

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

INTEGRAÇÃO ENTRE DADOS MORFOLOGICOS DO FUNDO E TERMO-HALINOS DA COLUNA D'ÁGUA DA PLATAFORMA EXTERNA E TALUDE DAS BACIAS DE PELOTAS E SANTOS EM UM SIG 3D

AUTORES:

M.Sc. Eng. Marcelo Peres de Pinho (ec5mpp@furg.br), Prof. Dr. Lauro Saint Pastous
Madureira(doclsm@furg.br), Prof. Dr. Lauro Júlio Calliari (tsclauro@furg.br)

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Rio Grande - FURG

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºPDPETRO.

INTEGRAÇÃO ENTRE DADOS MORFOLOGICOS DO FUNDO E TERMO- HALINOS DA COLUNA D'ÁGUA DA PLATAFORMA EXTERNA E TALUDE DAS BACIAS DE PELOTAS E SANTOS EM UM SIG 3D

Abstract

The huge capacity of data storage and processing of the current computers makes virtual reality and geoprocessing a valuable tool in science. Considering this facility and the considerable volume of oceanographic data available in Brazil, there are no reports of mapping tool that integrate such information in a single, three-dimensional and dynamic computational environment, with the possibility of interference and direct interaction user in the interpretation of oceanographic information. The knowledge of the environmental and bottom characteristics is essential for several activities related with Oceanography, Ocean Engineering, environmental defense agencies and, specially, the oil industry, which gathers data for Environmental Diagnostics and resources evaluation, beyond tools for primary visualization of interest regions. This work integrates in a GIS (Geographic Information System) 3D, sedimentological and seabed acoustic backscatter information and oceanographic data from 479 stations carried out in three cruises, between Chuí-RS (34°S) and Cape São Tomé – RJ(22°S). The bathymetric grid was built from 5.397,090 recordings from six cruises of acoustics assessment as well as satellite altimetry and ships of opportunity data. From this grid a 3D virtual representation of the seabed of the study area was generated, using the language for description of three-dimensional interactive environments X3D. Bottom features such as Rio Grande Cone, Rio Grande Terrace and São Paulo Plateau, were identified. Water masses and major oceanographic features were identified from the environmental data set. Seabed acoustic backscatter and sedimentological information demonstrated a significant correlation. The GIS 3D proved to be a more valuable tool than static two-dimensional representations which often limit the observer to viewpoints not always favorable to the observation of details and interpretation of information. The integration of a large number of complex variables in this work generated a product which facilitates the interpretation of oceanographic information to users not familiar with the marine environment. This confirms the versatility of the 3D representation and demonstrates that it is not only an attractive way of displaying data, but effectively, a tool with potential application to education and environmental decision making.

Introdução

À medida que aumenta a procura de recursos renováveis e não renováveis no ambiente oceânico aumentará a demanda por estudos neste ambiente. A inclusão da variável ambiental na viabilidade técnica e econômica por parte das concessionárias que venham a adquirir blocos licitados é necessária, não só para a geração do subsídio de informações para os diagnósticos e licenciamentos mas também para a definição das melhores tecnologias de exploração e produção de petróleo e gás natural. Assim, o conhecimento sobre o ecossistema dessas regiões e dos fatores dinâmicos que interagem com o mesmo, em diferentes escalas espaciais e temporais, é fundamental para o seu manejo e preservação, dentro das limitações impostas pelas diretrizes estabelecidas pelos órgãos ambientais que, por sua vez, também necessitam desse subsídio de informações para definição e revisão do nível de exigência dessas diretrizes.

Estudos que possibilitem o conhecimento do ambiente oceânico a partir do entendimento da dinâmica das variáveis que o controlam, são fundamentais a medida que o aumento da procura pelos recursos renováveis e não renováveis neste ambiente exige o desenvolvimento de políticas de Gerenciamento Oceânico. Neste contexto, o manejo sustentável dos recursos deve ser fundamentado na maior quantidade de informações possível a respeito do ambiente onde serão explorados.

Atualmente a integração de grandes volumes de dados é facilitada pelos sistemas do tipo SIG (Sistema de Informação Geográfica) que surgiram e têm evoluído de simples auxiliares para a confecção de mapas a importantes ferramentas de auxílio a tomada de decisão, extração de informação, geração de cenários e gerenciamento de recursos naturais renováveis e não renováveis. O desenvolvimento destes sistemas e o incremento significativo nas capacidades de processamento e armazenamento de dados dos computadores atuais possibilitaram o desenvolvimento e utilização de recursos como o geoprocessamento e a realidade virtual. Neste contexto foi desenvolvida no Lab. de Tecnologia Pesqueira e Hidroacústica do IO/FURG, uma ferramenta computacional no formato de um SIG 3D, capaz de integrar dados de diferentes fontes e formatos em um ambiente computacional interativo.

Dados batimétricos, sedimentológicos e de retroespalhamento acústico de fundo, além de dados termo-halinos, obtidos com aparelho de CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*) em 479 estações oceanográficas, realizadas em três cruzeiros de pesquisa, entre 1996 e 1997, foram integrados neste SIG.

A área de estudo foi a Margem Continental Sul Brasileira, limitada ao sul pelo Chuí-RS (33°45' S) e ao norte pelo Cabo de São Tomé - RJ (22°00' S), na região que compreende as bacias de Pelotas e Santos (Fig. 1).

Metodologia

Mapa Batimétrico

A malha batimétrica foi criada a partir de dados acústicos e de altimetria por satélite. Os dados acústicos são provenientes de seis cruzeiros de prospecção acústica pesqueira realizados ao longo da costa brasileira entre os anos de 1995 e 2001, totalizando 14.596 mn (~ 27.032 km). Em todos os cruzeiros o esforço amostral se deu ao longo de desenhos amostrais previamente definidos que incluíam *transects* em letra grega e *zig-zag* (Fig. 1). O espaçamento entre os *transects* perpendiculares a costa foi de 20 mn para todos os cruzeiros.

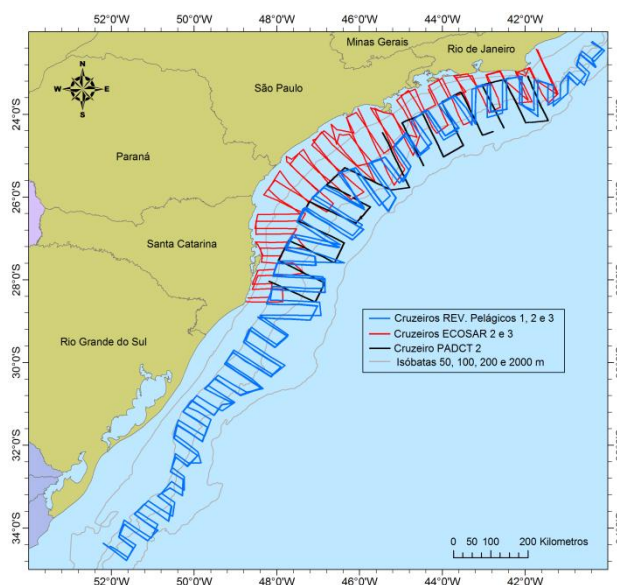


Figura 1 – Área de estudo e os cruzeiros de prospecção acústica pesqueira.

Para a coleta dos dados foi utilizada ecossonda científica Simrad modelo EK500, calibrada utilizando-se esfera de Carbetto de Tungstênio, conforme metodologia descrita por Foote (1982) e modificada por MacLennan & Simmonds (2005). Os equipamentos operaram na frequência de 38 kHz e os parâmetros configurados nas mesmas permaneceram constantes ao longo da realização do

cruzeiro. Maiores detalhes sobre a metodologia acústica podem ser encontrados em Madureira *et al.* (2005).

Cruzeiros de prospecção acústica pesqueira não objetivam, em primeiro plano, a aquisição de dados batimétricos, mas sim o mapeamento da distribuição e abundância de espécies de interesse comercial e ecológico. Assim, embora sejam de excelente qualidade, os dados batimétricos de cruzeiros de prospecção acústica pesqueira geralmente são adquiridos sob uma malha com grande espaçamento (da ordem de 10 a 20 mn) entre perfis, o que impede a elaboração de mapas batimétricos detalhados, baseados exclusivamente nestes dados. Assim torna-se necessário a utilização de dados de outras fontes a fim de completar a malha batimétrica.

Com o objetivo de adensar a malha batimétrica foram acrescentados dados de altimetria obtidos por satélite, obtidos através de um sensor de microondas instalado em uma plataforma orbital que varre aproximadamente 90% dos oceanos. A medição da profundidade é indireta e é função da variação de altura da superfície do oceano induzida pela influência do campo gravitacional do relevo submerso (geóide). Os dados utilizados foram publicados por Smith & Sandwell (1997) e estão disponíveis em <http://topex.ucsd.edu/>.

As medições realizadas com o método gravimétrico sobre a plataforma e talude apresentam grande incerteza vertical. Os valores de gravimetria sofrem forte influência onde há maior incidência de sedimentos de origem continental. Esta incerteza vertical ainda não foi quantificada com precisão (Sandwell *et al.*, 2002). Por este motivo, os autores decidiram incorporar aos dados altimétricos satelitais, dados batimétricos obtidos por navios de ocasião. Deste modo, pôde-se gerar uma malha batimétrica sobre a plataforma e talude da área de estudo com boa consistência de informações.

O banco de dados final reuniu dados batimétricos e altimétricos satelitais, com um total de 5.397,090 leituras, e foi usado como entrada para uma rotina de processamento de dados. Esta rotina usou as facilidades dos programas do pacote GMT – *Generic Mapping Tools* (Wessel & Smith, 1998). Após filtragem os dados foram interpolados para uma malha amostral com resolução de 30 segundos de grau (aproximadamente 926 m) por uma rotina de curvatura contínua “*spline*” com tensão, conforme metodologia descrita em Smith & Wessel (1990) e utilizada por Ferreira *et al.* (2005).

Modelagem 3D

Para a construção do ambiente interativo 3D foi utilizada a linguagem X3D. Um *script* X3D é um arquivo ASCII com uma extensão “.x3d”, que pode ser editado em qualquer editor de texto. O padrão X3D facilita a separação de conteúdo por formatação, proporcionando uma maior simplicidade, legibilidade e o compartilhamento de conteúdo pela internet, podendo ser visualizado através de um browser, ou em um visualizador. A representação 3D do mapa batimétrico base, sobre o qual as diversas informações foram integradas, foi gerada com um exagero vertical de 40 vezes, a fim de destacar as principais feições de fundo, tornando-as mais visíveis para o observador.

Dados ambientais

Neste trabalho foram utilizados dados de temperatura e salinidade, em função da profundidade, obtidos com aparelho de CTD em 479 estações oceanográficas realizadas durante os cruzeiros REVIZEE (Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva), entre o Chuí e o Cabo de São Tomé. A coleta dos dados seguiu a mesma metodologia durante os três cruzeiros, com estações sendo realizadas no início e fim dos perfis e, entre essas posições, em distâncias não maiores do que 20 mn.

Foi utilizado um aparelho de CTD modelo *Sea-bird* SBE-19. Os dados foram filtrados e padronizados a partir dos arquivos brutos. Os arquivos foram organizados por *transects* a fim de gerar

perfis de temperatura e salinidade perpendiculares a costa. Os perfis foram gerados utilizando-se o algoritmo de interpolação *krigging* e as ferramentas de visualização gráfica do software *Surfer* v. 8.0.

Faciologia

Neste trabalho foram utilizadas as cartas de sedimentos de fundo geradas por Dias *et al.* (2004) no âmbito do Programa REVIZEE. Estas cartas de sedimento contêm aproximadamente 28.000 informações de amostras obtidas junto ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO/DHN) e aproximadamente 500 amostras oriundas de expedições do REVIZEE.

A amostragem de sedimentos superficiais foi realizada com busca-fundos diversos e dragas, lançadas a partir de navios da Marinha do Brasil e de embarcações de instituições de pesquisa. As amostras das expedições do Programa REVIZEE foram analisadas em laboratórios para caracterização sedimentar, incluindo análise granulométrica e avaliação de teores de matéria orgânica e carbonato de cálcio (Dias *et al.* 2004). As diversas cartas geradas a partir destes dados foram integradas em um mapa cobrindo toda a área de estudo. Este mapa foi sobreposto à superfície batimétrica 3D.

Retroespalhamento acústico do Fundo

O retroespalhamento acústico (*backscatter* - BS) do fundo oceânico é determinado pelo coeficiente de reflexão, que por sua vez é função da impedância acústica do meio (água) e do refletor, nesse caso o fundo (MacLennan & Simmonds, 2005). O BS é influenciado pelas características do fundo tais como irregularidades e propriedades físicas e químicas. Formas sedimentares como marcas de ondulação, a textura das rochas e os organismos que vivem no fundo também influenciam no sinal. Os dados de BS utilizados foram adquiridos durante o cruzeiro da série REVIZEE realizado no verão de 1997. Os dados foram agrupados em quatro classes, de acordo com a classificação feita por Figueiredo & Madureira (2004) e adotada por Cooke *et al.* (2007). São elas: -5 até -10 dB: (representada nos mapas pela cor vermelha - máximo retroespalhamento acústico); -10 até -15 dB (cor amarela); -15 até -20 dB (cor verde) e < -20 dB (cor azul - mínimo retroespalhamento acústico). Os dados classificados foram utilizados na confecção de um mapa contendo também os dados sedimentológicos. Este mapa foi sobreposto sobre a superfície batimétrica 3D.

Resultados e Discussão

A disposição espacial das diversas informações e o cruzamento entre elas pode ser observada a partir de diferentes ângulos de visada. Desde os mais abertos, com o objetivo de visualizar os dados em um contexto amplo, até visões gradativamente mais fechadas em regiões de interesse do observador. À medida que navega na interface, o observador “entra” na representação 3D, aproximando-se cada vez mais do ponto de interesse, onde deseja visualizar os dados em detalhe. Esta dinâmica no acesso aos dados facilita a interpretação dos mesmos e, por consequência, maximiza e qualifica a geração de informações.

Comparando o mapa batimétrico gerado com os mapas de Chaves (1979) foi possível identificar e observar em detalhes e de diferentes ângulos, as principais feições de fundo existentes na área de estudo, como o Cone do Rio Grande, encontrado mais ao sul, seguido pelo Terraço do Rio Grande, ao largo de Torres, e outras feições ao longo do talude da margem continental sul brasileira, além do Platô de São Paulo (Fig. 2).

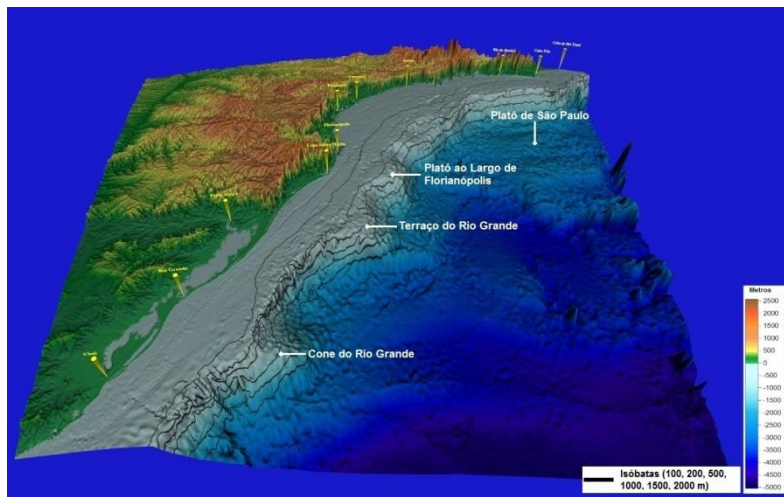


Figura 2 – Visão geral do mapa batimétrico base destacando as principais feições de fundo.

Neste trabalho foram gerados 308 perfis de temperatura e salinidade perpendiculares à costa divididos entre três cruzeiros, realizados na área de estudo em diferentes estações do ano. Os dados ambientais integrados à representação 3D interativa permitiram identificar processos oceanográficos, como ilustrado na Fig. 3, onde pode ser observado um evento de ascensão de ACAS (Água Central do Atlântico Sul) até próximo a superfície, ao largo de Cabo Frio (RJ). Este evento foi identificado nos dados do cruzeiro realizado no outono de 1997. Na Fig. 3 (A) e (B) pode ser observada a presença de águas com temperaturas inferiores a 13°C e salinidades de até 35,5, chegando aos 60 m de profundidade. Pode-se observar na figura que as isothermas sofrem uma deflexão em direção a superfície, indicando que as águas mais frias e ricas, tendem à superfície naquele setor.

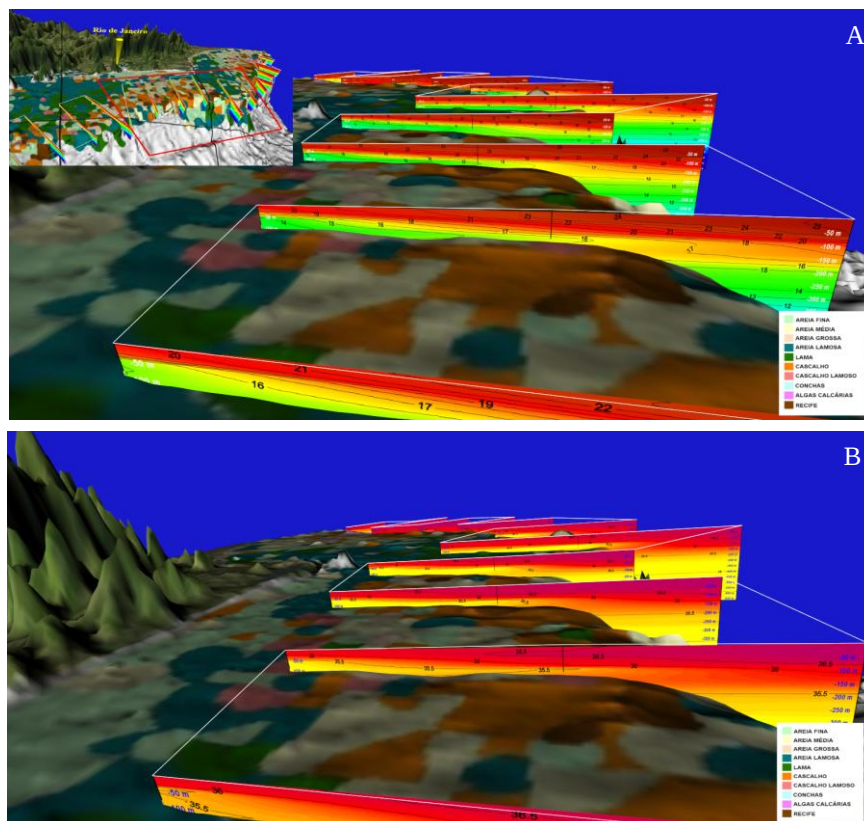


Figura 3 – Visão em detalhe, com perfis de temperatura (A) e salinidade (B) do Cruzeiro REVIZEE 2, além de dados batimétricos e sedimentológicos.

A representação 3D permitiu também a identificação de áreas com considerável correspondência entre o BS e sedimentologia, conforme pode ser observado na Fig.4 (A) e (B).

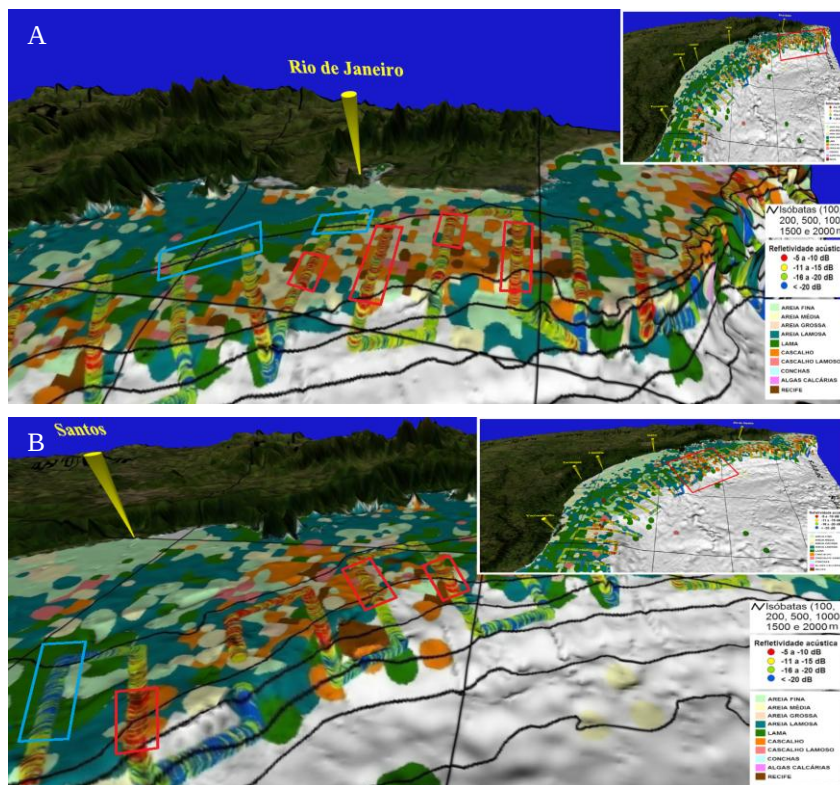


Figura 4 — Áreas ao largo de Cabo Frio (A) e de São Sebastião (B) com correspondência entre dados de BS e sedimentológicos. As áreas com fundos duros e altos valores BS estão indicados em vermelho e fundos lamosos com baixos valores BS estão indicados em azul.

Conclusões

A representação 3D desenvolvida proporcionou maior velocidade e eficiência na análise integrada dos dados e geração de informações, e não representa somente uma visualização mais atraente mas funcional, na qual se pode correlacionar espacialmente as diversas fontes de dados. A integração de dados de diferentes naturezas em um sistema comum de visualização, eficiente e de fácil manuseio, representa um grande desafio. A possibilidade de “navegação” em um ambiente 3D interativo é altamente vantajosa, principalmente, se comparada às representações clássicas 2D.

O mapa batimétrico gerado representa, por si só, uma melhora significativa em relação aos mapas gerados anteriormente com os mesmos dados. A partir dele foi possível identificar de forma mais evidente as principais feições de fundo presentes na área de estudo, tais como: o Cone do Rio Grande, o Terraço do Rio Grande e o Platô de São Paulo. O mesmo é válido para as diversas informações incluídas na representação virtual 3D, em especial a sedimentologia, que pôde ser analisada sobre a superfície batimétrica tridimensional.

A transmissão de informações para usuários não familiarizados com o ambiente marinho e as informações sob análise se mostrou eficiente, confirmando a versatilidade da representação 3D e demonstrando que a mesma é uma ferramenta potencial para fins educativos e de tomada de decisões.

No contexto da pesquisa e exploração petrolífera no Brasil, esta ferramenta poderá ser um importante instrumento para a geração de informações, para os diagnósticos ambientais, visando o licenciamento de atividades exigido pela legislação brasileira e à avaliação de recursos. A ferramenta poderá ser utilizada para a visualização primária de regiões de interesse, permitindo a extração de informações sedimentológicas e geomorfológicas do fundo, a identificação de áreas de fundos lisos ou irregulares e a distribuição dos mesmos no leito oceânico.

Agradecimentos

À Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, ao Programa de Recursos Humanos (PRH) 27, ao comandante Homero Poujeaux Alvariza e a tripulação do N.Oc. Atlântico Sul e a toda equipe do Lab. de Tecnologia Pesqueira e Hidroacústica da FURG.

Referências Bibliográficas

CHAVES, H. A. F. Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. **Relatório final – Projeto REMAC**, Ed. RJ, PETROBRAS <CENPESM DINTEP, 177p, 1979.

COOKE, C. V.; MADUREIRA, L. S. P.; GRIEP, G. H.; PINHO, M. P. Análise de dados de eco sondagem de fundo oriundos de cruzeiros realizados entre Fortaleza(CE) e Chuí(RS) com enfoque na morfologia e tipos de fundo. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, n. 4, p. 443-457, 2007.

DIAS, G. T. M.; EL ROBRINI, M.; FREIRE, G. S. F.; FIGUEIREDO, A. G.. Cartas de Sedimento de Fundo. Áreas da Oceanografia Geológica (Sul, Central, Nordeste e Norte) - Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos recursos vivos na Zona Econômica Exclusiva. **Série Documentos Técnicos do Programa REVIZEE Score- Sul**. São Paulo, Instituto Oceanográfico – USP, 2004.

FERREIRA, S. C.; MADUREIRA S. P. L.; KLIPPEL, S.; WEIGERT, S. C.; HABIAGA, R. G. P.; DUVOISIN A. C.. Mapas do relevo marinho das regiões sudeste, sul e central do Brasil: acústica e altimetria por satellite. **Série Documentos Técnicos do Programa REVIZEE Score- Sul**. São Paulo, Instituto Oceanográfico – USP, 40 p, 2005.

FIGUEIREDO, A. G.; MADUREIRA S. P. L. Topografia, composição, refletividade do substrato marinho e identificação de províncias sedimentares na Região Sudeste-Sul do Brasil. **Série Documentos Técnicos do Programa REVIZEE Score-Sul**. São Paulo: IO – USP 64 p, 2004.

FOOTE, K. G.. Optimizing copper spheres for precision callibration of hydroacoustic equipment. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 22, n. 44, p. 151-156, 1982.

MACLENNAN, D.N.; SIMMNODS, E.J. **Fisheries Acoustics**. Chapman&Hall. Fish and Fisheries. London, 2005.

MADUREIRA, L. S. P.; VASCONCELLOS, M. C.; WEIGERT, S. C.; HABIAGA, R. P.; PINHO, M. P.; FERREIRA, C. S.; DUVOISIN, A. C.; SOARES, C. F.; BRUNO, M. A.. In: MADUREIRA, L. S. P.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.. Prospecção de recursos pesqueiros pelágicos na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil. **Série Documentos Técnicos do Programa REVIZEE Score-Sul**. São Paulo, IO – USP, p. 63-141, 2005.

SANDWELL, D.T.; GILLE, S.T.; SMITH, W. H. F.. **Bathymetry from Space: Oceanography, Geophysics, and Climate, Geoscience Professional Services, Bethesda**, Workshop, Maryland, 24 p, junho, 2002. Disponível em: <http://www.igpp.ucsd.edu/bathymetry_workshop>. Acesso: Abril/2008.

SMITH, W. H. F.; SANDWELL, D. T.. Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. **Science**, n. 277, p. 1956-1962, 1997.

SMITH, W. H. F.; WESSEL, P.. Gridding with continuous curvature splines in tension. **Geophysics**, n. 55, p. 293-305, 1990.

WESSEL, P.; SMITH, W. H. F.. New, improved version of Generic Mapping Tools released. **EOS Transactions American Geophysical Union**. v.79, n. 47, p.579, 1998.