



Uso da Sísmica 3D na Modelagem de Reservatórios

Edgar A. Thedy, Silvia R. Malagutti e Paulo L. B. Paraízo

PETROBRAS S/A, Brasil

Abstract

Processing and interpretation techniques development has allowed the improvement of reservoir characterization using seismic data. Cherne Field, off-shore Campos Basin, Brazil, was the target of a multidisciplinary geologic modelling project. The main reservoir is composed of albo-cenomanian turbidites of Macae Formation in a structured area, separated in blocks by salt tectonics. After structural interpretation, a stratigraphic inversion had made. Mapping of internal reservoir geometry was performed with the resulting impedance data. Various depositional cycles related with sea level variations were interpreted. Each cycle is represented by lowstand porous sandstone in low impedance reflectors, and transgressive deposits of high impedance (marls and interbedded fine sandstones). The first cycle was deposited in a restricted condition, resulting in a continuous reflector, onto a carbonatic platform. The next cycles were conditioned by the area creation due to the sea level variations and halocynesis, giving a progradational character to the horizons. The last event is a radioactive mark that indicates the basin flooding. The stratigraphic zoning of the reservoir was made with seismic background. The interwell correlation was guided by the horizons interpreted. Five events were identified. The attributes extraction was made according to the volumetric mean value in each seismic unit. A linear correlation between seismic attributes and electrofacies frequency was found for most of the zones. A permoporous cube was generated with geostatistical tools using attribute data as a secondary variable ready for usage in the numerical reservoir simulator.

INTRODUÇÃO

Os modelos geológicos do passado utilizavam a interpretação sísmica como ferramenta apenas de definição do arcabouço estrutural e de mapeamento de topo e base de reservatórios de campos de petróleo. Atualmente, com novas técnicas de processamento e de interpretação de dados, pode-se avançar na modelagem dos reservatórios utilizando-se a sísmica como ferramenta importante na definição das descontinuidades internas, assim como das propriedades dos reservatórios nas regiões entre poços. O presente trabalho mostra a reinterpretção do Campo de Cherne, *off-shore* da Bacia de Campos (Fig. 1) com a integração dos dados sísmicos. O reservatório principal, um arenito turbidítico da Formação Macaé, de idade albo-cenomaniana, foi estudado num projeto multidisciplinar de caracterização estrutural, estratigráfica e de qualidade que teve como resultado a geração de um cubo de permoporosidade para a simulação de fluxo.

ETAPAS DO TRABALHO

As etapas do trabalho foram as seguintes:

- interpretação sísmica do arcabouço estrutural do campo;
- inversão dos dados;
- mapeamento da geometria interna do reservatório usando os dados de impedância acústica;
- zoneamento do campo com o auxílio dos dados sísmicos interpretados;
- correlação dos dados de poços com atributos sísmicos;
- geração de modelo geológico para alimentar o simulador de fluxo com o uso de geoestatística.

INTERPRETAÇÃO SÍSMICA

A interpretação foi executada usando dados sísmicos 3D com cela de 25x33m. Em todos os poços do campo foram geradas curvas de impedância e de velocidade. As curvas de velocidades interpoladas resultaram num cubo de transformação de dados tempo-profundidade, o que permitiu a integração de todos os dados. A primeira etapa do trabalho foi a definição do arcabouço estrutural da área. O campo encontra-se em um alto estrutural e apresenta-se compartimentado em diversos blocos. Os horizontes regionais e os limites do reservatório foram interpretados antes da inversão sísmica, e utilizados junto com as impedâncias calculadas nos poços na geração do modelo *a priori*. A inversão sismoestratigráfica foi realizada com o objetivo de melhorar a resolução dos refletores internos e ressaltar aspectos de qualidade do reservatório.

Após a inversão, o reservatório foi subdividido em diversas unidades sísmicas (Fig. 2). Cada unidade está composta por duas camadas, uma de mais baixa impedância (cores claras) e outra de mais alta impedância (cores escuras). Esta

sucessão representa a alternância de ciclos de mar baixo, com depósitos de arenito poroso, e de ciclos de mar alto, representado por margas e arenitos finos intercalados (Zarpelon *et alii*, 1998). Foram mapeadas cinco unidades no bloco alto do campo, e três nos blocos baixos. A unidade basal, com um refletor contínuo e característico, é comum a todo o campo, sendo o registro do primeiro pulso turbidítico, de idade albiana, fortemente encaixado na calha deposicional. O ciclo se encerra com uma camada transgressiva (Zarpelon *et alii*, *op. cit.*). Sobre ele depositam-se ciclos de menor potência, com aspecto progradante, condicionados pela criação de espaço na porção distal devido ao tectonismo salífero e a variações eustáticas do nível do mar. O último registro, já no Cenomaniano, desenvolve-se nos blocos baixos, e é seguido pelo afogamento da bacia, marcado pela deposição dos folhelhos que constituem o Marco Radioativo. Este marco, apesar de bastante característico em perfis elétricos, não corresponde a um bom refletor sísmico.

INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

A interpretação geológica do reservatório foi feita integrando o modelo sedimentológico-estratigráfico do campo, fornecido pelo laboratório de rochas, a interpretação da sísmica 3D e os perfis de poços. Na interpretação das seções geológicas, o dado de impedância sísmica convertida em profundidade foi visualizado como *background* das seções estruturais e estratigráficas. Foram identificadas nos perfis as descontinuidades internas mapeadas na sísmica. Os poços foram correlacionados usando como guia os horizontes interpretados, cuja geometria difere do modelo geológico anterior, o qual utilizava o padrão *layer cake* (Figs. 3 e 4). O novo zoneamento estratigráfico serviu de base para correlações entre os atributos sísmicos extraídos dos horizontes mapeados com as propriedades de reservatório e as eletrofácies dos respectivos intervalos em perfis de poços.

CORRELAÇÃO DOS DADOS DE POÇOS COM A SÍSMICA

A correlação entre os atributos sísmicos e os dados de poços foi feita de forma independente para cada uma das unidades definidas pela interpretação sísmica. Foram extraídos valores de amplitude da impedância por cela para cada unidade (valores máximo e médio de picos, valores mínimo e médio de gargantas e média total do intervalo). Estes dados foram cruzados com valores médios de perfis nos intervalos correspondentes (frequência de eletrofácies, porosidades, espessuras, etc). Este cruzamento permitiu definir, para a maioria das unidades, relações lineares entre os atributos sísmicos e a frequência das eletrofácies nos poços.

GERAÇÃO DE MODELO 3D DE PERMOPOROSIDADES

A montagem do modelo 3D de permoporosidade teve como base o modelo de eletrofácies. Para cada unidade mapeada, foi gerada uma distribuição de eletrofácies com base nos dados de poços, utilizando o dado sísmico como uma variável secundária (Fig. 5). Isto foi possível através de uma alteração no algoritmo de simulação indicatriz sequencial (Deutsch), técnica geoestatística em que a probabilidade de ocorrência de uma dada eletrofácies num ponto qualquer é calculada a partir da configuração das eletrofácies nos poços vizinhos. Esta alteração permitiu a incorporação, para o cálculo destas probabilidades, da informação sísmica no ponto a ser simulado, levando em consideração a relação entre as variáveis definidas na etapa de calibração. O modelo permoporoso foi definido a partir do estabelecimento de valores médios de porosidade e permeabilidade por eletrofácies, e atribuição destes valores espacialmente a partir da distribuição 3D de eletrofácies.

CONCLUSÕES

A utilização de dados sísmicos 3D na modelagem geológica, integrados aos demais dados, proporcionou a definição de uma nova geometria interna do reservatório. Foi possível revisar o zoneamento tendo como base a interpretação de dados de impedância, e agregar informações de qualidade na região entre os poços. Como resultado, obteve-se um modelo de propriedades de reservatório contínuo em três dimensões, gerado a partir de técnicas geoestatísticas, prontos para alimentação do simulador de fluxo.

REFERÊNCIAS

Zarpelon, P., Strohschoen Jr., O., Souza, M. K., 1998, *Growth Fault-Related Sequence Stratigraphy Framework: An Example From Albian-Cenomanian Turbiditic Systems, Campos Basin, Off-Shore Brazil: XL CBG, Belo Horizonte, Anais, 105, SBG-MG.*

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à PETROBRAS pela permissão de publicação deste trabalho, e aos colegas Paulo R. Zarpelon e Oscar Strohschoen Jr. pelas interpretações sedimentológica, estratigráfica e paleontológica dos testemunhos e Sandra R. R. Carneiro pela correlação rocha-perfil.

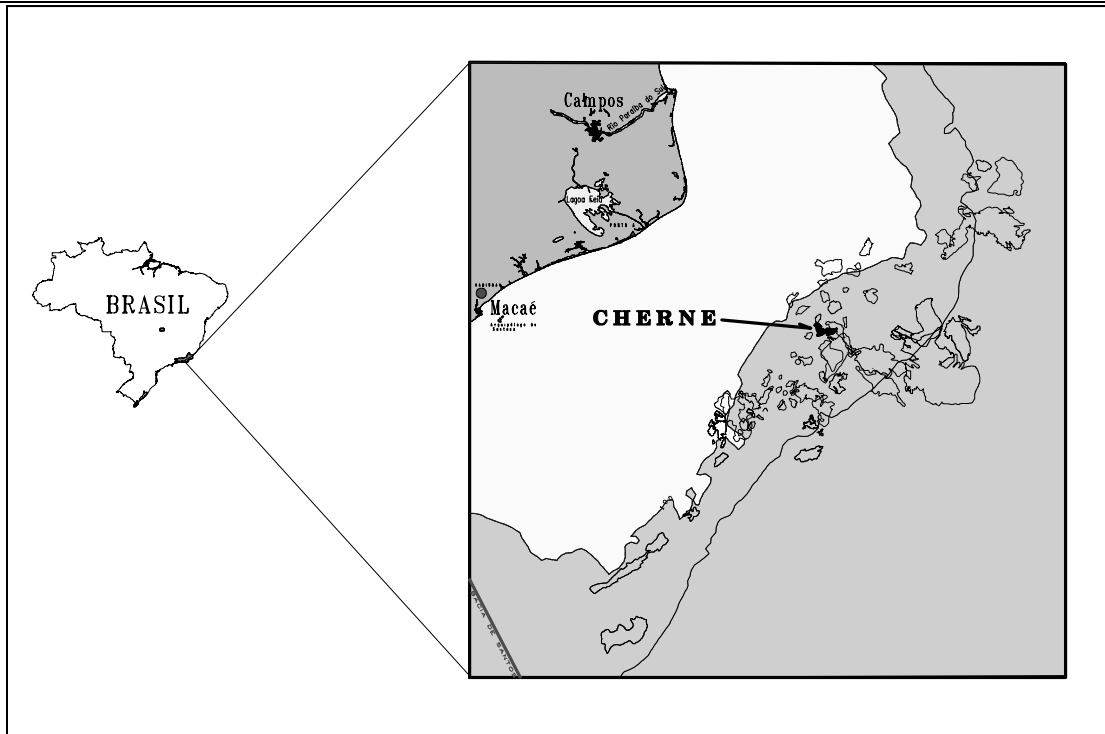


Fig. 1 – Mapa de localização.

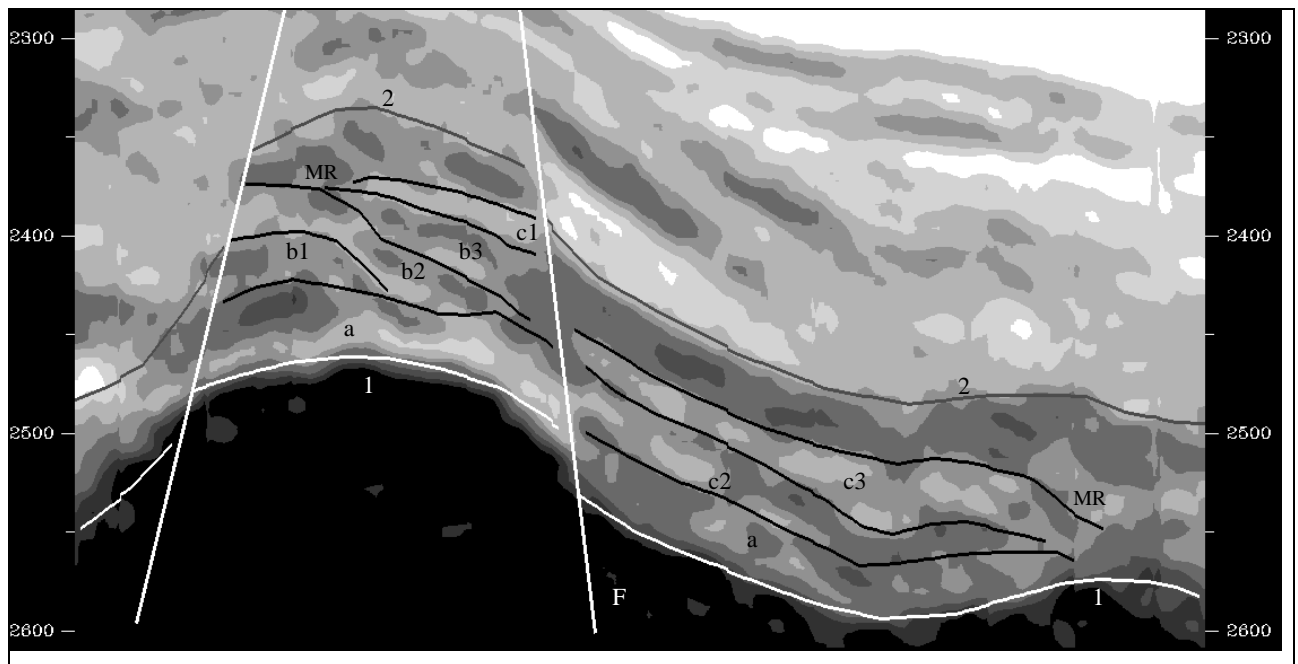


Fig. 2 – Seção sísmica em impedância do Campo de Cherne (as cores mais claras representam os menores valores). O campo encontra-se compartimentado em diversos blocos. O refletor 1 é a base do reservatório e o refletor 2 é o topo da Formação Macaé. A unidade a marca o primeiro pulso turbidítico. Sobre ela depositam-se as unidades do Albiano (b1, b2 e b3) e Cenomaniano (c1, c2 e c3), cuja deposição está condicionada ao espaço criado pela flutuação do nível do mar e pela tectônica salífera (F). O Marco Radioativo (MR) marca o afogamento da bacia.

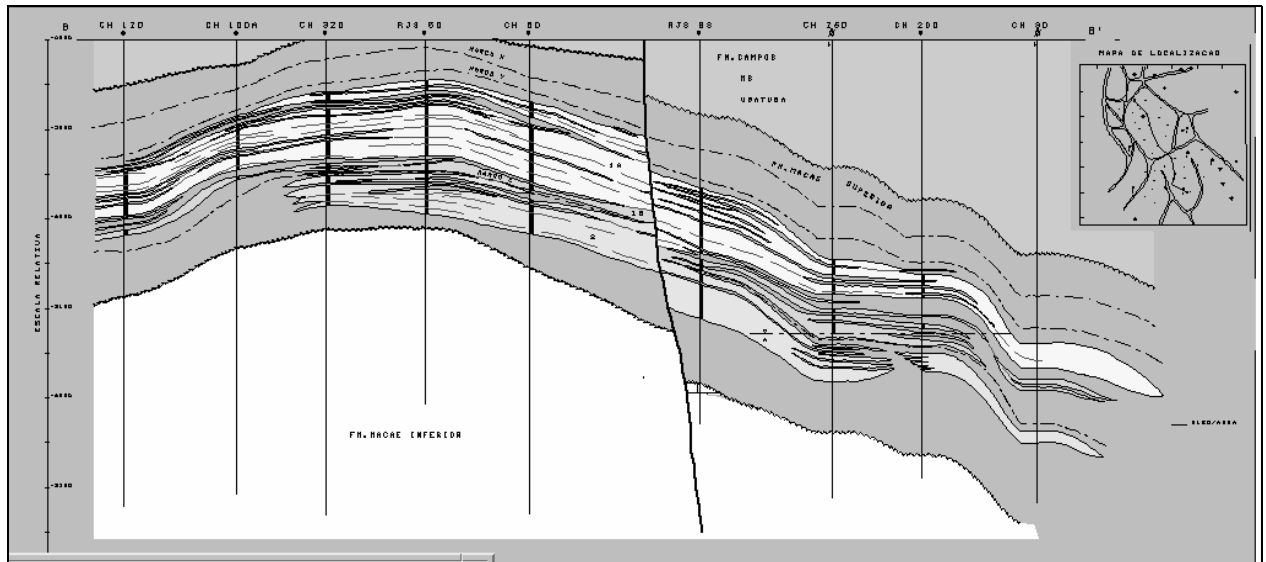


Fig. 3 – Seção estrutural baseada apenas em correlação de perfis, seguindo o padrão 'layer cake', retirada do modelo geológico anterior.

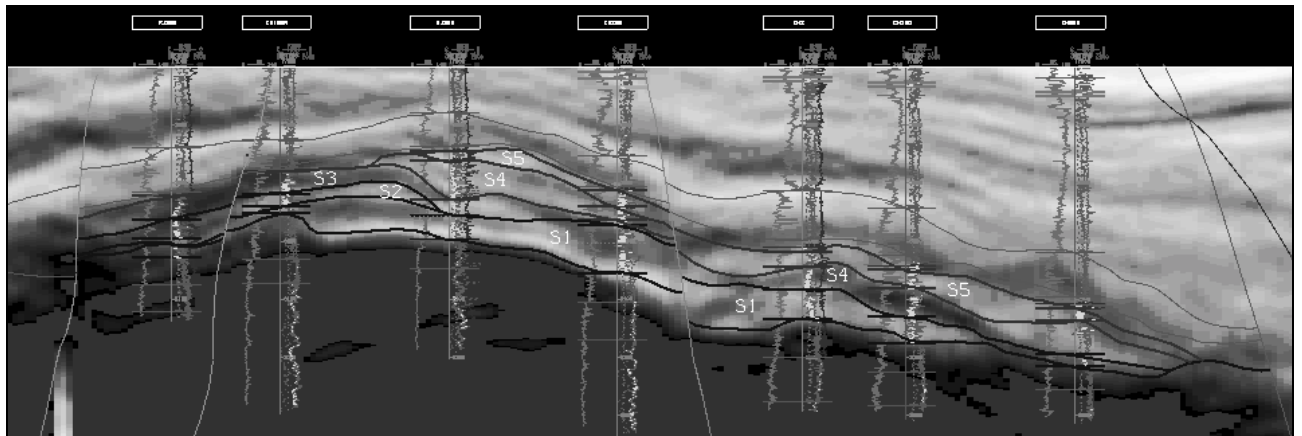


Fig. 4 – A mesma seção com o novo zoneamento do campo. A correlação entre poços foi realizada com o auxílio dos dados sísmicos convertidos em profundidade. O zoneamento mostra cinco ciclos de sedimentação turbidítica (S1 a S5).

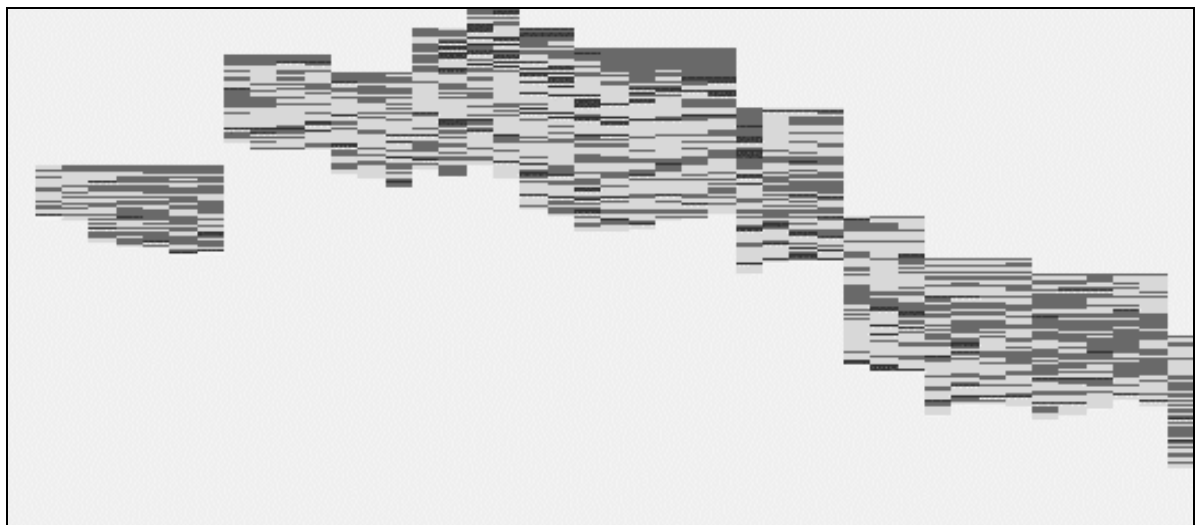


Fig. 5 – Seção estrutural de eletrofácies gerada com o uso de atributos sísmicos como variável secundária. As cores claras representam o arenito poroso, cinza o arenito argiloso e as cores mais escuras, a eletrofácies não-reservatório.