



“O Projeto visa obter uma melhor compreensão da propagação da energia acústica no mar e melhor caracterização do canal acústico submarino, usando como área piloto a região de Cabo Frio.”

Projeto de Propagação Acústica Submarina - PROPENERG

Desenvolvimento de Banco de Dados: Ruídos Ambientais e Parâmetros Geoacústicos Submarinos

PS-NS Fabio Contrera Xavier: Mestrando em Engenharia Oceânica pela COPPE/UFRJ. Divisão de Comunicações Submarinas - IEAPM.

CC Felipe Messias Gonçalves Lourenço: Mestre em Física Marinha Aplicada pela RSMAS/UMIAMI. | Divisão de Propagação Acústica - IEAPM.

CMG (RM1-T) Marcus Vinícius da Silva Simões: Doutorando em Eng. Oceânica pela COPPE/UFRJ. | Grupo de Acústica Submarina - IEAPM.

Bolsista (CNPq) Houston dos Santos Fernandes: Graduado em Sistemas de Informações pela UNESA. | Divisão de Propagação Acústica - IEAPM.

SO-EL (RM1) Raimundo Nonato Albuquerque: Especialista em instalações de sistemas acústicos. | Divisão de Propagação Acústica - IEAPM.

Grande parte dos sistemas acústicos de detecção e auxílio à navegação tem como parâmetros de extrema valia em suas tecnologias, o nível de ruído ambiente e os parâmetros geoacústicos do fundo marinho. O ruído ambiente submarino sofre influência de alguns fenômenos, tais como: distúrbios sísmicos, agitação da superfície do mar, ruídos biológicos e, obviamente, do ruído produzido pelos humanos, chamado de ruído antropogênico [1]. Além disso, os níveis de ruído ambiente são claramente associados à posição geográfica, às características das transmissões acústicas (intensidade e frequência) e às estações do ano [2].



Outro fator importante para esses sistemas são as fronteiras do oceano (superfície e fundo marinhos). Podemos elencar o fundo, tanto seu relevo como suas propriedades geoacústicas, como uma das fronteiras mais relevantes na propagação acústica. Tais características afetam as transmissões acústicas, pois ocasionam perdas na intensidade dos sinais transmitidos, além de mudarem a direção de propagação das ondas sonoras provocando o efeito de múltiplos percursos [3]. Sendo assim, a robustez dessa categoria de sistema depende do nível de ruído ambiente na área de atuação [4].

Com o crescimento das atividades na área de acústica submarina nos últimos anos dentro do Grupo de Acústica Submarina do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (GAS/IEAPM) e o aumento do número de experimentos para o desenvolvimento das comunicações acústicas submarinas na Marinha do Brasil, o GAS criou o projeto para estudo da Propagação da Energia Acústica no Ambiente Submarino - PROPENERG. Neste projeto foram implementados dois Bancos de Dados com capacidade de armazenar e recuperar um volume considerável de informações brutas sobre o canal acústico submarino, fundo e subfundo marinhos, visando apoiar os experimentos e otimizar o uso de variados modelos que simulam a propagação acústica.

Banco de Dados de Ruído Ambiental Submarino (BDRAS)

Os sistemas de previsão de alcance do sinal acústico tem como principal fundamento teórico a equação abaixo que relaciona diferentes parâmetros utilizados pelo SONAR de um navio [5].

$$SL - 2TL + TS - (NL - DI) = DT.$$

Essa equação é conhecida como equação do SONAR ativo, onde:

SL = Nível da fonte;

TL = Perda na propagação;

TS = Índice de reflexão do alvo;

NL = Nível de ruído;

DI = Índice de diretividade; e

DT = Limiar de detecção.

O parâmetro NL ou Nível de Ruído compreende todas as fontes geradoras de sinal em um determinado ambiente em que o SONAR esteja atuando. Estes ruídos podem ter diferentes origens, tais como agentes naturais (ondas, ventos, correntes, biota marinha, entre outros), agentes antrópicos (navios, embarcações de pequeno porte, veículos autônomos ou remotos e mergulhadores) e, também, por processos aleatórios que surgem de padrões de interferência entre os demais ruídos [2].

Com objetivo de estabelecer competências e habilidades nessa área de pesquisa, uma das metas do Projeto PROPENERG é criar e conceber um sistema (BDRAS) que possa armazenar e gerenciar dados de monitoramento acústico submarino realizado pelo GAS, produzindo informações valiosas sobre diversas regiões das Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB). Além de sua comprovada aplicação, o BDRAS pode ainda servir como base para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de ruído submarino, contribuindo assim para atividades de controle e defesa de portos e, ainda, na área *off-shore*.

Banco de Dados Geoacústicos Submarino (BDGS)

As características geoacústicas do fundo e subfundo marinhos exercem grande influência na propagação do som no oceano, ainda mais em se tratando de águas relativamente rasas, como é o caso de grande parte das AJB. Tais características



afetam a propagação acústica produzindo perdas (TL) por absorção num sinal transmitido. Essas perdas variam com o tipo de sedimento (areia fina, lama, areia grossa, rocha, etc.), desta forma, os principais dados geoacústicos, como: velocidade do som, coeficientes de reflexão e atenuação, entre outros, mudam drasticamente.

Assim como o BDRAS, o BDGS tem como principal meta armazenar e gerenciar dados de extrema importância para a Marinha. Tal sistema permite disponibilizar parâmetros geoacústicos de fundo e subfundo marinhos, de forma georreferenciada de diferentes áreas das AJB.

Desenvolvimento dos Sistemas

O BDRAS e o BDGS foram desenvolvidos visando a apresentação em um ambiente web, com funcionalidades similares às de um Sistema de Informações Geográficas - SIG. Foram carregadas e georreferenciadas cartas náuticas que abrangem diversas regiões de coleta de dados, sendo ainda possível a importação de arquivos provenientes de alguns equipamentos de medição acústica e geológica. Esse tipo de interface foi escolhido também por propiciar aos usuários de modelos acústicos uma conexão via Web/Lan, com fácil georreferenciamento dos pontos de transmissão, recepção e coleta de dados (geoacústicos e ruído ambiental), de modo a fornecer a situação geográfica e ambiental para a aplicação em questão.

Testes e Consultas

BDRAS

Atualmente, o BDRAS está implementado e em fase de carga de dados. Inicialmente está sendo alimentado com dados de ruído ambiente submarino coletados nas proximidades da Enseada do Forno, Praia dos Anjos, Porto do Forno e áreas adjacentes ao IEAPM, onde foram instalados três hidrofones, conectados via cabos hidroacústicos até o GAS (Figuras 1 e 2).



Figura 1: Posicionamento dos Hidrofones.

Tais dados foram adquiridos no período entre 2008 e 2013, sendo as gravações digitalizadas em formato .wav utilizando o *software* ProTOOLS. Essas gravações foram feitas simultaneamente a cada hora do dia, tendo cada gravação aproximadamente dez minutos de duração.

Os arquivos são armazenados pelo servidor do BDRAS via *upload* e, após o carregamento, são verificados a data e o horário de cada gravação, que



Figura 2.1: Hidrofone antes de ser colocado no mar.



Figura 2.2: Após 1 ano submerso.

farão parte de seu nome no servidor e estarão associados juntamente ao seu posicionamento no banco de dados. Da mesma forma, as figuras associadas às gravações, como: séries temporais e espectrogramas são armazenadas no banco, de modo que numa consulta todos esses dados possam ser visualizados.

No sistema de consulta do BDRAS, a recuperação dos dados para pós-processamento do sinal pode ser realizada direto pela carta náutica, via seleção do ícone do hidrofone e informando-se o período desejado, como mostra a Figura 3.



Figura 3: Exemplo de consulta no sistema BDRAS.



BDGS

Para alimentar e realizar testes com o BDGS, foram utilizados dados de sedimentos coletados em comissões realizadas nas proximidades da Ilha do Cabo Frio, utilizando-se testemunhadores do tipo *Piston Corer*. Os dados geocústicos foram obtidos por meio da análise de testemunhos geológicos e da importação de arquivos no formato ASCII com os parâmetros oriundos de um perfilador acústico do tipo *Multisensor Core Logger*, da empresa GEOTEK (cedido pelo Laboratório de Geologia Marinha - LAGEMAR da Universidade Federal Fluminense - UFF), sendo obtidos dados como: tipo de fundo, porosidade, impedância, suscetibilidade magnética, densidade, velocidade e atenuação da onda no sedimento em diferentes profundidades (conforme o comprimento do testemunhador).

Para a importação dos arquivos do perfilador, primeiramente foi identificado seu padrão,

sendo um arquivo formado por cabeçalho, parâmetros analisados, seção de calibração e seção de análise. Em seguida, foi criado um módulo no BDGS para interpretação de arquivos desse perfilador, na qual um arquivo é enviado para o servidor via *upload*, onde é lido, interpretado e validado. Após essa validação são mostradas para o usuário as informações do arquivo de forma organizada, podendo ser armazenadas no banco como uma nova análise de um testemunho. Também é permitido incluir várias análises para o mesmo testemunho, por exemplo, análises efetuadas em datas diferentes, ou até mesmo, em posicionamentos distintos do equipamento.

No sistema de consulta do BDGS, obtêm-se os parâmetros geocústicos de dois modos: numa seleção feita por área ou pelo menu com o nome da comissão que realizou tais levantamentos (Figura 4).

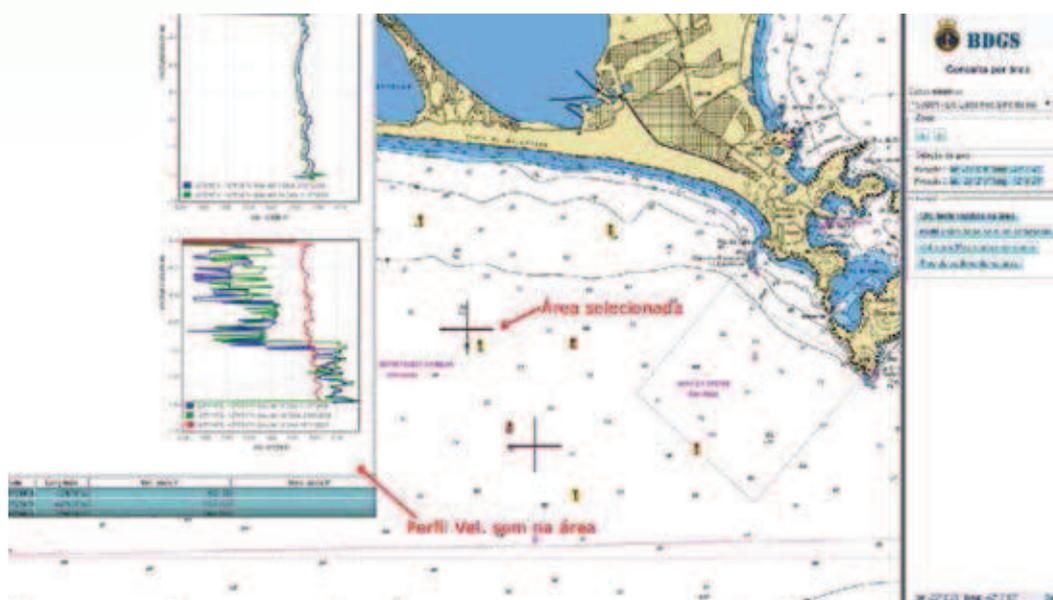


Figura 4: Sistema BDGS, Plotagem do perfil de velocidade do som no testemunho com diferentes análises.

O BDGS possui, ainda, as funcionalidades de exportação dos resultados das consultas em formato ASCII e plotagem do perfil de velocidade do som encontrado nos testemunhos, de modo a facilitar a carga destes parâmetros em aplicativos que implementam modelos acústicos submarinos.

Considerações Finais

Os sistemas apresentados fazem parte das ações previstas nas metas físicas do projeto PROPENERG, contratado pelo Comando de Operações Navais ao IEAPM através do Termo de Compromisso nº 53000-2012-05/00. Tais ações visam obter uma melhor compreensão da propagação da energia acústica no mar e melhor caracterização do canal acústico submarino, usando como área piloto a região de Cabo Frio. Os sistemas apresentados, Banco de Dados de Ruído Ambiental Submarino (BDRAS) e o Banco de Dados Geoacústicos Submarino (BDGS), estão contribuindo significativamente na determinação do perfil de velocidade do som no fundo e subfundo marinhos e no cômputo das perdas na propagação no canal acústico submarino, permitindo um aumento considerável na eficácia dos modelos acústicos submarinos utilizados no GAS e aplicados na região.

Como perspectivas futuras, além da inserção de novos dados nos sistemas apresentados, há a previsão de instalação de um Sistema de Monitoramento Acústico Submarino para a região de Cabo Frio (SMAS) visando o aprimoramento dos sistemas de previsão da propagação acústica submarina e de detecção e acompanhamento de alvos de superfície e subsuperfície.

Outrossim, os sistemas, além de servirem de base para novos projetos, estão preparados para o aporte de dados oriundos da diversificação espacial na coleta de testemunhos e de ruído ambiental submarino por toda a costa brasileira, o que aumentará o conhecimento das características ambientais nas áreas de operação da MB e contribuirá para maior eficácia no emprego do Poder Naval nas Águas Jurisdicionais Brasileiras.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho gostariam de agradecer aos CMG (T) Lúcia Artusi, CMG Carvalho, CF (T) Isabel, CF Hugo Chaves e 1º Ten (RM2-T) Yaci, pela participação efetiva nos desenvolvimentos iniciais do projeto PROPENERG e na modelagem conceitual dos referidos bancos de dados.

Referências Bibliográficas

- [1] LURTON, X. An Introduction to Underwater Acoustics: Principles and Applications. Springer Press, 2002.
- [2] BURDIC, W. S. Underwater Acoustic System Analysis. Prentice-Hall, 2003.
- [3] MEDWIN, H., CLAY, C. S. Fundamentals of Acoustical Oceanography. Academic Press, 1998.
- [4] PIENG, T. S *et al.* Development of a Shallow Water Ambient Noise Database, IEEE: Underwater Technology 2004 International Symposium on, disponível em: <ieeexplore.ieee.org> Acesso em: 10 de agosto de 2014.
- [5] URICK, R. J. Principles of Underwater Sound. McGraw-Hill Book Company, 1983.
- [6] GUEDES, T. A. G. UML - Uma abordagem prática., Novatec, São Paulo, 2004.
- [7] MACHADO, F. N. R.; ABREU, M. P. Projeto de Banco de Dados: uma visão prática. Érica, São Paulo, 1996.

