

Agrupamento de dados sísmicos através do algoritmo de Kohonen

Ernesto M. Fleck^{1(*)}, Carlos Eduardo Pedreira¹, Rogério Santos²

¹Depto. Engenharia Elétrica - PUC-Rio

²Petrobras - E&P

e-mails: fleck@tecgraf.puc-rio.br, pedreira@ele.puc-rio.br, r.santos@petrobras.com.br

Abstract

Traditionally, there has been much emphasis on geophysics analysis by which visualization is developed considering parts of the global data. In this paper seismic signals are first grouped by Kohonen algorithm and then combined for visualization. Based on the properties associated with these groups, a seismic structure is proposed.

1. Introdução

Neste artigo propõe-se um método para auxiliar a identificação e a localização, ou a visualização, espacial de corpos geológicos com hidrocarbonetos (por exemplo: petróleo e gás) em dados sísmicos 3D.

A visualização de dados sísmicos é uma importante ferramenta na pesquisa de reservatórios de hidrocarbonetos. Esta visualização é realizada adequando-se as intensidades e características de atributos sísmicos aos seus posicionamentos no dado 3D. Normalmente, esta visualização parte do todo para o específico [1] [2]. Em outras palavras, o detalhamento de uma área de estudo é realizado após a definição de uma imagem gráfica associada a um modelo geológico, que considera o total dos pontos disponíveis ao estudo.

Neste artigo propõe-se uma modificação neste processo. A idéia central é determinar estruturas sísmicas específicas através de um agrupamento de sinais e realizar a visualização através de uma combinação variada da reunião das partes (grupos formados).

Para atingir este objetivo, foi desenvolvido um método que compreende a aplicação do algoritmo de Kohonen associado a proposta de duas propriedades: simetria em torno da média e densidade de elementos no grupo.

Na seção a seguir apresenta-se uma abordagem sintética sobre dados sísmicos; na seção três é descrita a definição dos recursos utilizados para o agrupamento e, por fim, a seção quatro apresenta os resultados da aplicação do método proposto seguida por uma conclusão.

2. Os dados sísmicos

A expressão “dado sísmico” é utilizada aqui definir um conjunto de informações oriundas do interior da terra através de sensores que são sensíveis às vibrações elásticas de partículas da terra, ou variações de pressão nas partículas da superfície d’água, quando estimuladas por ondas sísmicas específicas e geradas para a pesquisas de hidrocarbonetos. A partir da captação dos sensores, o dado sísmico passa a ser um sinal digital, que será processado objetivando o estudo exploratório de hidrocarbonetos [3], o que inclui a diminuição da interferência de ruídos e a seleção de sinais identificados espacialmente por coordenadas tridimensionais.

Os sinais selecionados são normalizados após a distribuição em camadas. Dessa forma, os dados são arranjados em matrizes com dois tipos de variáveis: as que definem a posição do sinal (x, y, z e camada) e o valor do sinal adquirido (ou valor do atributo sísmico). Normalmente, a quantidade de sinais reais para um estudo exploratório situa-se em torno do bilhão de pontos.

Dados sísmicos são, por natureza, não lineares e assim podemos pensar numa concentração de múltiplas funções (desconhecidas) de densidades de pontos encerradas num espaço bem definido.

Os sinais sísmicos são próprios da combinação dos diversos materiais pela qual a onda sísmica viaja. Com efeito, embora a quantidade de tipos de materiais na crosta terrestre seja reduzido, as técnicas de aquisição e tratamento de sinais não são suficientemente acuradas para identificar reservatórios a partir de comparações entre sinais adquiridos e padrões existentes. Em outros termos, cada local responde à sísmica de maneira própria de um específico material e seu tratamento.

O tratamento dos sinais sísmicos adquiridos é complexo. Em outros termos, a análise e interpretação dos sinais sísmicos baseada na visualização dos dados apresenta desafios oriundos da própria resolução absoluta do dado sísmico. Dentre estes desafios salientamos as estruturas fantasmas [4] e a perda do sinal em determinadas coordenadas.

Podemos encontrar na literatura vários estudos sobre dados sísmicos. Por exemplo, a visualização de estruturas formadas pelo sinal real e por algumas de suas transformadas. Várias transformadas são categorizadas na literatura sísmica [5]. Neste artigo optamos por três dentre as existentes, conhecidas como atributos instantâneos: amplitude instantânea, fase instantânea e a frequência instantânea. A amplitude instantânea mede a intensidade da

(*) Bolsista do CNPq

refletividade e está associada à energia do sinal sísmico. A fase instantânea é uma medida de continuidade de um evento. Finalmente, a razão de mudança no tempo do atributo fase é expresso pelo atributo frequência [6].

Os dados utilizados neste estudo são sintéticos derivados de uma situação real. O total de registros utilizados nos processos foi de 772800 distribuídos dentre 8 camadas.

Redes neurais é uma ferramenta largamente utilizada nos estudos dos dados sísmicos [5][7][8].

3. Algoritmo de Kohone e dados sísmicos

Considerando que os dados sísmicos são não lineares, optou-se por um método de redes neurais não supervisionado, o algoritmo de Kohonen [9].

Após experiência empíricas optou-se por uma malha de nove neurônios. Esta quantidade mostrou-se razoável vis-à-vis à quantidade de tipos de corpos sísmicos previamente determinados, compatível a quantidade de estruturas sísmicas esperadas.

A aplicação do algoritmo de Kohonen nos garante a distribuição dos sinais em grupos de tal forma que os valores destes atributos tenham, entre si, uma estrutura topológica de vizinhança. Definir estes grupos formados como estruturas sísmicas é uma medida que requer propriedades. Assim é que identificamos duas propriedades que associamos aos grupos para a determinação de quais se ajustariam ao conceito proposto. A primeira propriedade é a simetria em torno da média, a segunda é a densidade de elementos no grupo.

A simetria em torno da média significa uma distribuição dos valores em torno da média de tal maneira que os valores máximo e mínimo do grupo sejam relativamente equidistantes à média.

A densidade de elementos está associada à distância entre os elementos (vizinhança). Portanto, grupos formados com simetria em torno da média e baixo desvio padrão foram selecionados como denso.

4. Resultados

Os resultados obtidos neste trabalho são descritos em duas partes. Na primeira, é relatada os aspectos gerais da proposta de agrupamento dos dados sísmicos. Na segunda é enfocada, brevemente, uma constatação que se mostra promissora em pesquisas próximas: a detecção de estruturas fantasmas.

4.1. Resultados gerais do agrupamento

A aplicação do algoritmo foi realizada sobre a totalidade dos dados sísmicos. O quadro 1 e a figura 1 mostram um exemplo dos resultados de um processo.

Quadro 1 – Sumário de valores de um processo

N	M	M	M	D	NP
1	64	66	63	58	9667
2	61	62	61	38	1033

3	44	60	58	17	1269
4	66	68	67	51	7119
5	63	64	63	20	4093
6	60	61	60	33	7608
7	69	80	71	14	1443
8	68	69	68	38	4369
9	62	63	62	30	6963

NG- identificação do neurônio,

Min- valor mínimo do atributo sísmico no grupo,

Max- valor máximo,

Med- Media do grupo,

DP- desvio padrão

NP- número de elementos do grupo

(total= 720880)

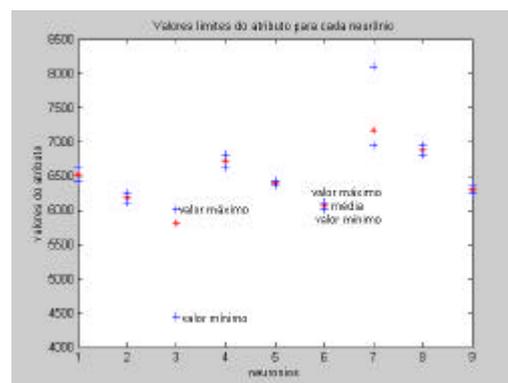


Figura 1 – visualização gráfica do quadro1

A análise dos grupos, considerando os dados do quadro 1, nos permitiu considerar a formação de dois grupos de neurônios.

O primeiro grupo chamamos de “grupo pertinente” pois os componentes deste grupo vinham a propósito do nosso objetivo. Estes grupos são as estruturas sísmicas. O segundo grupo chamamos “não pertinente”. No caso do processo mostrado no quadro 1, os neurônios que pertencem ao grupo pertinente são 1, 2, 4, 5, 6, 8 e 9. Os neurônios 3 e 7 pertencem ao outro grupo.

Aumentar o número de neurônios abandonaria a nossa premissa de aproximação da quantidade de estruturas sísmicas vizinha à expectativa da quantidade de materiais existentes na região de estudo. No entanto, após alguns processos com maior número de neurônios, não foram observadas alterações na característica de diferenciação entre os dois grupos de neurônios.

Aplicamos o mesmo algoritmo às transformadas amplitude, fase e frequência. Nosso objetivo com esta aplicação era o de confrontarmos, somente através dos mapas gráficos (visualmente), os resultados dos atributos originais com os grupos formados com os dados transformados. Todavia, algumas considerações resumem as diferenças verificadas entre os atributos reais e os transformados.

Todos apresentaram os dois tipos de grupos (pertinentes e não pertinentes).

Os desvios padrões das transformadas frequência e amplitude são baixos se confrontados com os outros dois

atributos. A quantidade de elementos em cada grupo é uma característica do atributo.

Dentre as variáveis de posição, aquela que indica a camada é particularmente importante. Uma camada é composta de pontos com coordenadas x, y e z. Embora à

primeira vista uma camada possa parecer volumétrica ela é, na realidade, um plano com a coordenada z indicando a deformidade da camada.

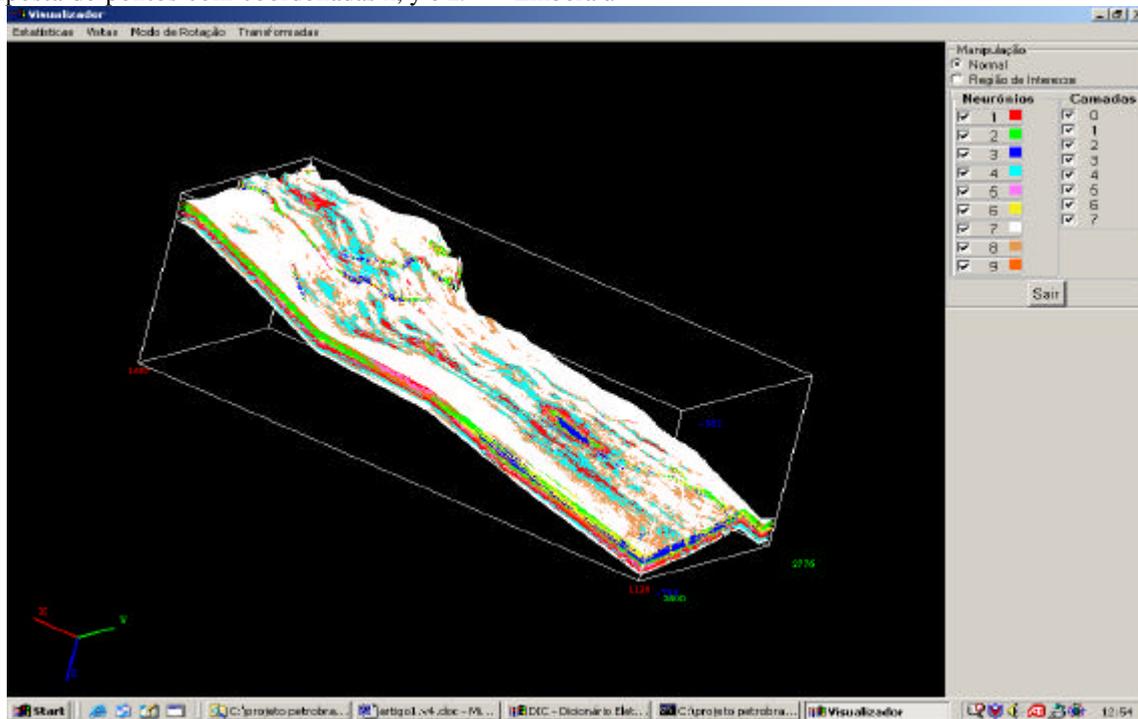


Figura 2 – Conjunto completo dos dados

Como o procesamento considerou todo o conjunto de dados, as estruturas sísmicas encontradas em diferentes camadas possuem as mesmas propriedades. A distribuição dos elementos dos neurônios pelas camadas está descrita no quadro 2. Observamos, por exemplo, que a estrutura sísmica representada pelo neurônio 1 está presente em todas as camadas com uma pequena preponderância na camada 6. Por outro lado, os elementos correspondentes ao neurônio oito estão distribuídos, basicamente, dentre quatro camadas (1, 6, 7 e 8).

	14	533	7778	7102	1443
	1411	7	4	1	
	167	3419	1485	1112	4369
	544	1554	1002	6454	
	1885	1170	602	483	6963

Quadro 2 – Neurônios por camada

	C 1 €	C 2 €	C 3 €	C 4 €	Tota
	4632	5106	2165	726	
	1957	3595	2492	3594	9667
	350	2587	2537	1943	
	1864	9472	3865	317	1033
	353	2686	3555	4555	
	1261	4060	1548	353	1269
	1096	204	58	14	
	3029	1659	3116	9163	7119
	486	5509	3500	1752	
	1381	1026	5203	412	4093
	144	1748	1992	2266	
	9899	4599	1237	134	7608
	6500	2	0	0	

A análise dos dados sísmicos na pesquisa de hidrocarbonetos é fundamentada principalmente no uso de mapas. Portanto, a visualização das formas definidas pelos sinais sísmicos e suas transformadas é fundamental. Neste sentido, a formação de grupos facilita o estudo do posicionamento dos materiais formadores dos corpos estudados. Para uma melhor visualização dos resultados obtidos, atribuímos uma cor para cada neurônio. A figura 2 mostra o conjunto completo dos dados sísmicos. Esta figura ilustra todos os neurônios e todas as camadas. A figura 3 mostra a seleção de dois grupos numa só camada. O objetivo desta facilidade é a de proporcionar uma análise mais detalhada de como diferentes grupos se complementam.

A avaliação de descontinuidade e continuidade das estruturas sísmicas é outra resultante da nossa proposta.

A figura 4 mostra uma vista x y com detalhes de uma continuidade entre duas camadas. Na primeira parte desta figura está mostrado o neurônio 4 na camada 5. Na

segunda parte o mesmo neurônio na camada 6. Finalmente, a última parte compreende as camadas 5 e 6.

A figura 5 mostra um exemplo de descontinuidade de um material na camada 1 permeado com outro material. Inicialmente observamos a camada 1 com todas as estruturas (ou com todos os neurônios). Na segunda parte fazemos a seleção de uma área de interesse para análise. Esta área de interesse é mostrada independente (figura 5, parte 3) e, a seguir, é mostrado um neurônio isolado (figura 5, parte 4) sobre o qual desejamos visualizar a disposição dos seus elementos.

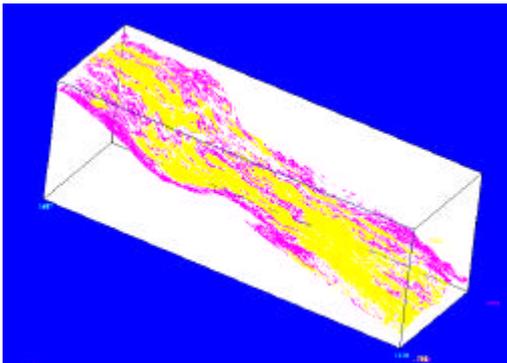


Figura 3 – Vista de 2 neurônios em uma camada

É interessante observar algumas linhas pretas na figura 5 (primeira e segunda partes). Elas correspondem à falta de dados sísmicos no conjunto de dados em estudo.

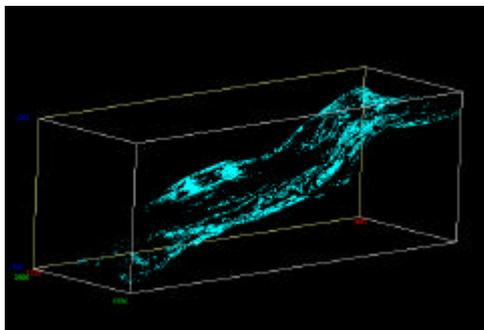


Figura 4 – neurônio 4 camada 5

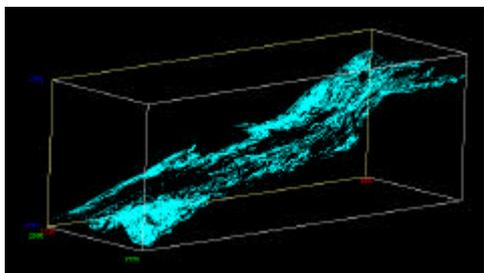


Figura 4 – neurônio 4 camada 6.

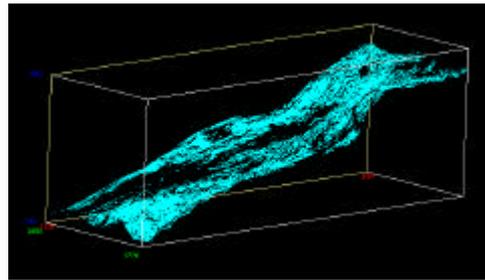


Figura 4 – neurônio 6 camadas 5 e 6

Considerando a mesma área apresentada na janela anterior, podemos confrontar o mapa apresentado ao mapa dos valores da transformada envelope. É o que é mostrado na figura 6. Cuidados especiais nestes contrastes são necessários quando envolvem grupos não pertinentes.

4.2. As estruturas fantasmas

Estruturas fantasmas são resultantes de efeitos relacionados à aquisição sísmica 3D no campo. Este fenômeno, até o momento, não é trivialmente resolvido pelas técnicas existentes de processo dos dados sísmicos e permanece como um grande desafio às tecnologias de processamento de sinal sísmico.

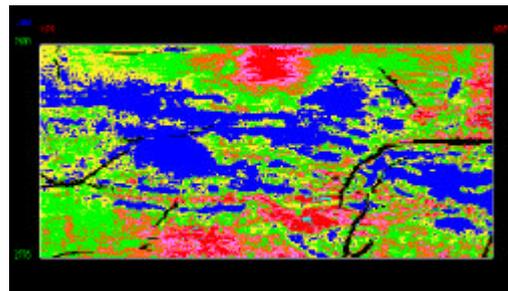


Figura 5 – camada 1 completa

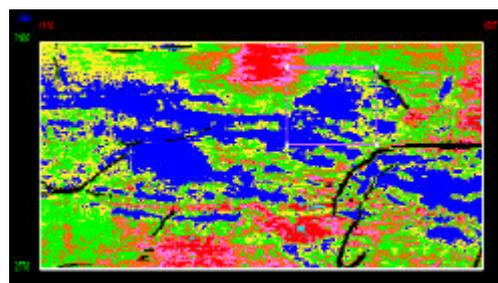


Figura 5 – seleção de uma área de interesse

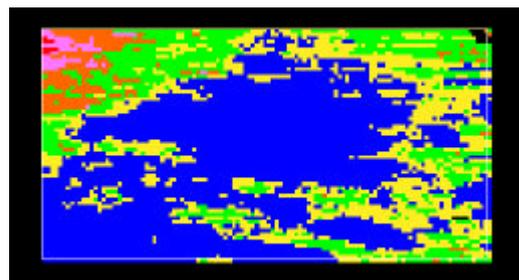


Figura 5 – área de interesse

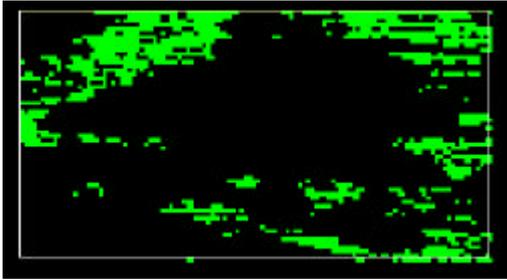


Figura 6 – área de interesse com um só neurônio

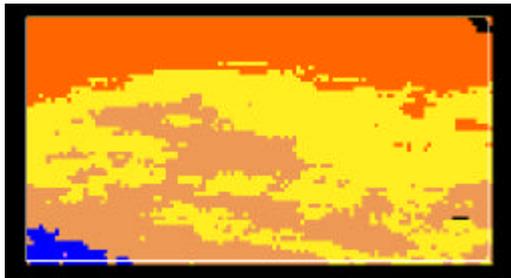


Figura 6 – transformada amplitude

Este fenômeno pode assim ser resumido: múltiplas reflexões de uma mesma onda incidente é captada formando uma imagem espelhada de uma estrutura em falsas camadas diferentes. A figura 7 mostra um exemplo deste tipo de ocorrência detectada no nosso trabalho.

A figura sete mostra a projeção de quatro neurônios. Somente nestes neurônios são verificadas as estruturas fantasmas.

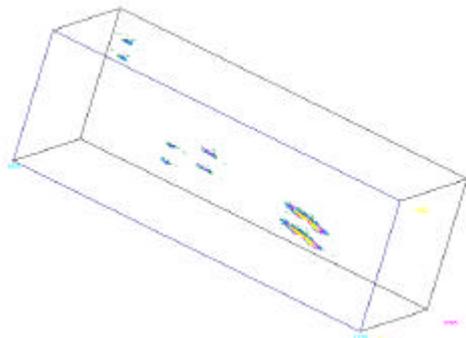


Figura 7 – Exemplo de estruturas fantasmas

5. Conclusões

O objetivo deste trabalho é o de oferecer um modo de identificação de dados sísmicos baseadas em grupos, previamente determinados, que contribua na pesquisa de hidrocarbonetos.

Procura-se aliar duas propriedades para a determinação das estruturas sísmicas. A primeira, simetria na média, é baseada numa propriedade do próprio algoritmo de Kohonen. A segunda, densidade de elementos através do desvio padrão, é relacionada ao próprio conceito estatístico para nossa proposição de grupo.

Considerando trabalhos futuros, algumas sugestões são pertinentes.

Continuidade de corpos é um dos tópicos de grande interesse nas pesquisas com dados sísmicos. Busca-se neste conceito avaliar prolongamentos de canais e outras feições sedimentares que de alguma forma são modelados na visualização dos dados. O método apresentado parece ser um facilitador para este tipo de pesquisa.

No que concerne às estruturas fantasmas, o método proposto de agrupamento dos dados sísmicos facilita a detecção do fenômeno, o que abre, pelo menos, três linhas de atuação aos usuários deste ferramental. A primeira compreende o desenvolvimento de dependências estatísticas internas [10] em ambientes sísmicos que são, por natureza, monovariáveis. Em outros termos, um estudo da variável atributo sísmico deve ser dirigido no sentido de avaliar sub-estruturas internas que se apresentam dependentes de outras. A segunda linha de atuação refere-se à inferência de dados perdidos. Na prática, na medida em que uma estrutura fantasma é reconhecida, uma das imagens refere-se a um “fantasma” que deve ser ignorado ou substituída. Uma estrutura de dados deve ser inferida para substituir os dados perdidos. Finalmente, a terceira linha de atuação compreende o desenvolvimento de estudos de similaridade [11] para a detecção destas estruturas, inserindo desta maneira, uma forma não visual de reconhecimento do fenômeno.

Referências

- [1] Santos, R. A., Lopes, M. R., Cor, C. A. G., Bruhn, C. H.L., “Adaptative Visualization of Deepwater Turbidite Systems in Campos Basin Using 3-D Seismic”, The Leading Edge, May 2000.
- [2] Caers, J., Mukerji, M., “Geostatistical Integration of rock physics, Seismic amplitudes, and geologic models in North Sea turbidite systems”, The Leading Edge, March 2001, 308-312.
- [3] Sheriff, R.E., “Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics”, Society of Exploration Geophysicists, Third Edition, 1991.
- [4] Robinson, E. e Treitel, S., “Geophysical Signal Analysis”, Prentice-Hall, 1980.
- [5] Nikravesh, M., Adams, R.D., Levey, R.A., “Soft computing: tools for intelligent reservoir characterization (IRESC) and optimum well placement (OWP)”, Journal of Petroleum Science and Engineering, 29 (2001) 239-262.
- [6] Yilmaz, O., “Seismic Data Processing”, Society of Exploration Geophysicists, 1987.
- [7] Chang, H-C, Kopasca-Merkel, D.C., Chen, H-C., “Identification of lithofacies using Kohonen self-organizing maps”, Computers & Geosciences 28 (2002) 223-229.
- [8] Chon, T-S, Park, Y-S, Park, J. H., “Determining temporal pattern of community dynamics by using unsupervised learning algorithms”, Ecological Modelling, 132, (2000), 151-166.
- [9] Kohonen, T., “Self-Organizing Maps”, Springer, Third Edition, 2001.

[10] Brock, W.A., Dechert, W.D., Scheinkman, J.A., LeBaron, B., “A Test for Independence Based on the Correlation Dimension”, *Econometric Reviews*, 15(3), 197-235 (1996).

[11] Mitra, P., Murthy, C.A., Pal, S.K., “Unsupervised Feature Selection Using Feature Similarity”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, no. 3, March 2002.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Petrobrás e à FINEP, patrocinadoras do Projeto SISMOSEG3D, através do CTPetro, e também ao Tecgraf/PUC-Rio e ao CENPES pelo suporte oferecido a este trabalho. O Tecgraf/PUC-Rio é um laboratório financiado principalmente pela Petrobrás.

Os autores agradecem à Edinalda M. De Souza pela realização do programa de visualização.