

O Projeto “Vida na Laje de Santos” – Subprojeto Oceanografia Física / Hidrodinâmica

Joseph Harari & Fernando Savoia Gonzalez & Alexandra Franciscatto Penteado Sampaio

Resumo — O Projeto “Vida na Laje” tem como objetivo iniciar pesquisas científicas no Parque Marinho da Laje de Santos e colaborar na sua preservação. O subprojeto Oceanografia Física / Hidrodinâmica tem como objetivos determinar as massas d’água e as correntes (a partir de medições) e conhecer as variabilidades espaço-temporais da circulação marítima (através de modelo numérico hidrodinâmico de alta resolução). As análises das observações iniciais realizadas e dos resultados preliminares da modelagem demonstram feições de grande interesse, como por exemplo a forte estratificação das águas no verão / outono e a grande influência da batimetria na intensidade e direção das correntes.

Palavras-chave — Preservação ambiental, medições oceanográficas, modelagem numérica hidrodinâmica, Parque Estadual Marinho da Laje de Santos.

I. INTRODUÇÃO

A Laje de Santos é o habitat de milhares de espécies de peixes e aves. A Laje compõe uma área de reserva de 5000 hectares, o “Parque Estadual Marinho da Laje de Santos”, que fica a pouco mais de 20 milhas marítimas (37 Km) de Santos (Figura 1). Com seu paredão de 33 metros de altura e 550 metros de comprimento, a região propicia mergulhos e passeios de beleza extraordinária.

Por ser uma área abrigada, é refúgio de várias espécies de peixes e outros animais marinhos de interesse econômico, atraindo também pescadores que negligentemente pescam dentro do parque marinho. Estas e outras atividades, como derrames de óleo e a poluição estuarina, quando não monitoradas e controladas, podem afetar todo o ecossistema do parque. Até o presente, poucos trabalhos científicos foram realizados na área, como também não se tem conhecimento preciso dos impactos ambientais devidos a ações antrópicas.

Nesse contexto, foi idealizado o Projeto ambientalista “Levantamento preliminar biológico e oceanográfico da área do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos” (Vida na Laje), coordenado pelo Biólogo Marcos Barros Machado, da TUIM AMBIENTAL, com o objetivo de iniciar estudos científicos da área e, a longo prazo, colaborar na sua preservação. O projeto teve sua execução iniciada em meados de 2002 e deve ser encerrado ao final de 2003.

Joseph Harari, joharari@usp.br & Fernando Savoia Gonzalez, savoyagonzalez@ig.com.br - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo (SP). Alexandra Franciscatto Penteado Sampaio, ale.franciscatto@zipmail.com.br - Universidade Santa Cecília, Santos (SP).

Um componente do Projeto “Vida na Laje” é o Subprojeto Oceanografia Física / Hidrodinâmica, coordenado pelo Prof. Dr. Joseph Harari, do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

De fato, o conhecimento das características hidrodinâmicas de uma região costeira constitui a base para estudos do comportamento do plâncton, zooplâncton e toda a cadeia alimentar; além disso, proporciona subsídios para o monitoramento da qualidade das águas.

Este subprojeto tem como objetivos:

1. Determinar as massas d’água e os sistemas de correntes na Laje, a partir de campanhas sazonais para medições de temperatura, salinidade e correntes nas suas proximidades.
2. Conhecer a variabilidade dos sistemas de correntes na área, através do processamento de um modelo numérico hidrodinâmico.

O estudo deverá portanto proporcionar o mapeamento das correntes marítimas segundo diversas condições ambientais: marés de sizígia e quadratura, condições típicas de verão e inverno, situações de calmaria e intrusões de frentes frias, entre outras.

II. METODOLOGIA

As medições de temperatura, salinidade e correntes são realizadas em quatro pontos ao redor da laje, com CTD Seabird, para perfilamentos contínuos de temperatura e salinidade, e correntômetro AANDERAA, para medições pontuais de correntes (Harari & Cacciari, 1998); as medições de correntes são realizadas em intervalos de 5 metros, desde a superfície até próximo ao fundo.

O modelo hidrodinâmico implementado para simulações de correntes (sob diversas condições meteorológicas e de maré) é baseado no modelo desenvolvido pela Universidade de Princeton (POM) e foi utilizado em diversas pesquisas na Baixada Santista, como por exemplo nos trabalhos de Harari & Camargo (1997, 1998) e de Harari, Camargo & Cacciari (2000). Seus resultados podem ser utilizados na estimativa da dispersão de substâncias e/ou poluentes, como realizado por Harari & Gordon (2001).

O POM é um modelo tridimensional não linear que utiliza as equações hidrodinâmicas completas (para a elevação do nível do mar, correntes, temperatura, salinidade e densidade), cuja

solução é obtida na coordenada vertical sigma, que acompanha o relevo.

Detalhes da batimetria considerada na modelagem da área da Laje se encontram na Figura 2, onde foram utilizados espaçamentos de 72 m na direção EW e 93 m na NS, gerando uma grade de 200 x 200 pontos e 11 níveis sigma na vertical. Foram especificados passos de tempo de 30 s e 1 s para a integração do modelo no tempo, segundo os modos de oscilação internos e externo, respectivamente.

Atualmente, são realizados processamentos considerando as circulações geradas por marés, ventos e variações de densidade, separadamente ou em conjunto. Como condições de contorno, as marés são especificadas por modelo numérico de escala maior (Harari & Camargo, 1994), ventos de superfície são fornecidos por modelo numérico atmosférico e valores de densidade são definidos a partir de medições em diversas campanhas oceanográficas. Valores de vento e de densidade podem também ser especificados a partir de dados climatológicos representativos de médias mensais, sazonais ou anuais (Hellerman & Rosenstein, 1983; Levitus & Boyer, 1994).

Processamentos com efeitos combinados de maré, meteorológicos e de densidade permitem estudos de casos, com ênfase em variações extremas do nível do mar, considerando condições meteorológicas e valores da maré meteorológica na plataforma fornecidos pelo site <http://www.surge.iag.usp.br> (Camargo et al, 2000).

As análises das medições físicas e dos resultados da modelagem consideram também as medições de maré regularmente realizadas no Porto de Santos (Harari & Camargo, 1995).

III. RESULTADOS

Na parte amostral, foram realizadas duas campanhas de medições, em Novembro de 2002 e em Março de 2003, com a obtenção de medições hidrográficas e correntométricas.

Nos trabalhos de modelagem, foram realizados experimentos envolvendo forçantes de maré e vento na região de interesse.

Exemplo de perfil vertical de propriedades se encontra na Figura 3, com valores de temperatura medidos em Março de 2003 (condição de verão - outono). Este perfil demonstra a grande estratificação das águas na área de interesse, com uma camada de mistura da superfície até cerca de 8 m (cujas temperaturas são um pouco acima de 28°C), a termoclina se estendendo de 8 a 20 m (correspondendo a 7°C de queda de temperatura) e a camada do fundo abaixo dos 20 m (com temperaturas abaixo de 21°C).

A Figura 4 mostra as correntes de maré calculadas pelo modelo numérico hidrodinâmico segundo condições de sizígia, em instante de máximas correntes enchentes (02 GMT de 08 de Janeiro de 1997); nesta figura foi representado

o vetor a cada 5, de modo a facilitar a visualização dos resultados. Detalhes da circulação na área muito próxima à Laje são apresentados na Figura 5, onde foram representados todos os vetores calculados pelo modelo. Os mapas de corrente demonstram a grande influência da batimetria e da conformação da parte emersa da laje na distribuição das correntes marítimas.

IV. CONCLUSÕES

Até o presente foram realizadas duas campanhas de medição e foram obtidos resultados iniciais das simulações numéricas. Até o final de 2003 deverá ser finalizado o programa de medidas e completados os processamentos computacionais.

Dessa forma, deverão ser disponibilizados os mapas de propriedades da água do mar e de correntes, segundo as mais diversas condições de maré, vento, etc ..., considerando que a modelagem de alta resolução é uma técnica muito eficiente para a determinação de detalhes da circulação marítima (no caso em questão, para os entornos da laje).

A modelagem implementada poderá contribuir em diversas atividades e pesquisas ambientais no parque marinho, como por exemplo na simulação da dispersão de óleos e propriedades (como concentrações de oxigênio e nutrientes).

REFERÊNCIAS

- BLUMBERG, A. F. & MELLOR, G. L. - 1987 - "A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model" - In: Three-Dimensional Coastal Ocean Models, vol 4, Ed: N. S. Heaps, American Geophysical Union, Washington, D. C., USA, p 1 - 16.
- CAMARGO, R. & HARARI, J. & DIAS, P. L. S. & CARUZZO, A. & ZACHARIAS, D. C. - 2000 - "Implementação de sistema de previsão de marés meteorológicas no Atlântico Sudoeste" - publicado em formato digital pelo XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, realizado no Rio de Janeiro (RJ), de 16 a 20 de Outubro de 2000, p. 2646 - 2654.
- HARARI, J. & CACCIARI, P. L. - 1998 - "Análise das condições oceanográficas físicas n°As Ilhas (23° 47.3' S 45° 42.5' W) - Agosto de 1990" - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 3, n° 1, p. 75 - 87.
- HARARI, J. & CAMARGO, R. - 1994 - "Simulação da propagação das nove principais componentes de maré na plataforma sudeste brasileira através de modelo numérico hidrodinâmico" - Boletim do Instituto Oceanográfico da USP, n° 42 (1), p. 35 - 54.
- HARARI, J. & CAMARGO, R. - 1995 - "Tides and mean sea level variabilities in Santos (SP), 1944 to 1989" - Relatório Interno do Instituto Oceanográfico da USP, n° 36, 15 p.
- HARARI, J. & CAMARGO, R. - 1997 - "Simulações da circulação de maré na região costeira de Santos (SP) com modelo numérico hidrodinâmico" - Pesquisa Naval - Suplemento Especial da Revista Marítima Brasileira, n° 10, p. 173 - 188.
- HARARI, J. & CAMARGO, R. - 1998 - "Modelagem numérica da região costeira de Santos (SP): circulação de maré" - Revista Brasileira de Oceanografia, vol. 46 (2), p. 135 - 156.
- HARARI, J. & CAMARGO, R. & CACCIARI, P. L. - 2000 - "Resultados da modelagem numérica hidrodinâmica em simulações tridimensionais das correntes de maré na Baixada Santista" - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 5, n° 2, p. 71 - 87.

HELLERMAN, S. & ROSENSTEIN, M. - 1983 - "Normal monthly wind stress over the World Ocean with error estimates" - Journal of Physical Oceanography, vol. 13, p. 1093 - 1105.

HARARI, J. & GORDON, M. - 2001 - "Simulações numéricas da dispersão de substâncias no Porto e Baía de Santos, sob a ação de marés e ventos" - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 6, n° 4, p. 115 - 131.

LEVITUS, S & BOYER, T. P. - 1994 - "World Ocean Atlas 1994" - Technical Report vol. 4, National Oceanographic Data Center, Ocean Climate Laboratory, 117 p.

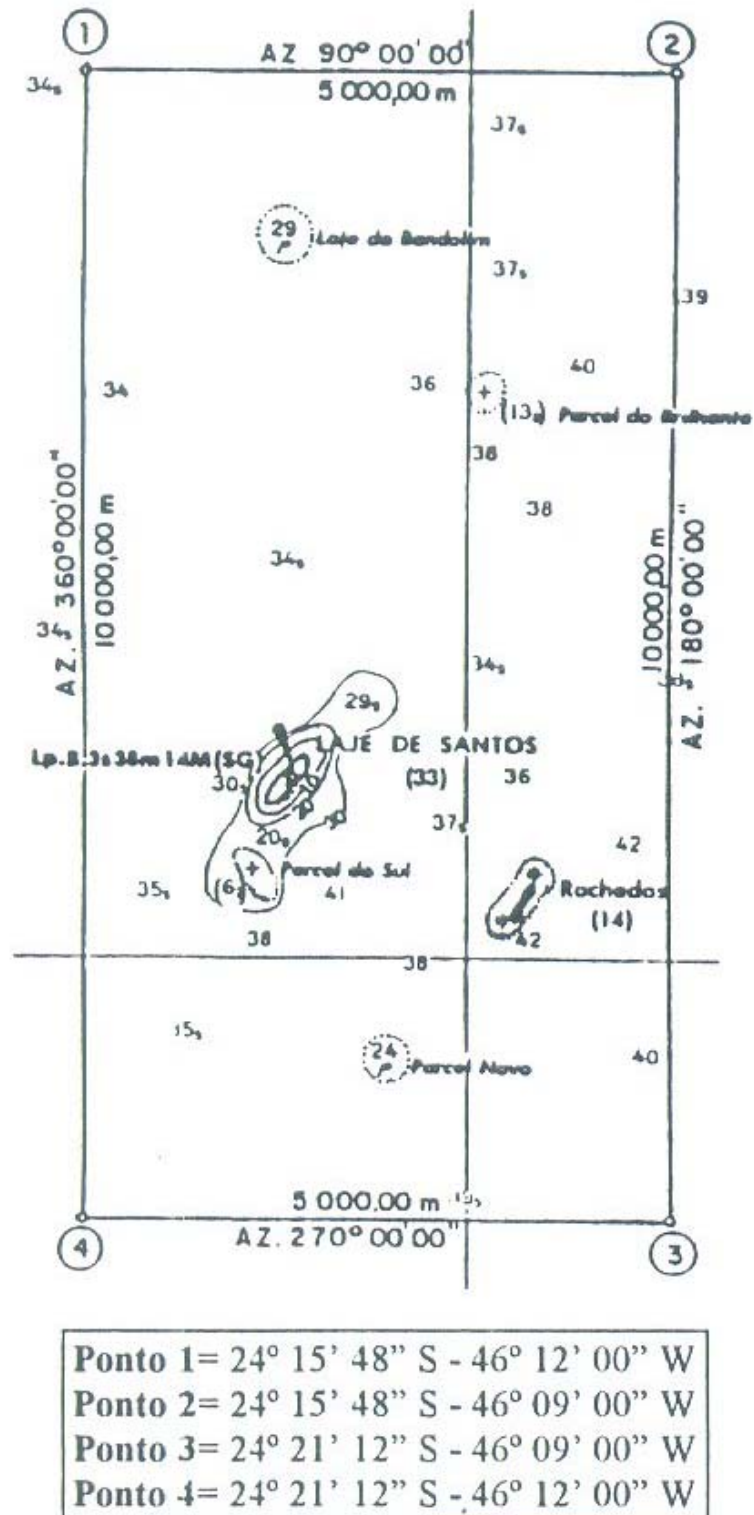


Fig. 1 - Limites do Parque Marinho da Laje de Santos.

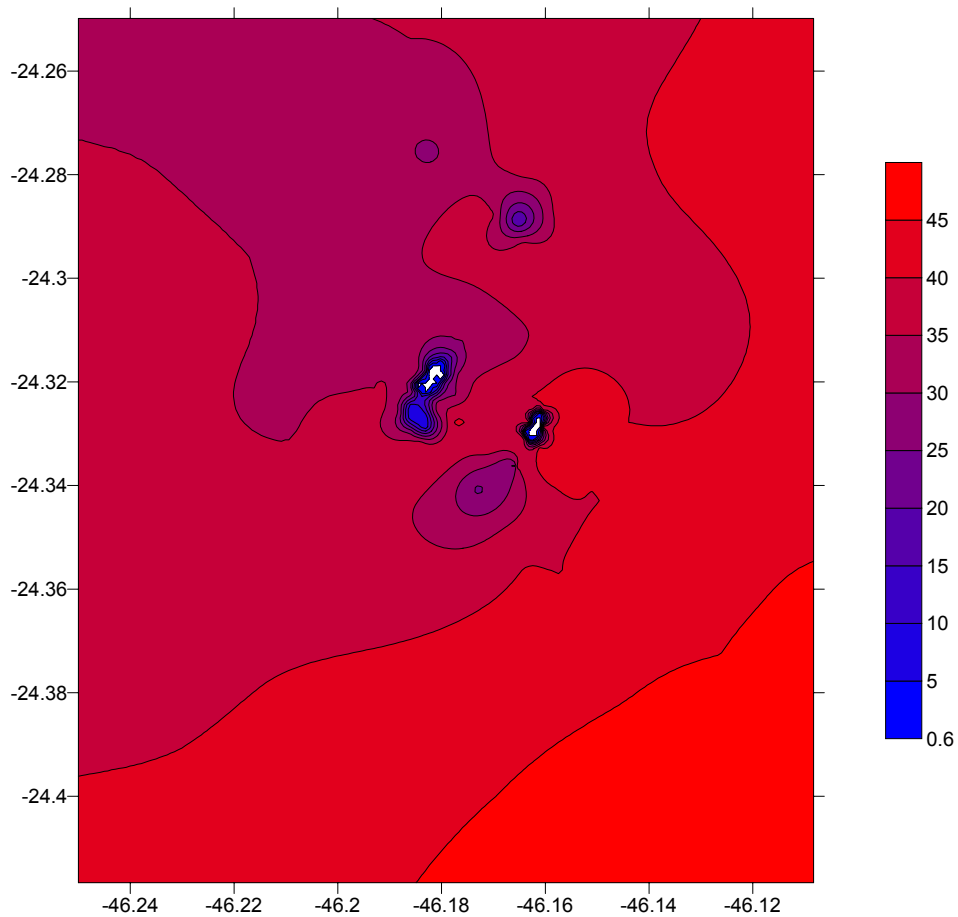


Fig. 2 – Valores de profundidade média do mar (em metros) considerados na grade regular utilizada na modelagem da circulação marítima na área da Laje de Santos.

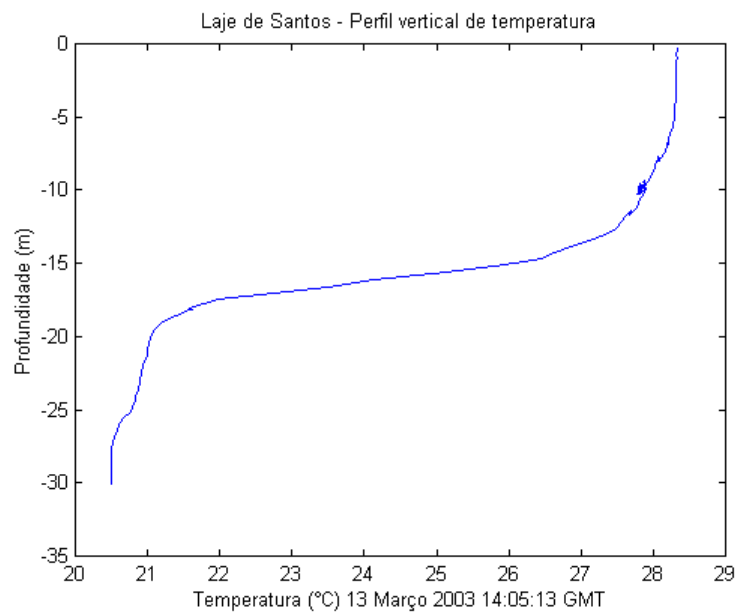


Fig. 3 – Perfil vertical de temperatura na área da Laje, em condições de verão - outono.

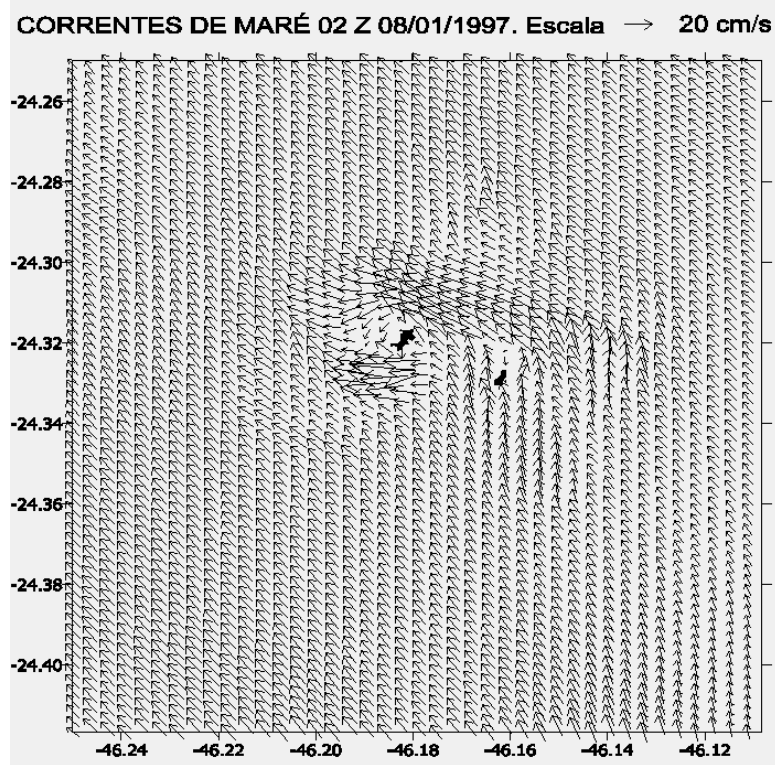


Fig. 4 - Correntes de maré instantâneas, na superfície, na região da Laje, em condições de sizígia (plotagem de 1 vetor a cada 5).

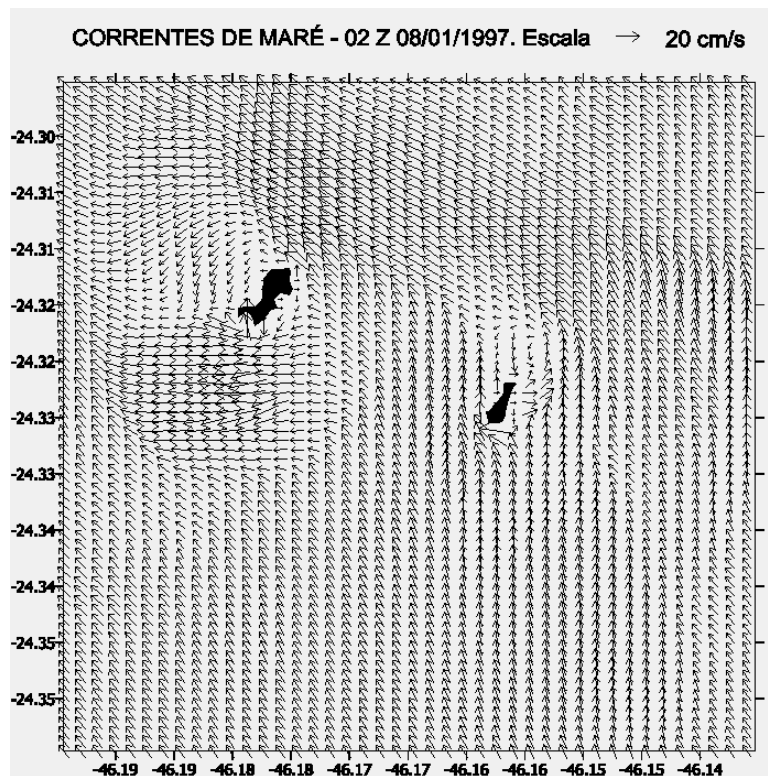


Fig. 5 – Detalhamento das correntes de maré instantâneas, na superfície, na região da Laje, em condições de sizígia (plotagem de todos os vetores calculados).