



A importância da Integração Rocha-Perfil na análise DHI

Elita de Abreu (*), Lúcia Dillon (**), Cassiane Nunes (***), Guenther Schwedersky Neto (****)

(*) E&P-EXP-GEO-TGEO, (**) E&P-EXP-GEO, (***) CENPES-PDP-GR

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th 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.

INTRODUÇÃO

A correlação Rocha-Perfil é uma importante ferramenta na análise DHI (*Direct Hydrocarbon Indicator*), proporcionando uma maior robustez às análises de atributos elásticos. Neste contexto, pontos relevantes referentes à utilização desta correlação na metodologia DHI serão discutidos teoricamente e, ao mesmo tempo apresentado através de exemplo prático.

O estudo foi feito para os reservatórios turbidíticos do Cretáceo *offshore*, onde em termos das análises DHI, foram realizadas extensivas análises, tanto no enfoque calibração rocha-perfil (1D), quanto na escala da sísmica, através de inversões elásticas 3D e AVO 3D. O exemplo que daremos trata-se de um poço, que após a perfuração, mostrou ser um excelente reservatório para condensado com muita boa produtividade. Ou seja, em total acordo com a previsão realizada pela análise DHI, realizada por ocasião dos estudos pré-perfuração.

No entanto, os perfis elásticos, pós-perfuração, mostraram inconsistências com o que observamos nos atributos sísmicos elásticos, bem como com a excelente avaliação que o poço mostrou ter. Uma vez que a lama de perfuração usada nesse poço era sintética e não a base de água, não havia como mensurar, através dos perfis de resistividade rasa e profunda, o quanto o poço estava invadido. Desta forma, a partir da correlação rocha-perfil, conforme técnica já discutida por Dillon et. al, equacionamos a causa dos problemas observados nos perfis e corrigi-los de forma calibrada. A partir da correção destes perfis, com base na rocha, estes passaram a estar em ressonância com o observado na escala sísmica.

PROCEDIMENTOS: Análise DHI

A calibração Rocha-Perfil, realizada para as análises DHI nas locações, é realizada a partir dos poços da mesma área e/ou poços correlatos (mesmo reservatório), onde alguns destes possuem amostras de rocha.

Baseado nas informações obtidas com estes poços e com ajuda das medidas de VP (velocidade compressional) e VS (velocidade cisalhante) nas amostras de rocha de alguns desses poços, é feita uma análise de viabilidade técnica para atributos elásticos, bem como modelagens de AVO 1D. Estas análises servem de base para o processamento e interpretação da Inversão Elástica Simultânea e AVO 3D (vide figura 1).

Como podemos observar na figura 1, a área escolhida para o poço exemplificado apresenta uma forte anomalia de Fator de Fluido (AVO tipo 4), bem como forte anomalia de IP-IS (diferença entre as impedâncias acústica e elástica respectivamente), indicando a presença de HC no reservatório de interesse.

Calibração Rocha-Perfil (PÓS MORTEM)

Após a perfuração, o poço que estamos usando para exemplificar a importância dessa calibração rocha-perfil, obteve amostras laterais e uma suíte completa de perfis. Em acordo com as previsões realizadas pela análise DHI, feita nos estudos pré-locação, este poço mostrou ser um excelente reservatório para condensado, com muita boa produtividade.

Porém, como podemos observar na figura 2, o perfil referente ao atributo IP-IS, bem como o de Razão de Poisson do poço, não apresentam anomalias em relação às encaixantes, o que não condiz com os resultados destes mesmos atributos gerados a partir da inversão sísmica (IP e IP-IS) e análise de AVO (Fator de Fluido). Assim, a partir desta observação, concluímos que havia uma inconsistência referente às respostas dos atributos elásticos, se comparadas às duas referências: perfil e atributo sísmico.

Em primeiro lugar, para verificar a fonte dessa inconsistência, foi solicitado ao geólogo responsável, a verificação da qualidade dos perfis elásticos obtidos (velocidade compressional e cisalhante). A conclusão foi que ambos apresentavam controle de qualidade adequado.

Para checar os perfis elásticos a partir da referência da rocha, medidas de VP e VS foram, então, realizadas sob a condição de pressão do reservatório. O efeito de fluido foi modelado a partir da equação de Gassmann, utilizando todas as informações de condicionantes petrofísicas (porosidade, tipo de fluido, temperatura, pressão estática, e etc.) locais e reais. Vale ressaltar que como a saturação de água ao longo do reservatório muda bastante, tomamos o cuidado de fazer a modelagem, via

Gassmann, respeitando os valores de saturação referente à profundidade de cada amostra.

A figura 2 mostra a correlação das amostras de rocha do poço com os perfis adquiridos. Através desta correlação observou-se que as medidas de densidade e porosidade das amostras se correlacionam bem com o perfil adquirido, mostrando que as amostras, apesar de serem de amostragem lateral rotativa, estão em boas condições mecânicas.

No entanto, observando esta correlação rocha-perfil, também é possível notar que o perfil de VP apresenta uma velocidade superestimada em relação às amostras, enquanto o perfil de VS apresenta uma velocidade divergente em relação às amostras, indicando um forte efeito de invasão nos perfis acústicos. Note-se que este efeito não pôde ser observado através de outras metodologias de avaliação tradicionais, ou seja, comparando as respostas dos perfis de resistividade, segundo distintas profundidades de investigação (rasa e profunda), já que a zona deste reservatório é conhecida pela resposta anômala (extremamente baixa) dos perfis de resistividade, independente da presença ou não de hidrocarboneto.

CORRELAÇÃO ROCHA-PERFIL: CORREÇÃO DA INVASÃO

A partir da correlação rocha-perfil, pôde-se equacionar a causa da inconsistência observada nos perfis elásticos, e corrigi-los de forma calibrada, baseando-nos sempre na referência das medidas de laboratório (VP e VS) das amostras laterais, as quais foram determinantes nesta tarefa. Na figura 3, também estão expostos, além dos perfis originais, aqueles obtidos a partir da correção de invasão.

Após correção, realizamos, para este poço, uma nova análise de viabilidade técnica para atributos elásticos DHI (figura 4) e também nova modelagem de AVO 1D (figura 5), comparando os resultados dos perfis originais com o resultado dos perfis corrigidos. Podemos constatar, após o processo de correção dos perfis, que a análise de atributos elásticos, via perfis, passou a estar em ressonância com os resultados observados na escala da sísmica.

Em especial, as figuras 4 e 5 comprovam que a correção de invasão apresentou uma melhora significativa na seleção da área com hidrocarboneto do reservatório baseada no atributo IP-IS, bem como o aumento significativo no Fator de Fluido, já normalizado pelo desvio padrão do *background*, em relação ao original (-2,5 DP) e o corrigido (-4,0 DP).

Conclusões

Uma vez realizados os procedimentos de correção do efeito de invasão, o estudo integrado de correlação rocha-perfil-atributo sísmico realizado anterior à

perfuração do poço de exemplo, e que obteve excelente resposta DHI, mostrou-se coerente e em ressonância com o resultado obtido pelo poço.

Sempre que possível, é fortemente indicado a utilização de análogos e modelagens, ou seja, a realização de procedimentos de inversão e análise de atributos elásticos (enfoque rocha-perfil-sísmica) em outras áreas similares que já tenham sido amostradas por poços.

Em situações onde a avaliação do padrão de invasão nos perfis é particularmente difícil, como são tradicionalmente os poços perfurados com lama a base óleo e/ou reservatórios onde a resposta dos perfis de resistividade é anômala devido à argilosidade, a correlação rocha-perfil torna-se ainda mais importante.

AGRADECIMENTOS

Ao geofísico Gustavo Alberto Correia e ao geólogo Claudemir Severiano de Vasconcelos, responsáveis pela área, com quem trabalhamos de forma integrada. Agradecemos em especial, o fornecimento de dados detalhados, bem como o acompanhamento e discussões referentes aos resultados aqui apresentados.

Ao geólogo Carlos Francisco Beneduzi pela investigação e controle de qualidade dos perfis elásticos.

Ao grupo de Física de Rochas do CENPES pela realização dos ensaios e discussões pertinentes.

Ao geofísico Marcelo Silka e ao geólogo Fábio Lima, pela cooperação nos trabalhos de integração rocha-perfil.

REFERÊNCIAS

Dillon, L. D. and Pinheiro, J. E. F.: "Core-Log analysis applied to pseudo elastic impedance feasibility studies"; EAGE 62nd Conference and Technical Exhibition – Glasgow, Scotland, 29 May – 2 June 2000.

FIGURAS

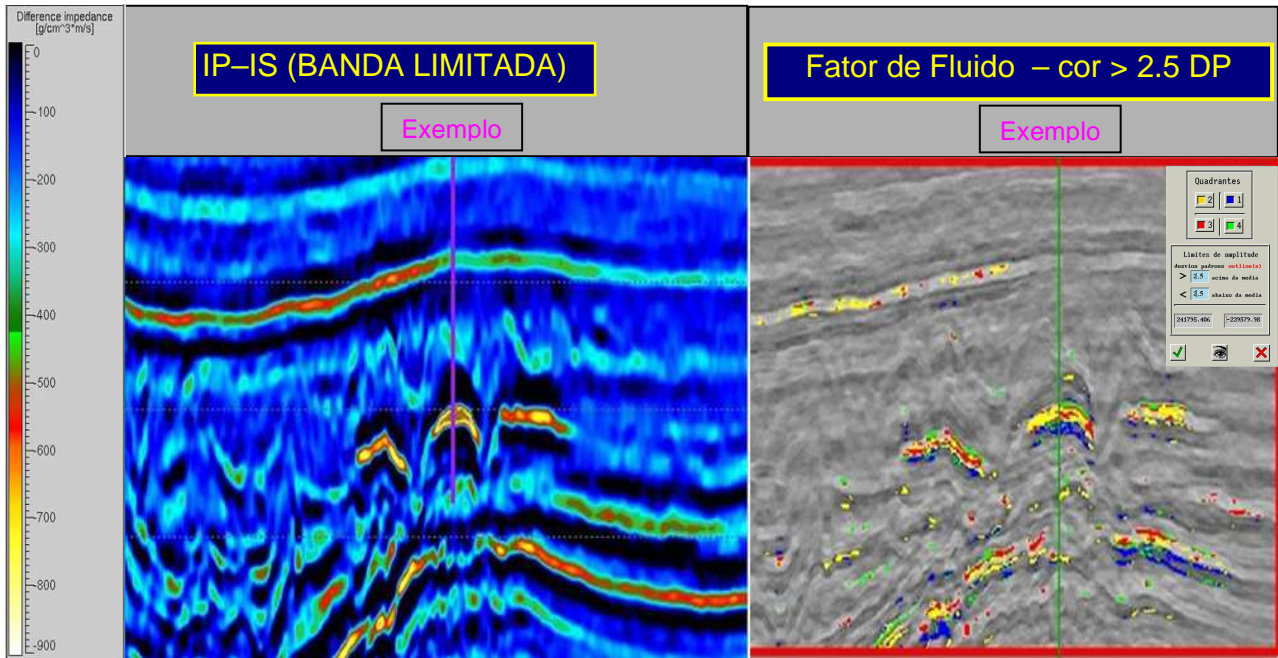


Figura 1: Localização na sísmica do poço de exemplo, com a anomalia circulada em rosa: à esquerda na seção IP-IS de uma inversão banda limitada de uma linha arbitrária.; à direita em uma seção de AVOP 2D Iterdec Integrado.

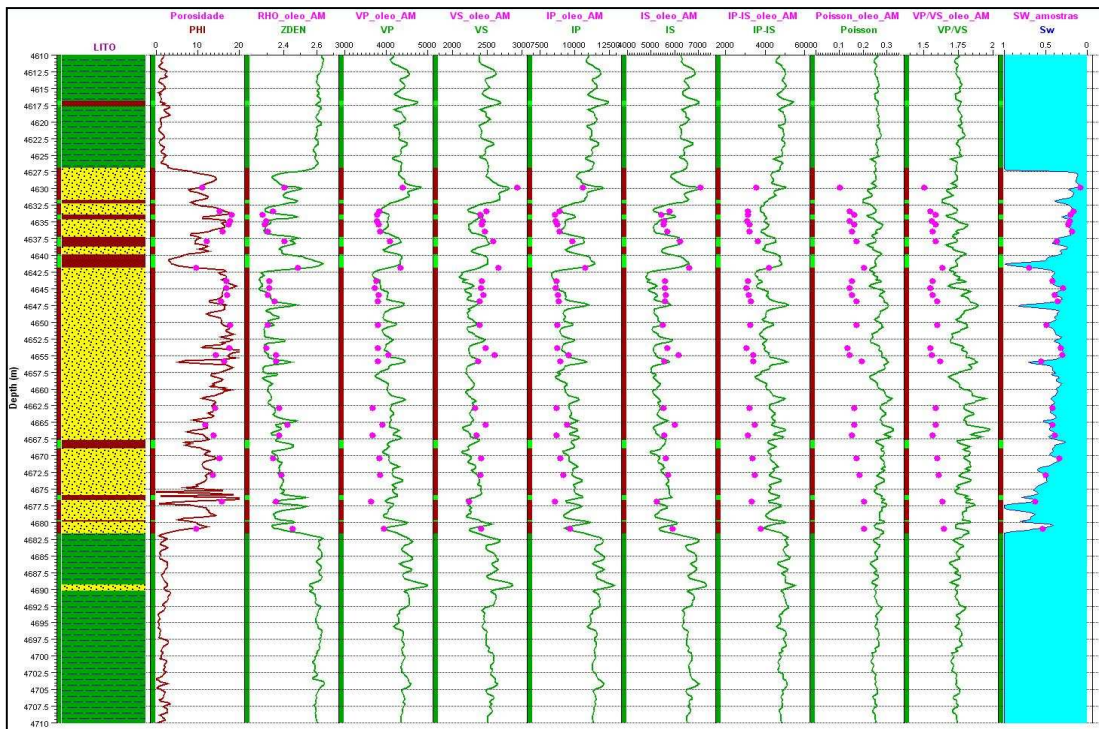


Figura 2: Correlação Rocha-Perfil do poço de exemplo – PERFIS ORIGINAIS

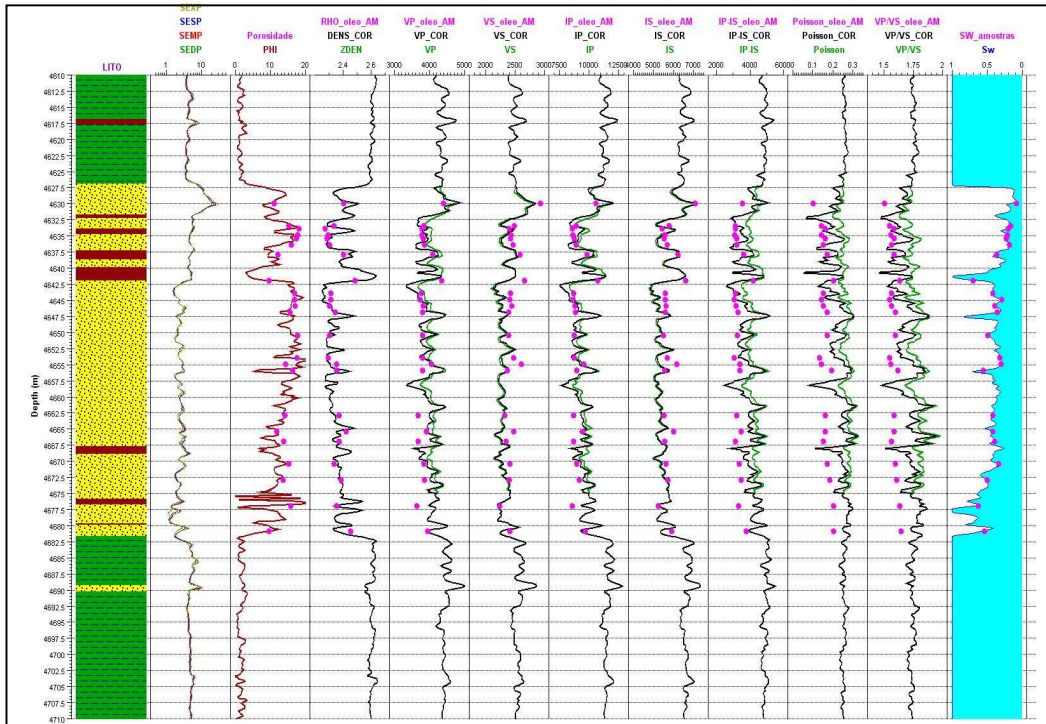


Figura 3: Comparação da correlação Rocha-Perfil do poço de exemplo entre os perfis originais (em verde) e os perfis corrigidos (em preto).

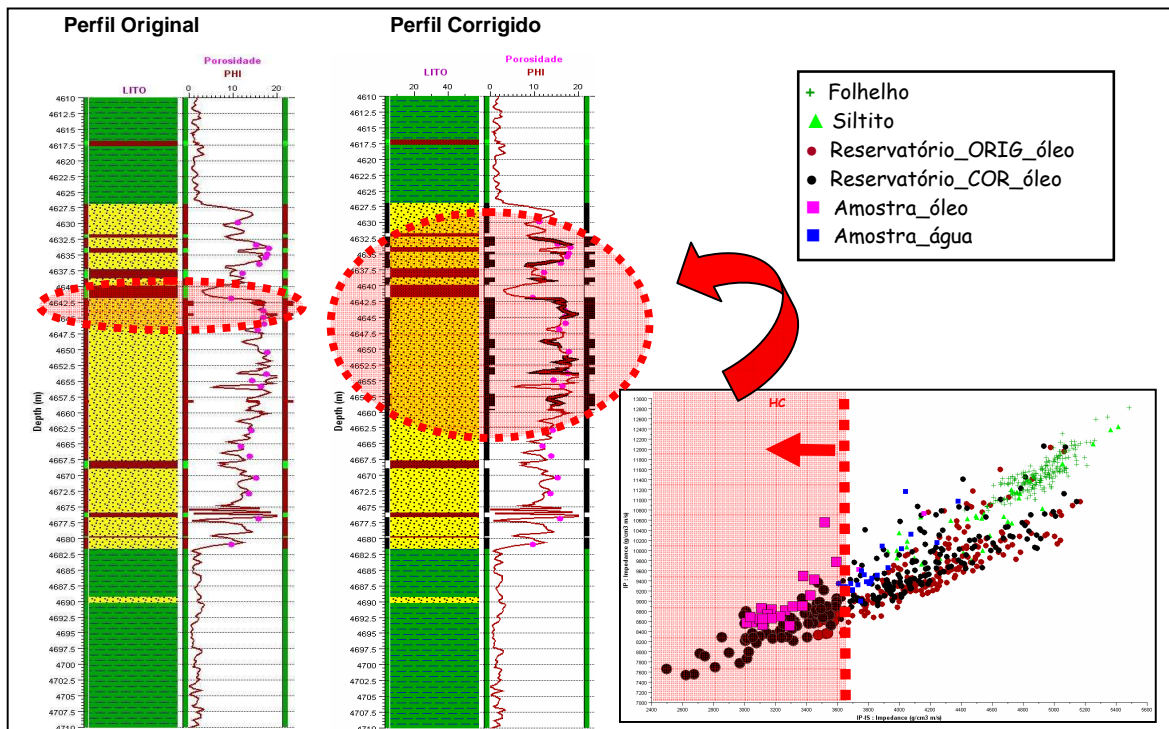


Figura 4: Seleção da região com hidrocarboneto do reservatório através do atributo IP-IS do poço de exemplo com os perfis originais (marrom) e com os perfis corrigidos (pretos), e amostras modeladas, via Gassmann, de acordo com a curva de saturação.

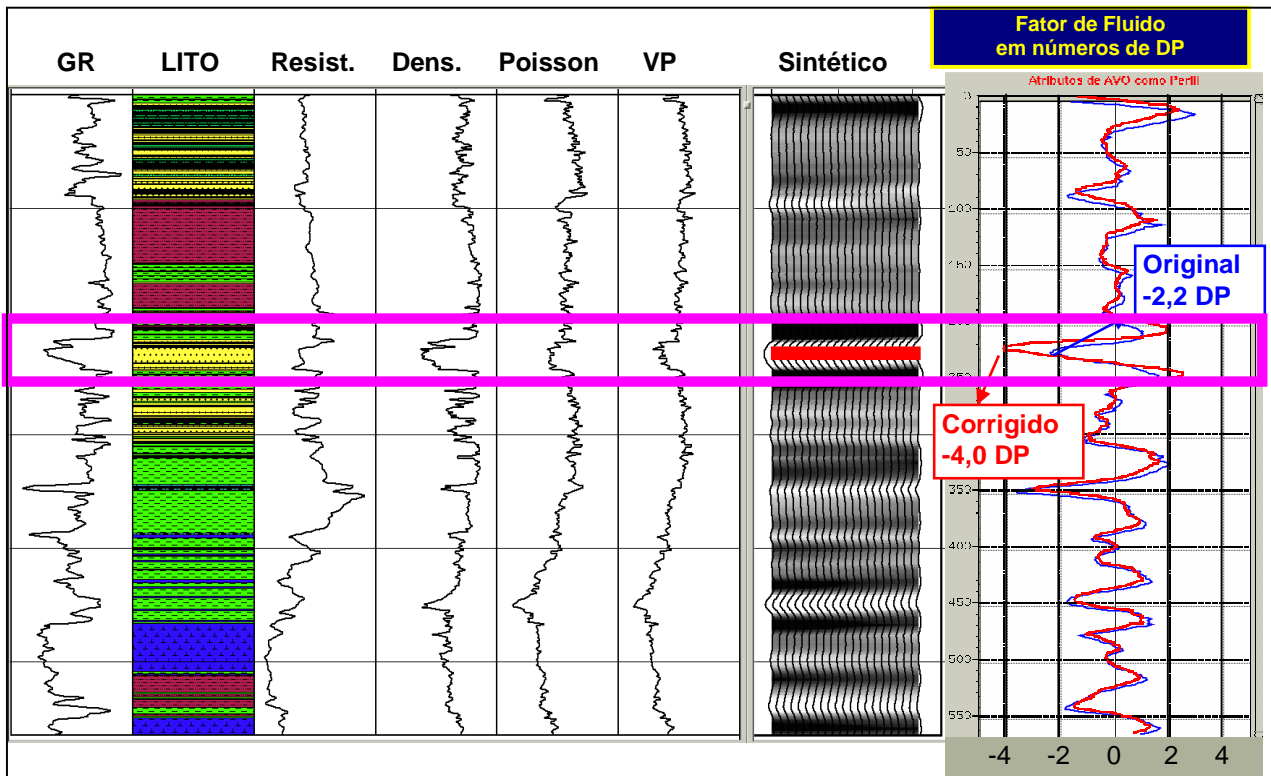


Figura 5: Comparação da modelagem de AVO 1D entre os perfis originais e os perfis corrigidos.