



## Atualização da conversão tempo x profundidade no Campo de Albacora, Bacia de Campos

Rosenberg G. Lima, André De Gasperi, Denise V. Aranha, Jorge Nicolas Hounie, PETROBRAS S/A, Brazil

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9<sup>th</sup> 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 9<sup>th</sup> 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

This paper discusses about the routine and techniques of time-depth conversion used during oil field development and management in Campos Basin. Each day, a lot of information is acquired and organized in order to improve the quality of time-depth conversion: new wells, seismic data, processing, image-ray conversion, pre-stack depth migration, geostatistical methods, etc. The point to be argued here is not what the best method is, but how we deal with it so that we can obtain the necessary information to make correct decisions about depths of horizontal wells and other forecasts, uncertainties about structures and its implications for reserve estimates.

### Introdução

O desenvolvimento de um campo de petróleo em ambiente offshore exige cada vez mais a diminuição das incertezas relativas à caracterização de reservatórios. Uma das principais é a conversão tempo-profundidade. Durante a fase de desenvolvimento e posteriormente no gerenciamento da produção, novos dados são adquiridos continuamente, exigindo uma atualização constante dos mapas relativos ao topo e base dos reservatórios, bem como de outros horizontes estratigráficos imprescindíveis na interpretação geológica. Novas informações de poços, dados sísmicos mais recentes com melhorias no processamento (análises de velocidades com anisotropia, migração pré-empilhamento em profundidade, conversão raio-imagem), análises geoestatísticas envolvendo velocidades sísmicas e curvas tempo-profundidade de poços, são informações que podem ou não ser utilizadas em conjunto, de forma a gerar um mapa em profundidade a partir de um horizonte sísmico mapeado em tempo. A questão aqui não é discutir sobre qual o melhor método, mas como escolher uma dessas técnicas, considerando as limitações de tempo existentes na sua obtenção e o tempo disponível para tomadas de decisões que não inviabilizem o projeto de produção.

### Métodos de Conversão Tempo-Profundidade de horizontes e volumes sísmicos

Considerando-se que o dado sísmico disponível para a interpretação foi obtido através de migração pré-empilhamento em tempo (PSTM), a conversão tempo-

profundidade dos horizontes é necessária para a continuidade da caracterização do reservatório. Várias técnicas estão disponíveis, dentre as quais destacam-se:

a) Conversão por raio vertical usando velocidades sísmicas, sejam intervalares, média ou rms, onde a superfície em profundidade obtida é calibrada com marcadores geológicos dos poços. Baseia-se no fato de que o campo de velocidades fornecido pelo processamento sísmico possui uma distribuição espacial regular, fornecendo assim uma tendência do comportamento das velocidades. Entretanto, as análises de velocidade feitas com vistas a obter uma imagem em tempo, por mais rigorosas que sejam, geram modelos de velocidade que, quando convertidos para profundidade, necessitam de uma correção em relação aos marcadores geológicos dos poços. É uma das técnicas mais largamente difundidas tanto na fase exploratória quanto na fase explotatória, estando disponível em várias cadeias de *softwares* de interpretação. Possui uma capacidade de rápida atualização de modelos, já que se baseia em equações simples para o cálculo das superfícies.

b) Conversão por raio vertical, usando-se velocidades de poços, advindas de perfis sísmicos e *checkshots*, também com calibração dos marcadores geológicos. Ao contrário do método anterior, a distribuição das velocidades neste método depende da distribuição dos poços. A obtenção destas velocidades passa por uma etapa crucial, que é a construção de sismogramas sintéticos dos poços, onde é gerada a curva tempo-profundidade. As superfícies obtidas através desta técnica aproximam-se mais das profundidades reais, já que usam velocidades mais próximas das camadas geológicas. Porém, nas regiões mais afastadas dos poços, a conversão será muito dependente da técnica de extrapolação utilizada, diminuindo o grau de confiança. Os modelos de velocidades também podem ser rapidamente atualizados com a informação de novos poços. Vários aplicativos fornecem este método como opção.

c) Conversão por raio vertical usando velocidades sísmicas e velocidades de poços, usando-se métodos geoestatísticos (p.ex. Krigagem com deriva externa) para trazer as velocidades sísmicas para o mesmo patamar das velocidades dos poços. Trata-se na verdade de uma integração entre os dois métodos anteriores. A construção do modelo de velocidades por este método já é mais complexo e demorado, pois trata-se de uma edição mais rigorosa das velocidades, estando disponível apenas em alguns aplicativos específicos.

Para a obtenção de dados sísmicos em profundidade várias técnicas podem ser usadas:

a) Conversão por raio vertical usando modelos de velocidade dos horizontes convertidos para profundidade

pelas técnicas acima já mencionadas. Geralmente é aplicável em regiões sem grandes complexidades estruturais e com poucas variações laterais de velocidades.

b) Conversão através da técnica de raio-imagem. Os modelos de velocidades intervalares em tempo são convertidos para profundidade através da propagação de ondas imagem (Hubral & Krey, 1980).

c) Migração pré-empilhamento em profundidade (PSDM). É teoricamente o melhor processo de imageamento. Pois a partir de uma imagem inicial em tempo (a melhor possível), é construído um modelo de velocidades que é utilizado novamente na fase pré-empilhamento para a migração em profundidade, sendo modificado iterativamente, até obter-se a melhor imagem em profundidade. Aplica-se em áreas de grande complexidade estrutural, com falhas, anticlinais, domos de sal, etc.

### **Exemplos de conversão tempo-profundidade e atualização de modelos de velocidades**

A experiência em um ativo de produção tem mostrado que a escolha ou a estratégia de conversão tempo-profundidade, a ser utilizada e depois atualizada com novas informações de poços, depende de vários fatores:

- a) Complexidade geológica e estrutural da área;
- b) tempo disponível para obtenção da conversão tempo-profundidade, isto é, o quanto se pode esperar para se ter o dado, a fim de tomar certas decisões importantes;
- c) tempo gasto para geração da informação em profundidade e atualização desta com dados de poços perfurados;
- d) disponibilidade e qualidade de dados sísmicos existentes, e estágio em que se encontra o processamento sísmico (PSTM, PSDM).

A seguir discutem-se alguns exemplos de estratégias de conversão tempo-profundidade e atualização:

#### **1) Conversão tempo-profundidade em reservatórios oligocênicos**

Um dos principais reservatórios produtores do Campo de Alacora são os Arenitos terciários do Oligoceno, formados pela amalgamação de corpos arenosos depositados como preenchimento de canais e como lobos, formando 10 complexos, sendo 6 de canais e 4 de lobos turbidíticos (Brunh et al, 1998). Optou-se pela construção de um modelo de velocidades baseado em horizontes interpretados em tempo, a partir de um dado sísmico obtido em um processamento PSTM e calibrado com os marcadores geológicos dos poços. Esta decisão baseou-se tanto no fato da existência de um número considerável de poços (88, distribuídos nas várias zonas reservatórias) quanto na necessidade da obtenção de um modelo geológico atualizado para construção de um modelo de fluxo. Também se considerou que essa área possuía pequena variação lateral de velocidades e baixa complexidade estrutural. Assim os resultados mostraram-se bem satisfatórios, considerando-se os pequenos erros na previsão de profundidade de poços posteriormente

perfurados e a rapidez na atualização do modelo. Adicionalmente, a interpretação de uma zona do reservatório com poucos poços e a percepção de altos estruturais que poderiam levar a um acréscimo significativo no volume de reservas, permitiu a geração de outras hipóteses de conversão tempo-profundidade usando-se velocidades de poços e conversão por raio-imagem. A comparação destas conversões permitiu a decisão pela hipótese mais pessimista, isto é, considerou-se a conversão que fornecia a posição estrutural mais baixa.

#### **2) Conversão tempo-profundidade em reservatórios albianos**

Vários arenitos turbidíticos do cretáceo são produtores na Bacia de Campos. Na área trabalhada, o modelo deposicional é de lobos turbidíticos confinados em uma calha esculpida nos carbonatos da Fm Macaé, possuindo estruturação definida por uma feição dômica recortada por falhas normais com direção aproximadamente N-S e rejeitos da ordem de 10 a 20 m. A leste e oeste, o reservatório é delimitado por falhas normais de maior rejeito, na faixa de 100 e 50 m, respectivamente. A existência de modelos de velocidades baseados em processamento de dados sísmicos mais antigos (migração em tempo pós-empilhamento), e tendo-se em vista a obtenção de um processamento PSTM de um novo levantamento, possibilitou a geração de modelos para conversão tempo-profundidade mais atualizados. Inicialmente, foi feita uma conversão por raio-vertical com um modelo a partir das velocidades sísmicas e calibração com poços existentes. Paralelamente, uma conversão do volume sísmico por raio-imagem estava em fase de construção, tendo em vista a complexidade estrutural da área. Dois poços foram perfurados antes de se obter o volume sísmico raio-imagem. O primeiro atingiu o reservatório na profundidade prevista, com uma diferença menor que 1 m. O segundo poço teve uma diferença de 60 metros, além de não ter encontrado o reservatório com a espessura esperada. Interpretações feitas, já com o volume raio-imagem, mostraram que na verdade o poço alcançou uma região de falhas (De Gasperi et al. 2004). A interpretação anterior, que se baseava numa conversão de horizontes e falhas por raio vertical e calibrada com poços, situava a locação a uma distância de 250 m das falhas (Figura 1). O exemplo desta área mostrou que em reservatórios limitados por falhas, os modelos de conversão com raio vertical podem trazer erros significativos quanto à posição das falhas. O imageamento das falhas através da conversão raio-imagem mostrou-se mais preciso, mesmo que as profundidades dos horizontes não se ajustem com todos os marcadores dos poços. Neste caso, uma correção com marcadores de poços, após a conversão, é necessária.

Os dois exemplos discutidos são amostras das situações com as quais nos defrontamos no dia a dia de um ativo de produção. No primeiro caso, a necessidade urgente de uma atualização do modelo geológico requereu um tipo de conversão rápida, e que não pôde esperar por volumes sísmicos convertidos por raio-imagem ou PSDM. No segundo caso, a imprecisão dos modelos de conversão por raio vertical levou à utilização da

conversão por raio imagem, ressaltando-se ainda que um processamento PSDM já está programado para a área. Os exemplos mostram também que, o tempo disponível para tomadas de decisões e execuções dos projetos, nem sempre pode ser adequado à obtenção do dado que traga a maior confiança ou menor incerteza.

### Sumário e Conclusões

A combinação dos vários fatores já mencionados acima levou à escolha de estratégias de conversões tempo-profundidade que melhor atendesse as necessidades de tempo e disponibilidade dos dados. Estes puderam ser atualizados à medida que os poços iam sendo perfurados, sendo comparados posteriormente com a geração de volumes sísmicos convertidos por raio-imagem para profundidade. Destaca-se também que a escolha de determinado método de conversão passa pela avaliação do grau de incerteza relacionada.

### Referências

- Bruhn, C.H.L., Arienti, L.M., Castro, D.D., Adams, T., Barros, A. P., Sarzenski, D.J., Camoleze, Z.** 1998, High-Resolution Sequence Stratigraphy and Reservoir Characterization of Oligocene/Miocene Sand-Rich Turbidites From Deep-Water Campos Basin, Brazil. AAPG International Conference & Exhibition, Rio de Janeiro.
- De Gasperi, A. Lima, R.G., Cardoso, C.G., Parrelada, A.L., Waisman, G.** 2004. Considerações Estruturais-Estratigráficas a Respeito do Arenito Namorado na Área do Poço 9-AB-76D-RJS. Relatório Interno Petróbras S.A.
- Hubral, P. Krey, T.** 1980. Interval velocities from seismic reflection time measurements. Tulsa, OK: Society of Exploration Geophysics, 203 p.

### Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a PETROBRAS pela permissão para publicação deste trabalho.

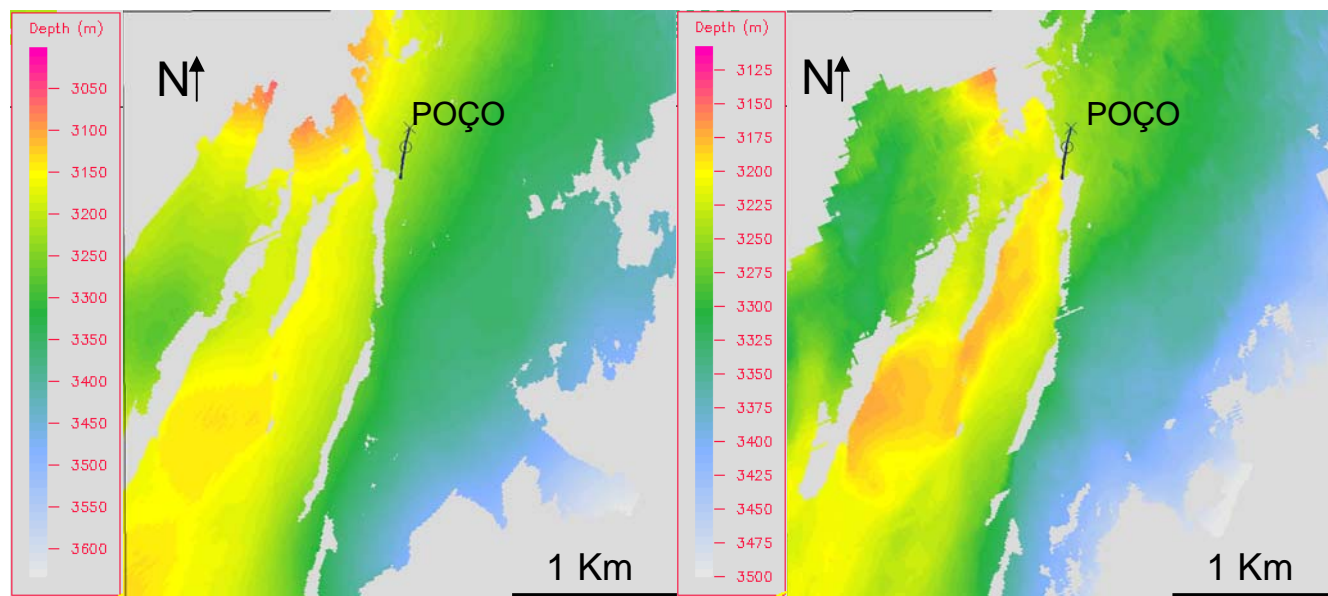


Figura 1- Mapas em profundidade obtidos através da conversão raio-vertical (à esquerda) e raio imagem (à direita). Notar comportamento das falhas e posição do poço.