

1 Introdução

Sem dúvida o petróleo é hoje a principal fonte de energia em nosso planeta. Independente dos esforços geopolíticos para manutenção do domínio das reservas atuais, inclusive através de guerras sangrentas entre povos, tem sido grande a energia dispensada para a descoberta de novas reservas, bem como para a manutenção das existentes. Cada vez mais, técnicas avançadas têm sido utilizadas pela indústria para incrementar a capacidade de produção.

A fase de busca inicial por petróleo não é tarefa simples. Mal comparando, seria como “procurar uma agulha em um palheiro”. A partir da suspeita da existência de hidrocarboneto em uma determinada região, algumas técnicas devem ser utilizadas para a detecção e possível busca, incluindo um estudo da viabilidade econômica. Partindo desta presunção os geofísicos desenvolvem o processo de busca inicial por petróleo através da exploração sísmica.

Uma das formas para identificação de possíveis áreas para exploração é através da análise de atributos sísmicos (Taner et al., 1979), (Chen & Sidney, 1997), (Taner, 2000), (Brown, 1999). A tentativa de associação da análise conjunta de diferentes atributos sísmicos utilizando técnicas de reconhecimento de padrões com a estratigrafia da região é chamada de análise de fácies sísmicas (Dumay & Fournier, 1988), (Fournier & Derain, 1995), (Schultz et al, 1994). Embora este tipo de análise, ainda, não seja tão utilizada na fase de exploração e como os custos envolvidos nos processos de perfuração são muito altos, a busca por evidências mais fortes tem tornado a utilização da análise não-supervisionada de fácies sísmicas cada vez mais utilizada na exploração. Entretanto, na fase de caracterização de reservatórios, onde se busca maximizar a capacidade de recuperação das reservas, a utilização da análise de padrões sísmicos está cada vez mais em voga.

A busca por uma representação adequada dos reservatórios de petróleo através de dados sísmicos utilizando técnicas de reconhecimento de padrões tem sido alvo de inúmeras publicações científicas (Johann, 1999). Dentre as possíveis técnicas matemáticas utilizadas para classificação de padrões não supervisionada, os mapas auto organizáveis de Kohonen (Kohonen, 2001) têm sido cada vez mais utilizados para a análise de fácies sísmicas não

supervisionada (Coléau et al., 2003). Atualmente, existem disponíveis no mercado algumas opções de programas para computador, bastante utilizados pela indústria de petróleo, que realizam análise de fácies sísmicas (Stratimagic, 2001) (Seis Class, 1999). Entretanto, além dos algoritmos utilizados serem muitas vezes proprietários, parâmetros como a identificação do número de fácies sísmicas existente no sinal analisado ainda são determinados de forma empírica.

Independente da metodologia adotada para realizar análise de fácies sísmicas, a segmentação temporal e espacial da região do reservatório deve ser realizada cuidadosamente. A confiança no resultado da interpretação depende da complexidade do sistema geológico, da qualidade dos dados sísmicos, e da experiência do intérprete (Rankey & Mitchell, 2003). Portanto, qualquer erro de interpretação pode levar a resultados incoerentes. Especialmente, a análise de fácies sísmicas utilizando formas de onda do sinal na região do reservatório é bastante sensível a ruídos de interpretação.

Sabe-se que variações no conteúdo de freqüência dos traços sísmicos podem estar associadas às informações de refletividade da sub-superfície (Stegggs & Drijkoningen, 2001). Conseqüentemente, análises conjuntas em tempo – freqüência podem levar a formas não convencionais para a caracterização de reservatórios.

Neste contexto, proponho, através desta tese, o uso do agrupamento dos mapas auto organizáveis de Kohonen como forma para estimação do número de fácies sísmicas e conseqüente análise não supervisionada de fácies sísmicas (Matos et al., 2003), como também, o uso das propriedades em tempo – freqüência, obtidas através do algoritmo de “matching pursuit” (Mallat & Zhang, 1993), (Matos et al. 2004), e das singularidades detectadas e caracterizadas via transformada wavelet (Matos et al., 2003), como ferramentas para detecção e caracterização de eventos sísmicos e para análise não-supervisionada de fácies sísmicas quando associadas ao agrupamento dos mapas auto organizáveis de Kohonen.

Para verificação dos algoritmos propostos nesta tese foram utilizados dados sintéticos e reais. Para avaliação da sensibilidade em presença de ruído dos algoritmos desenvolvidos foram realizados testes adicionando aos sinais sintetizados ruído gaussiano e ruído de interpretação sísmica. Os resultados das análises de fácies sísmicas utilizando dados reais, bem como dados sintéticos, foram eficazes.

Esta tese foi organizada em seis capítulos. No Capítulo 2 é feita uma breve introdução à sísmica de exploração, dando uma visão geral, principalmente, para

quem não atua diretamente na área. No mesmo capítulo é apresentado o conceito de atributo sísmico e a sua utilização na exploração e caracterização de reservatórios. A obtenção de atributos clássicos através da transformada de Hilbert e filtros digitais também é apresentada.

No Capítulo 3 é apresentada uma alternativa para a análise não-supervisionada de fácies sísmicas através do agrupamento dos mapas de Kohonen. Além de eficaz na construção dos mapas de fácies sísmicas a metodologia apresentada funciona também como uma alternativa para a estimativa do número de fácies sísmicas.

No Capítulo 4 são apresentados alguns algoritmos para análise de sinais em tempo e em frequência conjuntamente. O algoritmo de “matching pursuit” é apresentado como uma forma para detecção de eventos em sinais sísmicos em tempo e em frequência, podendo ser utilizado para interpretação sísmica como ferramenta auxiliar de mapeamento. A utilização conjunta da representação tempo – frequência com o agrupamento dos mapas de Kohonen é apresentada como alternativa para análise de fácies sísmicas.

No Capítulo 5, a transformada wavelet é apresentada como uma ferramenta matemática para detecção e caracterização de singularidades em sinais. Esta propriedade da transformada wavelet, associada ao método de classificação de padrões apresentado no Capítulo 3 de agrupamento dos mapas auto-organizáveis de Kohonen, é apresentada como uma metodologia eficaz para análise de fácies sísmicas.

No Capítulo 6 são apresentadas as conclusões e sugestões para futuros trabalhos.

Vale ressaltar que todos os algoritmos utilizados nesta tese foram desenvolvidos em *Matlab* (Mathworks, 2003), desde a leitura dos arquivos com sinais sísmicos em formato SEG-Y até a confecção dos mapas de fácies sísmicas. Algumas ferramentas GNU de apoio desenvolvidas para uso com o *Matlab*, *toolbox*, foram utilizadas, como o *SOM Toolbox* da Universidade de Tecnologia da Finlândia e o *Time-Frequency Toolbox* do Centro Nacional de Pesquisa Científica da França – CNRS.

Ressalta-se, também, que o programa *Stratimagic* da *Paradigm Geophysical* foi utilizado no Laboratório de Processamento de Sinais do DEE da PUC-Rio para comparação de resultados e para geração de dados em formato SEG-Y e de horizontes interpretados. Já os programas *Charisma* e *SeisClass da Schlumberger* foram utilizados nas instalações da Petrobrás para interpretação e geração de dados.