

# Tecnologia Sísmica Moderna: A Implementação dos levantamentos 4D.

Roberto Fainstein (NExT/UERJ) e Marcílio Matos (IME/PUC)

## Conceito

A tecnologia sísmica 4D abrange diversos levantamentos sísmicos de 3D efetuados durante a linha produtora de grandes campos de petróleo com o objetivo de maximizar o valor econômico em termos de economia de custos, aumento de produção, aumento na recuperação das reservas e melhoria no gerenciamento da segurança da produção.

A nomenclatura 4D é proveniente da variável tempo, ou seja, consiste em levantamentos sísmicos de 3D efetuados em diferentes estágios da vida produtora do campo de petróleo. Idealmente, o levantamento base 3D, normalmente efetuado durante a fase de delimitação ou de desenvolvimento do campo produtor, é utilizado como referência para posteriores levantamentos 3D efetuados em intervalos de tempo definidos em função da curva de produção ou depleção do campo de petróleo.

A grande aceitação do emprêgo da análise sísmica 4D pela indústria de petróleo é evidente através do grande número de publicações recentes testemunhando casos de sucesso da aplicação da tecnologia 4D nas principais conferências e revistas científicas da área geofísica. As experiências bem sucedidas na região do Mar do Norte com resultados acima da expectativa e amplamente divulgados foram fundamentais para que a tecnologia 4D fosse globalizada.

## Definição dos Projetos Sísmicos de 4D

Na quase totalidade dos campos produtores de petróleo nosso conhecimento dos dados do reservatório de petróleo, de sua capacidade produtora e de seu comportamento durante a produção é geralmente incompleta. Na grande maioria dos casos, o reservatório não é muito bem conhecido mesmo quando colocado em produção. Existem sempre incertezas sobre as conectividades do reservatório, seus diversos compartimentos e no que concerne a invasão e gerenciamento da produção de águas. Mesmo quando a curva de produção de petróleo já é razoavelmente bem conhecida e os modelos de produção e depleção dos reservatórios amarrados ao histórico de produção de cada poço, o conhecimento continua incompleto e restrito às áreas em torno dos poços produtores e injetores. Portanto, os modelos geológicos dos reservatórios introduzidos nos simuladores de fluxo utilizados pela engenharia de petróleo podem não refletir fidedignamente características importantes de conectividade e de propriedades físicas do reservatório. Os levantamentos de 4D ajudam assim a um melhor conhecimento dos reservatórios no campo de petróleo, das propriedades físicas, porosidade e permeabilidade, e da extensão lateral das rochas e dos fluidos com conseqüente melhor gerenciamento da produção de óleo em termos de economia de escalas devido aos possíveis aumentos de produção e melhoria na recuperação das reservas.

## Implementação dos Projetos de 4D

Para a implementação de projetos de 4D vários fatores são importantes para sucesso:

- A existência de um levantamento 3D base que exista antes que o campo entre em produção.
- Repetição da geometria de aquisição do levantamento base. Isto evidentemente não é sempre possível, procuram-se então as melhores aproximações.
- Reprocessamento sísmico utilizando parâmetros comuns entre os utilizados no levantamento base e os levantamentos posteriores durante a produção.
- As tecnologias modernas de 3D a serem utilizadas durante a aquisição, processamento, interpretação dos dados sísmicos e integração dos softwares modernos de modelagem na engenharia dos reservatórios.

Independente da forma utilizada para referenciar diferentes levantamentos sísmicos 3D defasados no tempo, a avaliação qualitativa e quantitativa do projeto 4D deve ser realizada através da análise das possíveis mudanças detectadas nos levantamentos 3D que estão diretamente associadas a dados de produção e de simulação de produção do reservatório. Dentre as técnicas utilizadas, uma das mais promissoras é a que utiliza a análise conjunta de atributos sísmicos obtidos em cada levantamento sísmico 3D realizado ao longo do tempo, que intuitivamente, pode ser interpretada, como uma forma de análise da variação do comportamento de diferentes atributos relacionados a propriedades do reservatório ao longo do período de produção. Normalmente, a análise conjunta dos diferentes atributos sísmicos é realizada através de redes neurais.

## Tecnologias de 3D no Brasil

Os esforços modernos de aquisição, processamento e interpretação de dados sísmicos no Brasil tem possibilitado um imageamento sísmico de alta qualidade de resolução dos principais reservatórios de petróleo na costa leste brasileira. Desta forma houve uma melhoria relevante no mapeamento geofísico dos principais reservatórios de turbiditos que se encontram acima do sal nas seqüências do Terciário e do Cretáceo Superior em águas profundas.

Os levantamentos sísmicos modernos de 3D introduziram novas tecnologias como a aquisição de dados com cabos mais longos, atingindo até seis (6) a oito (8) quilômetros de extensão. Em processamento a migração após o empilhamento assim como pré-empilhamento tanto em tempo (PSTM) como em profundidade (PSDM) também tem tido grande aceitação. Levantamentos regionais de 3D adquiridos com estampa de 'foot-print' mais larga se tornaram também uma norma na costa brasileira e levaram a importantes descobertas na Bacia Norte de Campos nos últimos dois anos.

Os investimentos em águas profundas requerem uma grande precisão na definição destes projetos devido a sua grande importância em relação ao risco e sucesso econômico. Devido ao grande investimento 'up-front', o processo de definição e escolha de projetos de 3D é realizado levando com base o risco geológico do investimento. A mais moderna tecnologia sísmica no limiar de sua aplicação no Brasil é a tecnologia de Q-3D que trará uma melhoria significativa no imageamento de turbiditos como já demonstrado por diversas vezes no Golfo do México (e.g. Mars, Diana).

### **Conclusões - A hora do 4D**

Para o bom desenvolvimento e sucesso do emprego da tecnologia 4D, diferentes disciplinas da área de petróleo devem ser envolvidas: Análise Sísmica; Análise Petrofísica e Geológica e Engenharia de Produção, ou seja uma grande vantagem dos projetos de 4D consiste na interligação de várias áreas de engenharia de petróleo, geologia e geofísica em um projeto comum. Como tradicionalmente existem diferenças de linguagem entre estas diferentes áreas envolvidas, deve ser levado em conta a interdisciplinaridade da equipe de trabalho e o objetivo comum.

É interessante pois notar que o Brasil está no limiar das aquisições sísmicas de 4D, isto é podemos dizer que chegou a nossa hora nos levantamentos de 4D. Os campos maiores da Bacia de Campos serão os grandes beneficiários desta nova tecnologia já utilizada com grande sucesso em vários importantes campos de petróleo principalmente no Mar do Norte (e.g. Gullfaks, Gannet, Alba, Nelson). Considerando que estamos entrando nesta nova era com tecnologias contemporâneas de aquisição e processamento sísmico, da qual a tecnologia Q, para a aquisição de dados sísmicos é um expoente, este limiar beneficia-se das várias experiências anteriores e nos leva a uma nova era de compreensão do imageamento sísmico dos nossos reservatórios.