

# O EMPREGO DE MODELOS DE FEIÇÕES OCEANOGRÁFICAS EM APOIO À CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE ACÚSTICO MARINHO

CF (T) Ana Cláudia de Paula<sup>1,2</sup>

Leandro Calado<sup>1,3</sup>

CC Fernando de Oliveira Marin<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira

Rua Kioto, 253 – Praia dos Anjos – Arraial do Cabo – RJ – 28.930-000

<sup>2</sup>ana.claudia@ieapm.mar.mil.br, acpaula@gmail.com

<sup>3</sup>lcalado@ieapm.mar.mil.br, leandro\_calado@hotmail.com

<sup>4</sup>marin@ieapm.mar.mil.br

**Resumo.** A dinâmica da Corrente do Brasil ao largo do sudeste brasileiro gera, ocasionalmente, feições oceanográficas únicas, com duração inferior a dez dias e de difícil previsão, como vórtices, meandros e ressurgências costeiras. Tais feições causam interferências marcantes na propagação acústica submarina. De modo a se adequar o conhecimento já instalado no Brasil a essa constatação, é proposta a utilização da técnica Modelos Regionais Orientados por Feições, metodologia de descrição das condições oceanográficas em tempo real, para o conhecimento da estrutura de densidade tridimensional do oceano e, consequentemente, para a caracterização do ambiente acústico marinho.

**Palavras-chave:** Oceanografia Acústica, Previsão Acústica, Dinâmica da Corrente do Brasil, Sensoriamento Remoto, Feições Oceanográficas, Modelos Regionais Orientados por Feições.

*Abstract. The dynamics of the Brazil Current off the Southeastern Brazil generates, occasionally, unique oceanographic features, for less than ten days and difficult to be predicted, as eddies, meanders and coastal upwellings. Such features cause marked interference in underwater acoustic propagation. In order to bring the knowledge already installed in Brazil to this issue, it is proposed the use of Feature-Oriented Regional Models, methodology of description of the oceanographic conditions in real time, for understanding the structure of three-dimensional density of the ocean and, therefore, to characterize the marine acoustic environment.*

**Keywords:** Acoustical Oceanography, Acoustical Prediction, Dynamic of Brazil Current, Remote Sensing, Oceanographic Features, Feature-Oriented Regional Models.

## 1. Introdução

Este trabalho tem como objetivo identificar ferramentas capazes de descrever e de inserir, no campo de densidade, feições oceanográficas de mesoescala (que podem ser obtidas por plataformas orbitais) para caracterizar o ambiente acústico marinho.

Gangopadhyay et al. (1997) conceituam feição oceanográfica como uma estrutura de densidade bem caracterizada, formada a partir de um sistema de circulação base. Como exemplos, citam-se correntes geostróficas, meandros, vórtices, anéis, ressurgências, ondas internas, filamentos, contracorrentes e marés.

A complexidade dinâmica da Corrente do Brasil ao largo do sudeste brasileiro gera, ocasionalmente, feições oceanográficas únicas, com duração inferior a dez dias e de difícil previsão. Tais feições causam interferências marcantes na propagação de sinais acústicos submarinos. Como pode ser visualizado no exemplo apresentado por Small et al., 1997 (FIG. 1), informações oceanográficas climatológicas geram curvas de perdas de propagação bem diferenciadas das curvas derivadas de dados observados, o que dificulta ou inviabiliza a detecção e a localização de submarinos. Por outro lado, a utilização de modelos de feições gera curvas bem próximas às observadas, o que justifica o emprego desses modelos na caracterização do ambiente acústico em tempo real.

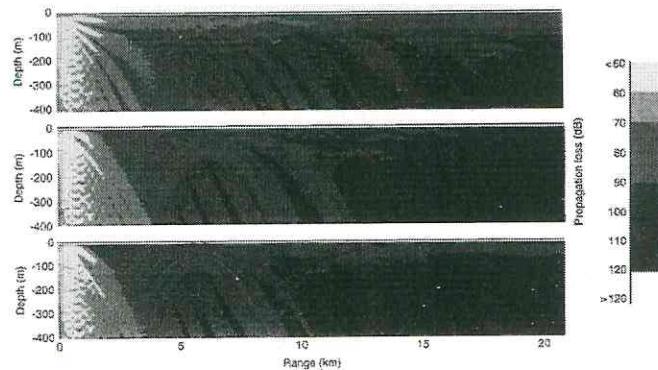


Figura 1: Contornos da perda de propagação em um meandro, frequência de 400Hz e fonte a 50m da superfície. No painel superior encontra-se o resultado da climatologia, seguido do obtido pelo modelo de feição e do oriundo de dados observados. Fonte: Small et al., 1997, p. 110.

## 2. Desenvolvimento

Os processos físicos nos oceanos ocorrem sob ampla gama de escalas espaciais e temporais, existindo constante interação entre fenômenos com diferentes características. Esses processos condicionam a dinâmica oceânica, os quais exibem padrões similares de variação. Tais processos podem ser estudados construindo-se modelos paramétricos individuais para feições oceânicas específicas. Uma das técnicas que permite este tipo de estudo é o Modelo Regional Orientado por Feição (MROF).

Uma bacia regional pode incluir um conjunto de características de mesoescala, como por exemplo, meandros ou frentes de correntes de larga escala, giros e subgiros na escala da bacia e vórtices de mesoescala. Uma região costeira pode incluir feições da estrutura de circulação, como frentes de densidade (massa de água), frentes de ressurgência e vórtices de pequena escala. Desta forma, o cerne do conceito do MROF é, através do conhecimento prévio de feições dinâmicas de uma região específica, poder construir modelos paramétricos, ou Modelos de Feição (MF), que sintetizam a estrutura do sistema para utilização em modelos numéricos de previsão hidrodinâmica e/ou de propagação acústica.

As feições citadas interferem no campo termohalino, alterando a propagação dos sinais acústicos submarinos. De forma operacional, a partir da feição parametrizada, os MFs podem utilizar dados da superfície do oceano (provenientes de informações orbitais, por exemplo) como principal parâmetro para construir tridimensionalmente uma feição oceânica individual.

Na FIG. 2, pode ser visualizado um vórtice, em Cabo Frio, obtido de uma imagem termal AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*), onde a escala de cores representa a temperatura e a edição em preto representa a circulação ciclônica do vórtice. A partir de imagens orbitais, semelhantes à apresentada na FIG. 2, é possível construir um vórtice tridimensional,

utilizando a técnica de MF, como apresentado na FIG. 3, onde está representada a estrutura térmica de um vórtice, até 1200m de profundidade, desenvolvida por Calado et al., 2008.

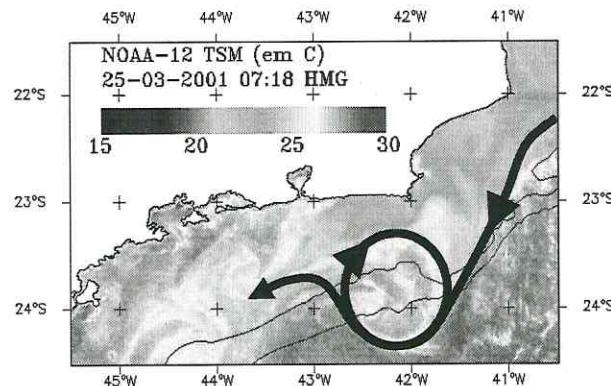


Figura 2: Imagem termal da superfície do oceano, de 25 de março de 2001, exemplificando um vórtice ciclônico próximo a Cabo Frio (RJ). A edição em preto revela a direção da Corrente do Brasil e a rotação do vórtice. Temperaturas em °C. (Cortesia: CC Lins de Mello.)

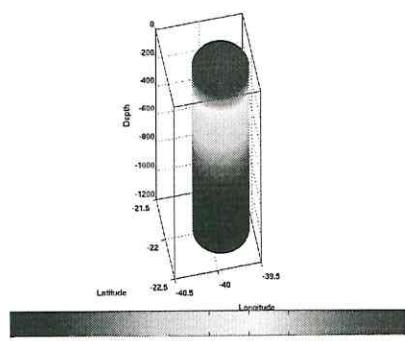


Figura 3: Resultado tridimensional de temperatura (°C) pela aplicação de Modelo de Feição para o vórtice de Cabo Frio.

### 3. Resultados

Foram realizados experimentos para obtenção de curvas de contorno da perda da propagação acústica no meio marinho, ao largo de Cabo Frio (RJ – Brasil), para os meses onde há maior ocorrência do fenômeno da ressurgência costeira na área de interesse, simulando fontes acústicas em profundidade e com distintas freqüências, a partir:

- do campo termohalino fornecido por climatologia livre de alta resolução;
- da inserção do modelo de ressurgência costeira, obtido por Calado (2006), na climatologia, de modo a simular essa feição sinopticamente. Tal inserção foi realizada por meio da técnica de interpolação ótima, denominada Análise Objetiva, de modo a manter a individualidade dos campos de massa de diferentes resoluções espaciais; e
- do campo de massa “mesclado” e estável, cuja estabilidade é garantida com o emprego do modelo de circulação oceanográfica *Regional Ocean Modeling System* (ROMS).

Cabe ressaltar que, a partir de imagens termais da superfície do oceano, associadas ou não a outros sensores orbitais, a inclusão simulada neste trabalho do modelo paramétrico da ressurgência costeira sugere retratar o campo de massa (tridimensional) probabilisticamente mais próximo ao real.

#### 4. Conclusão

Feições oceanográficas são dinâmicas e dificilmente sua assinatura é apresentada em climatologias, mesmo as de alta resolução. Em função desta característica, outras marinhas empregam Modelos Regionais Orientados por Feições para previsões ambientais de usos múltiplos.

De modo a que estas feições sejam incorporadas a sistemas navais ambientais brasileiros, foram apresentados procedimentos e ferramentas capazes de descrever feições de mesoescala características da costa leste brasileira (ressurgência costeira), inserindo essas estruturas em modelos de previsão hidrodinâmicos e acústicos, e viabilizando a caracterização do ambiente acústico. Essas ferramentas sugerem, com a incorporação de detecção de feições oceanográficas por sensores orbitais, que tal caracterização pode ser realizada em tempo real.

O esquema proposto apresenta a técnica dos Modelos de Feições (MF), aliada à modelagem numérica de previsão oceânica, como ferramenta que possibilita prever o ambiente acústico para o planejamento e durante a operação na cena de ação.

#### Referências

- [1] CALADO, L.; GANGOPADHYAY, A.; SILVEIRA, I. C. A. da. 2008. Feature-Oriented Regional Modeling and Simulations (FORMS) for the Western South Atlantic: Southeastern Brazil Region. *Ocean Modelling*. doi:10.1016/j.ocemod.2008.06.007.
- [2] CALADO, L. Dinâmica da interação da atividade de meso-escala da Corrente do Brasil com o fenômeno de ressurgência costeira ao largo de Cabo Frio e Cabo de São Tomé. 2006. 159 p. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, São Paulo, 2006.
- [3] GANGOPADHYAY, A.; ROBINSON, A. R.; ARANGO, H. G. Circulation and Dynamics of the Western North Atlantic, I: Multiscale Feature Models. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 14(6), 1314-1332, 1997.
- [4] SMALL, J.; SHACKLEFORD, L.; PAVEY, G. Ocean feature models: their use and effectiveness in ocean acoustic forecasting. *Annales Geophysicae*, 15, 101-112, 1997.