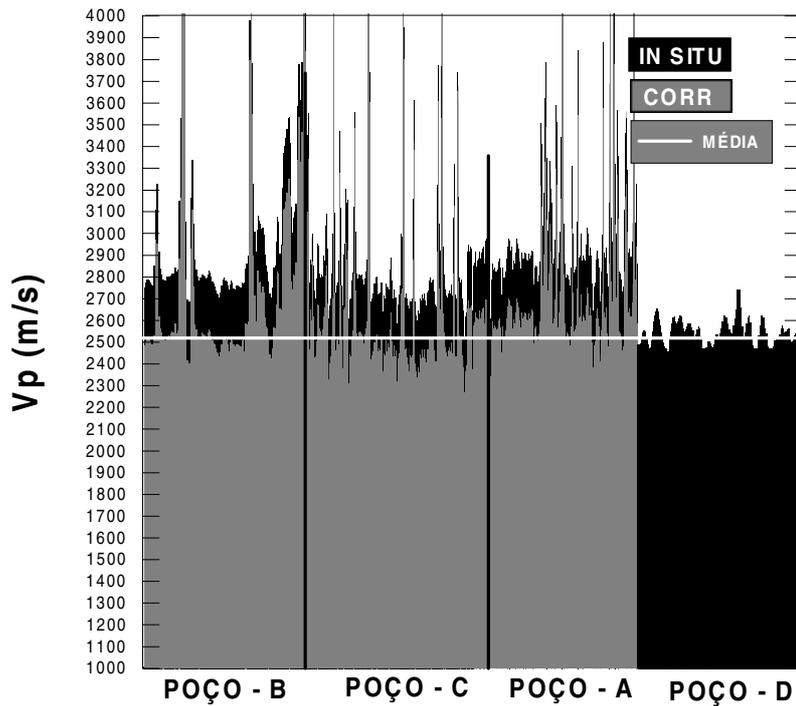


Figura 4: Comparação entre os perfis de V_p originais e corrigidos. a linha média das velocidade dos perfis corrigidos se aproxima bastante da média das velocidades para o poço - D