

## Sísmica rasa e sonar de varredura lateral aplicados a projetos de dragagem e derrocagem submarina

Roberto Bianco<sup>1</sup>; Luiz Antonio Pereira de Souza<sup>2</sup>, e Antonio Geraldo Neves da Cunha<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Instituto de Pesquisas Hidroviárias – INPH; <sup>2</sup>Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT;

<sup>3</sup>MICROARS Consultoria e Projetos Ltda

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8<sup>th</sup> International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper were reviewed by The Technical Committee of The 8<sup>th</sup> International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

This paper presents a situation in which shallow seismic and side scan sonar techniques have been successfully used in order to provide information for a dredging and submarine blasting project. It is not intended to be the definite word on the subject, rather to emphasize and to recommend the extensive application of these useful tools in similar cases.

### Introdução

Sabe-se que a existência de rochas situadas em áreas próximas a canais de navegação e zonas portuárias pode, muitas vezes, ocasionar a necessidade de estudos que subsidiem obras de aprofundamento e de ampliação da infraestrutura aquaviária, a fim de permitir o tráfego de navios com maior calado.

Na Baía de Paranaguá, no Estado do Paraná, são encontradas rochas cristalinas antigas, de idade pré-cambriana, constituindo morros e ilhas isoladas, representadas, entre outras, por micaxistos, migmatitos, gnaisses e granitos associados, muitas vezes cortados por diques de diabásio e diorito pórfiro, de idade jurássica.

Com a finalidade de atender a projetos de dragagem de aprofundamento e de derrocagem submarina, foram executados levantamentos através de perfilmagem sísmica contínua, sonar de varredura lateral e batimetria, visando o detalhamento de uma área de ocorrência de rochas submersas, nas proximidades do Porto de Paranaguá.

### Metodologia

A perfilmagem sísmica contínua baseia-se no princípio da reflexão de ondas acústicas, aproveitando a existência de contrastes de impedância acústica entre os diferentes meios físicos e explorando os contrastes de velocidade e densidade, existentes entre os estratos.

Ao ocorrerem contrastes de impedância acústica entre dois meios distintos, reflexões dessa interface são recebidas por sensores (hidrofones) na superfície, que enviam sinais pré-amplificados a um sistema de filtragem e amplificação final, para então serem registrados em papel eletro-sensível, de acordo com seus tempos de chegada. A figura 1, a seguir, mostra a geometria

utilizada na técnica de perfilmagem sísmica contínua.

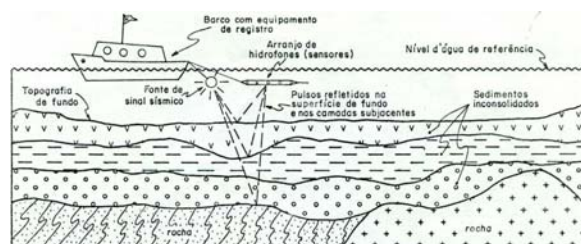


Figura 1: Geometria da técnica de perfilmagem sísmica contínua (Souza, 1988).

O princípio da técnica de sonografia pode ser descrito como um sinal sonoro, emitido em intervalos regulares de tempo, por dois transdutores submersos e dirigidos para ambos os lados da superfície de fundo, ambos atuando como emissores e receptores, independentemente, conforme ilustra a figura 2, que representa, de maneira esquemática, o princípio do método.

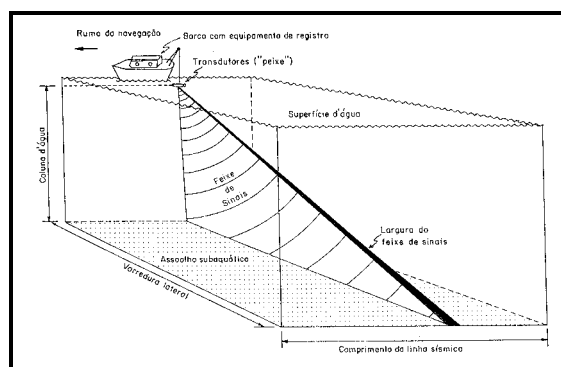


Figura 2: Princípio do método de sonografia (Belderson, 1972, adaptado por Souza, 1988).

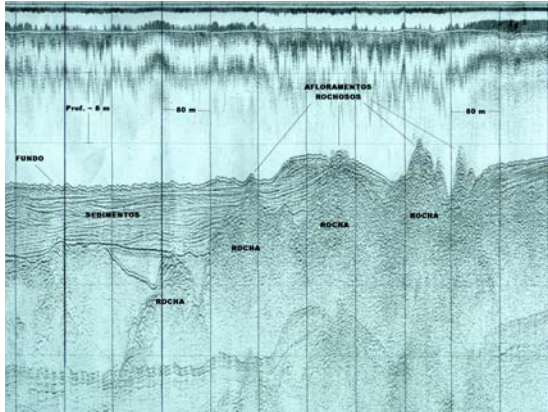
Os sinais recebidos da superfície do fundo, são gravados à medida que chegam ao registrador, compondo uma imagem do fundo da área investigada, que mostra padrões que apresentam maior ou menor intensidade, em função da variação da rugosidade da superfície refletora, permitindo a caracterização litológica e estrutural do assoalho subaquático.

Por constituírem-se em técnicas indiretas de investigação de áreas submersas, é muito importante correlacioná-las, sempre que possível, com informações complementares, que podem ser obtidas, por exemplo, a partir de sondagens geotécnicas e amostragens superficiais de fundo.

### Resultados

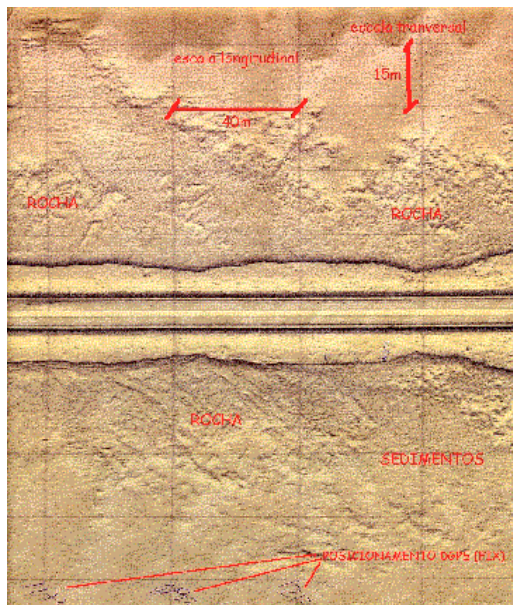
Considerando o objetivo prioritário em subsidiar projeto

de derrocagem e remoção de rochas na área das Pedras das Palanganas, a interpretação dos sismogramas foi principalmente direcionada à identificação de refletores, cujos padrões acústicos pudessem ser associados ao embasamento rochoso, como pode ser visto na figura 3, mapeando-se, dessa forma, uma faixa alinhada na direção NW-SE, na parte mais central da área investigada.



**Figura 3:** Exemplo de registro sísmico obtido no Porto de Paranaguá, mostrando refletores correlacionáveis aos estratos sedimentares e ao embasamento acústico na área.

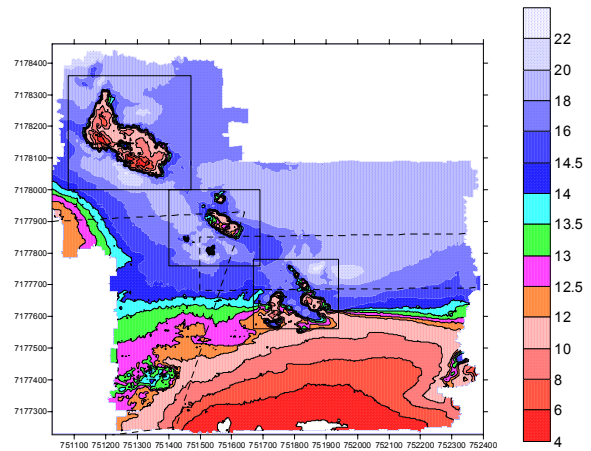
Com a análise dos registros de sonar de varredura lateral (exemplo ilustrado na figura 4), foram mapeados os contornos das áreas de afloramentos rochosos, integrando-os aos produtos obtidos das análises das plantas batimétricas e de interpretação sísmica.



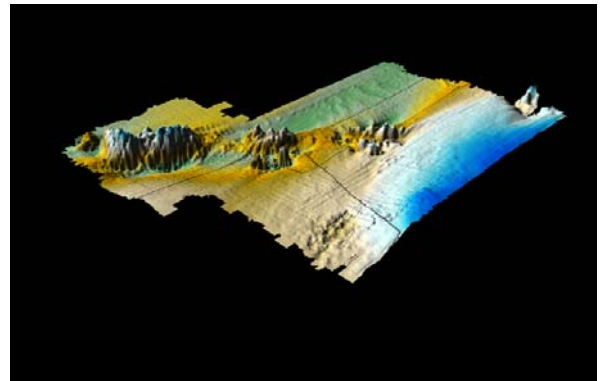
**Figura 4:** Exemplo de registro sonográfico obtido na área investigada.

A partir da integração dos dados sísmicos, batimétricos e sonográficos, coletados na área investigada, foram elaborados modelos da superfície rochosa, de espessura de sedimentos e de superfície de fundo, representados graficamente por modelos em 2D e 3D, mostrados nas

figuras 5 e 6, que auxiliaram na determinação dos volumes de rochas, até os níveis de interesse.



**Figura 5:** Modelo da área levantada em 2D (relevo de fundo atual até setembro/2002).



**Figura 6:** Modelo da área investigada em 3D (relevo de fundo atual até setembro/2002).

A qualidade obtida, nestes modelos, para a sua utilização nos cálculos de volumes de rocha, está expressa no desvio padrão inferior a 12cm, dos pontos que o compõem em relação aos valores adquiridos na pesquisa.

A dificuldade na obtenção de valores menores para este desvio padrão deve-se ao fato de que estas áreas possuem um relevo de acentuada irregularidade, característica do tipo de rochas e processos geológico-estruturais que atuaram na formação e evolução desses fundos, ressaltando-se, entretanto, que tal desvio situa-se dentro do erro esperado para o processo de aquisição de dados com a instrumentação utilizada.

O programa empregado para a realização dos cálculos de volumes foi o SURFER 8, tendo sido utilizados, para a obtenção dos modelos digitais, os métodos Kriging e Triangulação.

### Conclusões

As técnicas geofísicas de perfuração sísmica contínua (sísmica rasa), sonar de varredura lateral e batimetria constituem-se em ferramentas extremamente eficientes no apoio ao desenvolvimento de projetos de engenharia

de dragagem e derrocagem submarina, não só pela rapidez na execução dos ensaios, mas pela possibilidade da otimização na execução de ensaios diretos como sondagens ou amostragens de fundo.

Ressalta-se ainda que estas metodologias geofísicas de investigação de áreas submersas rasas, pela possibilidade de maior abrangência em área e a relativa rapidez na execução, conferem substancial economia de tempo, e conseqüentemente de investimento financeiro, dispendidos pelo empreendedor.

#### Referências

- GALLEA, C. G.; SOUZA, L. A. P. & BIANCO, R. 1989. A geofísica Marinha de alta resolução: características e aplicações. In: II Congresso da Sociedade Brasileira de Geofísica, Rio de Janeiro (RJ), Boletim de Resumos, p. 176-197.
- MAHIQUES, M M & SOUZA, L A P. 1999. Shallow seismic reflectors and upper Quaternary sea level changes in the Ubatuba region, São Paulo State, southeastern Brazil. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 47(1): 1-10, 1999.
- MARTIN, L. 1988. Mapeamento geológico ao longo da costa brasileira. In: Anais do Simpósio "Depósitos Quaternários das Baixadas Litorâneas Brasileiras: Origem, Características Geotécnicas e Experiências de Obras". Vol. 1 - pp. 2.1-2.29. ABMS/ABGE/IPR/Clube de Engenharia.
- MASSAD, F. 1988. História geológica e propriedades dos solos das baixadas; comparação entre diferentes locais da costa brasileira. In: Anais do Simpósio "Depósitos Quaternários das Baixadas Litorâneas Brasileiras: Origem, Características Geotécnicas e Experiências de Obras". Vol. 1 - pp. 3.1-3.34. ABMS/ ABGE/IPR/ Clube de Engenharia.
- SOUZA, L A P; Campagnoli F. & Garcia F.C.V. 1999. Geofísica aplicada ao estudo de portos e rotas de navegação. 6º Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica. Rio de Janeiro , agosto de 1999.
- SOUZA, L. A. P. & MAHIQUES, M. M. de. 1991. Sísmica de alta resolução aplicada à sedimentação na região costeira de Ubatuba (SP). In: Simpósio sobre Oceanografia, 2, Instituto Oceanográfico da USP, 1991. Boletim de Resumos.
- SOUZA, L. A. P. & TESSLER, M. G. T. 1992. Levantamentos geofísicos na planície costeira Cananéia-Iguape. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 37, São Paulo, SP, Boletim de Resumos Expandidos, v.1, p.195-196
- SOUZA, L. A. P. 1984. Side scan seafloor mapping on Tanegashima Western offshore area. Publicação Interna do Serviço Geológico do Japão, 1984, p.13-35.
- SOUZA, L.A.P. 1988. As técnicas geofísicas de Sísmica de Reflexão de Alta Resolução e Sonografia aplicada ao estudo de aspectos geológicos e geotécnicos em áreas submersas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém, P0A, 1988, SBG, v.4 p.1551-1564.
- SOUZA, L.A.P. 1998. Exemplos de utilização de métodos geofísicos na investigação de áreas submersas. II Encontro Regional de Geotecnia e Meio Ambiente / II Workshop de Geofísica Aplicada. Rio Claro, 19-20 novembro de 1998. CD ROM.
- SOUZA, L.A.P.; SILVA R.F.& IYOMASA, W.S. 1998. Métodos de Investigação. In: Oliveira, A.M.S.& Brito S.M.A. (Eds.). Geologia de Engenharia. São Paulo : ABGE, 1998. Cap. 11. Publicação IPT 2551.
- SUGUIO, K. 1988. Influências das flutuações do nível relativo do mar e da deriva litorânea de sedimentos na formação dos plainos costeiros quaternários do Brasil. In: Anais do Simpósio "Depósitos Quaternários das Baixadas Litorâneas Brasileiras: Origem, Características Geotécnicas e Experiências de Obras". Vol. 1 - pp. 1.1-1.8. ABMS/ ABGE/IPR/Clube de Engenharia.