



A Ressurgência



Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira

Número 7

2013



**CORROSÃO MARINHA E
BIOCORROSÃO NOS 20
ANOS DO ENCONTRO
DE BIOINCRUSTAÇÃO,
ECOLOGIA BÊNTHICA E
BIOCORROSÃO (BIOINC)**

Página 27

**GERENCIAMENTO DE
RECURSOS PESQUEIROS:
A ESTRUTURA “PEIR” PARA
UM PLANEJAMENTO MAIS
EFICIENTE**

Página 4



**CORAL-SOL:
AVALIAÇÃO CRÍTICA
DAS BIOINVASÕES**

Página 11

DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS

Como Diretoria Técnica Especializada em Meio Ambiente da Marinha, são atribuições da DPC:

- Orientar a implantação e acompanhamento do Sistema de Gestão Ambiental das Organizações Militares da Marinha do Brasil e realizar Auditorias Ambientais;

- Elaborar Laudo Técnico Ambiental para os incidentes de poluição hídrica causada por navios, plataformas e suas instalações de apoio;

- Elaborar as Normas da Autoridade Marítima (NORMAM) relativas à Preservação Ambiental:

NORMAM-20 - Gerenciamento da Água de Lastro de Navios.

NORMAM-23 - Controle de Sistemas Anti-incrustantes Danosos em Embarcações.





PALAVRAS DO DIRETOR

É com muito orgulho que o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), sediado em Arraial do Cabo (RJ), publica a sétima edição da revista “A Ressurgência”. Mais uma vez percebe-se a qualidade e a profundidade dos temas propostos por nossos pesquisadores, tão importantes e necessários, na valorização do conhecimento científico.

O IEAPM se esforça por manter o compromisso histórico criado pelo saudoso Almirante Paulo Moreira, que tinha como meta aproximar o cidadão comum das realizações científicas obtidas por esta instituição.

Certamente, esta também é a principal característica de nossa revista, que anualmente desenvolve a democratização da informação científica produzida pelo Instituto, que vem atuando cada vez mais conectado ao interesse do desenvolvimento socioambiental dentro de seus projetos e pesquisas.

Semente da inovação, a pesquisa científica bem desenvolvida é o que torna um país forte economicamente. Esta edição está especialmente notável pela forma apresentada pelos autores dos artigos, que trazem uma visão científica mais aberta sobre questões importantes como as dificuldades de se colocar em prática um Plano de Gerenciamento Costeiro; uma avaliação crítica sobre espécies invasoras apresentada no estudo de caso do Coral Sol, que já atinge a costa de Arraial do Cabo; e os desafios enfrentados pela oceanografia operacional na coleta de dados em tempo real nos oceanos.

Enfim, parabênizo a todos os nossos pesquisadores, autores desta revista, que trabalham duro, com extremo profissionalismo e fortes ideais para que nossa produção científica não fique atrelada ao interior de nossos laboratórios, fazendo com que o conhecimento adquirido chegue a todas as instâncias da Marinha e da sociedade brasileira, para que possamos compartilhar informações e buscar soluções conjuntamente.

Boa leitura a todos!

Oscar Moreira da Silva Filho
Contra-Almirante
Diretor



A Ressurgência

ISSN 1982 - 2790 - Número 7 - 2013



Na imagem da capa aparece um Veleiro que afundou em San Andres, na Colômbia. Essa foto foi produzida por Maria Clara Arboleda

EXPEDIENTE

A Ressurgência

Publicação do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira - IEAPM
Rua Kioto nº 253 - Praia dos Anjos
CEP: 28930-000
Arraial do Cabo - RJ

Oscar Moreira da Silva Filho
Contra-Almirante
Diretor

Presidente do Conselho Editorial
Maurício Turcato Jorge
Capitão-de-Mar-e-Guerra
Vice-Diretor

Editora:
Fernanda Braz Santarosa
Primeiro-Tenente (RM2-T)

Colaboração:
SC Sérgio Roque Machado
SC Amarildo Alves da Silva

Arte e Diagramação:
edit.grafica@hotmail.com

Impressão:
Gráfica Premier
CNPJ 06.298.227/0001-41

Os artigos publicados são de inteira responsabilidade de seus autores e não refletem, necessariamente, a opinião do IEAPM.

Visite nosso site:
<http://www.ieapm.mar.mil.br>

Publicada em dezembro de 2013

DISTRIBUIÇÃO GRATUITA

O que é Ressurgência?

Ressurgência é um fenômeno oceanográfico que consiste no afloramento de águas profundas, frias e ricas em nutrientes, em regiões rasas do oceano.

Existem diferentes tipos de ressurgências, entre elas a que ocorre em Arraial do Cabo, que resulta da combinação de ventos nordeste, proximidade da quebra da plataforma continental, mudança na linha de costa e rotação do planeta.

Este fenômeno é importante em escala nacional pois enriquece as águas tropicais e subtropicais brasileiras com nutrientes de águas profundas. Como consequência, essa fertilização natural do oceano favorece o crescimento das espécies marinhas ao longo de uma teia alimentar que inclui peixes e outros recursos pesqueiros importantes.



Baixe um leitor QR Code em seu celular, aproxime o telefone do código e acesse o nosso site.

- 4** **A ESTRUTURA: Pressão, Estado, Impacto, Resposta (PEIR) como ferramenta do gerenciamento pesqueiro**

- 11** **Avaliação crítica das bioinvasões por bioincrustação**

- 23** **20 years of biofouling on Bioinc**

- 27** **Corrosão marinha e biocorrosão nos 20 anos no Encontro de Bioincrustação, Ecologia Bêntica e Biocorrosão (Bioinc)**

- 32** **Projeto MPOD: Desenvolvimento de um Sensor para Monitoramento de Dados Ambientais Baseado em Tecnologia de Fibra Óptica**

- 38** **Captura sinótica de um vórtice de mesoescala da Corrente do Brasil através de dados de XBT coletados por aeronave ao largo de Arraial do Cabo - RJ**

- 42** **Modelagem da propagação do tsunami de Sumatra, 2004, na Baía de Guanabara Rio de Janeiro, RJ**

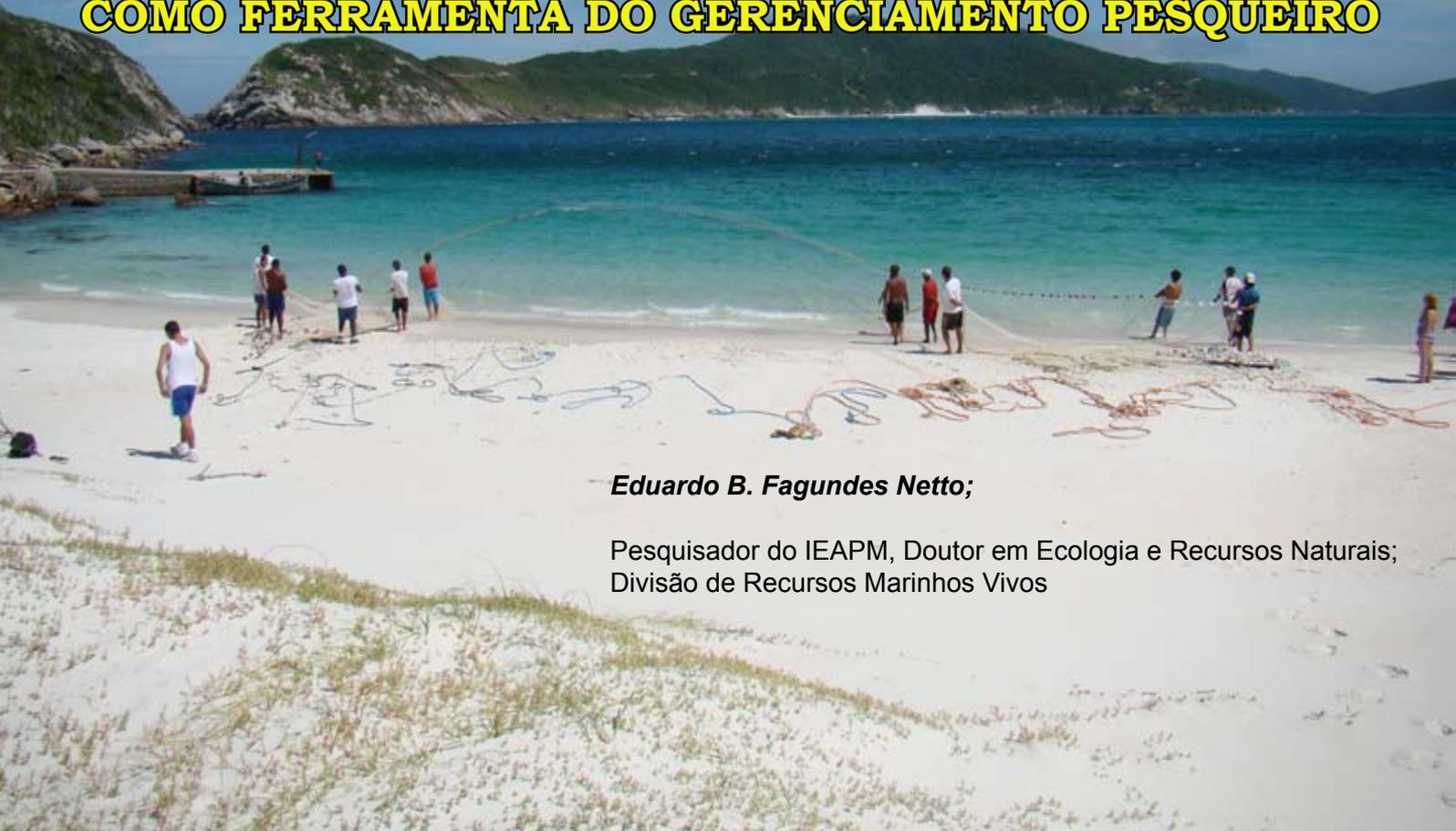
- 46** **Monitoramento da qualidade da água da Baía de Sepetiba**

- 50** **Modificação do tanque de testes do IEAPM para realização de ensaio sobre dinâmica sedimentar**



A ESTRUTURA: Pressão, Estado, Impacto, Resposta (PEIR)

COMO FERRAMENTA DO GERENCIAMENTO PESQUEIRO



Eduardo B. Fagundes Netto;

Pesquisador do IEAPM, Doutor em Ecologia e Recursos Naturais;
Divisão de Recursos Marinhos Vivos

RESUMO

Ao considerarmos a existência, pelo menos no papel, de tantos planos de gerenciamento, compreendendo desde o PLANO NACIONAL DE GERENCIAMENTO COSTEIRO (PNGC) até os Planos Estaduais e os Planos Municipais, fica a pergunta: Por que uma região tradicionalmente pesqueira e tão rica em biodiversidade e belezas naturais como a área da Resex-Mar de Arraial do Cabo encontra dificuldades para colocar em prática um Plano de Gerenciamento Costeiro que preserve o próprio ambiente como um todo? Talvez, a resposta ou parte dela esteja na não observância ou na falta de estudos que integrem o rico conhecimento das populações tradicionais com os resultados de pesquisas técnico-científicas. Além disso, que não utilizem uma ferramenta adequada como a PEIR nas avaliações ambientais antes da tomada de decisões, que contrariem as regras dessa metodologia para uma análise ambiental integrada.

Esse trabalho faz parte de um exercício onde procuramos, na teoria, aplicar a metodologia PEIR com vistas ao gerenciamento pesqueiro local.

1. INTRODUÇÃO

Devemos considerar que os ambientes costeiros implicam em sistemas altamente diversificados, constituídos pelas regiões polares e os ambientes temperados, subtropicais e tropicais. Sendo assim, diferentes tipos de ecossistemas com níveis de produtividade biológica variada são encontrados na faixa que abrange a zona costeira, onde cerca de 60% da população mundial encontra-se estabelecida em uma estreita faixa terrestre delimitada pelo mar (<http://www.dern.ufes.br/gc/gc.html>).

Dessa forma, tanto o ambiente marinho quanto o costeiro vêm sofrendo com um processo acelerado de degradação ambiental, proveniente da crescente pressão exercida sobre os recursos naturais presentes nesses ambientes e pela limitação desses ecossistemas em absorverem os impactos gerados (GEO Brasil, 2002).

A zona costeira do Estado do Rio de Janeiro apresenta-se como um exemplo de espaço repleto de contrastes, uma vez que ao longo do litoral, distribuem-se áreas que apresentam diferentes níveis de urbanização e adensamentos populacionais, atividades industriais e de operações portuárias, incluindo aí operações de cabotagem e offshore bem como um desenvolvimento turístico crescente e em grande escala.

Ao considerarmos uma região tradicionalmente pesqueira, como a área da Resex-Mar de Arraial do Cabo nos deparamos com diferentes modalidades de pesca e com o desenvolvimento de outras atividades como o turismo, o lazer e operações portuárias dentre outras (Fagundes Netto & Zalmon, 2012).

A partir daí, podemos observar que o uso desse espaço e dos recursos ambientais locais, produz quadros problemáticos sob o ponto de vista da gestão ambiental. Algumas situações tornam-se difíceis de serem controladas exigindo ações corretivas, mediação de conflitos da ocupação desses espaços e de uso de recursos comuns e ações de controle do impacto gerado sobre o ambiente marinho, decorrente de diferentes fontes de poluição e contaminação.

Muitas vezes esses conflitos são reflexos de ações que desrespeitam ou desconsideram algumas estratégias que contemplem uma metodologia de Avaliação Ambiental Integrada (<http://www.inea.rj.gov.br/fma/gerenciamento-costeiro.asp>).

Dessa forma e tomando-se como exemplo o recente estudo desenvolvido por Sekovski et al. (2012) que implementou e avaliou a ESTRUTURA: Pressão, Estado, Impacto, Resposta (PEIR) como uma ferramenta analítica direcionada ao interesse de problemas ambientais complexos de grandes centros urbanos localizados em regiões costeiras, procuramos visualizar o emprego dessa ferramenta no auxílio do gerenciamento pesqueiro em municípios costeiros.

Acreditamos assim, que o emprego dessa ferramenta possa contribuir para a utilização racional dos

recursos ambientais da Zona Costeira a partir da melhoria da qualidade de vida da população, promovendo a proteção de seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural (GEO Brasil, 2002).

O presente trabalho faz parte de uma coletânea de ideias e reflexões apresentadas pelo autor durante oficina sobre ferramentas para o plano de manejo participativo de áreas marinhas protegidas, tendo como caso a Resex-Mar de Arraial do Cabo, realizada no auditório do IFRJ.

2. PLANO NACIONAL DE GERENCIAMENTO COSTEIRO

O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) tem sido implementado a partir do Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (Gerco), que tem como objetivo preponderante “planejar e gerenciar, de forma integrada, descentralizada e participativa, as atividades socioeconômicas na Zona Costeira, de forma a garantir sua utilização sustentável, por meio de medidas de controle, proteção, preservação e recuperação dos recursos naturais e ecossistemas costeiros”. (<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/estrutura-e-funcionamento>)

O PNGC foi constituído pela Lei 7.661, de 16/05/88, cujos detalhamentos e operacionalização foram objeto da Resolução no 01/90 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), de 21/11/90, aprovada após audiência do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

A zona costeira brasileira, considerada patrimônio nacional pela Constituição de 1988, corresponde ao espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre, com os seguintes limites:

I - faixa marítima: espaço que se estende por doze milhas náuticas, medido a partir das linhas de base, compreendendo, dessa forma, a totalidade do mar territorial;

II - faixa terrestre: espaço compreendido pelos limites dos Municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira (http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/pngc2.pdf).

2.1 PLANOS NACIONAIS, ESTADUAIS E MUNICIPAIS DE GERENCIAMENTO COSTEIRO

A partir do PNGC, foram criados e implementados em alguns locais Planos Estaduais e Municipais de Gerenciamento Costeiro que determinam o Zoneamento de usos e atividades na Zona Costeira, priorizando a conservação dos seguintes bens:

I - recursos naturais, renováveis e não renováveis; recifes, parcs e bancos de algas; ilhas costeiras e oceânicas; sistemas fluviais, estuarinos e lagunares, baías e enseadas; praias; promontórios, costões e grutas marinhas; restingas e dunas; florestas litorâneas, manguezais e pradarias submersas;



II - sítios ecológicos de relevância cultural e de mais unidades naturais de preservação permanente;

III - monumentos que integrem o patrimônio natural, histórico, paleontológico, espeleológico, arqueológico, étnico, cultural e paisagístico.

No estado do Rio de Janeiro, segundo o art. 4 do Dec. 5.300/04, são considerados municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira: São João da Barra, São Francisco de Itabapoana, Campos dos Goytacazes, Quissamã, Carapibus, Macaé, Casimiro de Abreu, Rio das Ostras, Armação dos Búzios, Cabo Frio, São Pedro d'Aldeia, Arraial do Cabo, Araruama, Saquarema, Maricá, Itaboraí, Niterói, São Gonçalo, Magé, Guapimirim, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, São João do Meriti, Nilópolis, Nova Iguaçu, Queimados, Japeri, Belford Roxo, Itaguaí, Seropédica, Mangaratiba, Angra dos Reis e Parati (http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/pngc2.pdf).

Entretanto, ao considerarmos a existência, pelo menos no papel, de tantos planos de gerenciamento, compreendendo desde o PNGC até os Estaduais e os Municipais, fica a pergunta: Porque um Gerenciamento Costeiro que preserve o próprio ambiente como um todo é tão difícil de ser colocado em prática? Talvez, a resposta ou parte dela esteja na não observância ou na falta de estudos que utilizem uma ferramenta adequada como a PEIR nas avaliações ambientais.

3. GERENCIAMENTO PESQUEIRO

A pesca é uma atividade econômica extrativista, desenvolvida artesanalmente em pequenas comunidades costeiras e comercialmente pelo setor produtivo que, na ânsia de capturar o pescado como fonte de proteína para alimentar a sociedade, gera, em muitos casos, um forte impacto no meio ambiente marinho.

Para minimizar esse impacto, o setor pesqueiro deve apoiar-se no trabalho de instituições especializadas, destacando-se aí o importante papel da pesquisa pesqueira como parte fundamental para a geração de conhecimentos e subsídios para o gerenciamento pesqueiro.

A exploração de recursos pesqueiros vem alterando a estrutura dos ecossistemas marinhos a partir de pressões e impactos sobre a biodiversidade, a sustentabilidade das pescarias e sobre as comunidades costeiras que dependem e sobrevivem da pesca. A diminuição dos estoques pesqueiros, a perda de ecossistemas produtivos e a extinção e sucessão de espécies têm sido documentados, envolvendo organismos de diferentes níveis tróficos, de invertebrados a mamíferos (Pauly et al. 1998, Essington et al. 2006)

Em vista do exposto, o emprego da estrutura PEIR como ferramenta para análise da situação de sobrepesca dos principais estoques pesqueiros pode vir a contribuir de maneira relevante para que a partir da integração dos conhecimentos das populações tradicionais e do resultado da pesquisa pesqueira os impactos gerados sobre os estoques possam ser minimizados.

4. A ESTRUTURA: Pressão, Estado, Impacto, Resposta

Conhecida como DPSIR Framework (Driving forces, Pressure, State, Impact, Response) essa estrutura é utilizada para analisar e abordar problemas ambientais a partir de uma visão compreensiva das interações entre as sociedades humanas e o ambiente (Kristensen, 2004; Porta & Poch, 2011).

De maneira geral, a metodologia de avaliação ambiental integrada em gerenciamento costeiro aplicada ao gerenciamento pesqueiro deve contemplar a sequência sugerida (Fig. 01).

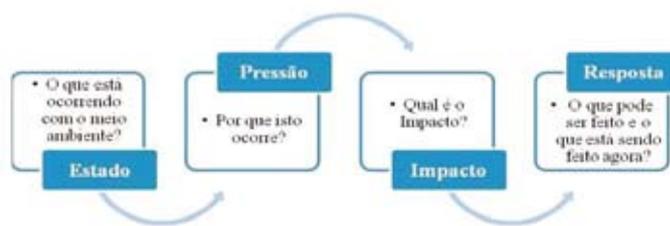


Figura 01. Matriz de análise com base na metodologia Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR) (<http://www.ibama.gov.br/rqma>).

A figura 02, modificada de Sekovski et al. (2012), descreve uma representação mais detalhada para a identificação de possíveis causas, das pressões, do estado e dos impactos gerados no meio ambiente em grandes cidades localizadas em regiões costeiras.



Figura 02. Forçantes/Causas, Pressões, Estado e Impactos gerados no meio ambiente em regiões costeiras (figura modificada de: Sekovski et al., 2012).

4.1 ESTADO DOS RECURSOS PESQUEIROS

O Estado deve ser considerado como a situação em que o meio ambiente se encontra, a partir das pressões sofridas. De maneira geral, as informações obtidas de uma avaliação do estado respondem, à pergunta: Como está o meio ambiente?

De acordo com dados do Departamento da Pesca e Aqui-

cultura da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 1999; FAO 2010), 47% dos estoques marinhos de importância comercial estão em seu nível máximo de exploração, enquanto 18% estão sobreexplorados e 10% foram severamente exauridos ou encontram-se em estado de recuperação, restando apenas 25% das populações marinhas em estado de sub-exploração ou moderadamente exploradas.

Tais informações permitem caracterizar que os recursos pesqueiros mundiais, de maneira geral, encontram-se em Estado de Sobrepesca.

4.2 PRESSÕES GERADAS SOBRE OS RECURSOS PESQUEIROS

A Pressão reflete as ações exercidas pela atividade humana sobre o meio ambiente, denominada causas de mudança. A partir do conhecimento das pressões podemos responder à pergunta: Por que isto ocorre?

Em linhas gerais, algumas das maiores pressões, no caso dos recursos pesqueiros, estejam relacionadas à perda de habitat, devido principalmente às contaminações e poluição do meio ambiente, que fazem com que as espécies se afastem ou migrem para longe da costa, além da própria pressão exercida pela pesca desordenada sobre os recursos pesqueiros.

Tais pressões têm um caráter sócio-econômico altamente relacionado com o desempenho das indústrias pesqueiras e da necessidade de se aumentar as taxas de captura de pescado, estando aliadas aos altos custos operacionais para se atingir essa meta. Por outro lado, o que podemos observar é uma mudança ou um redirecionamento no esforço de pesca, sem que se respeitem as espécies-alvo, suas taxas de captura e de sustentabilidade agravando ainda mais o estado de sobrepesca em que se encontram as diferentes espécies.

4.3 IMPACTOS SOBRE OS RECURSOS PESQUEIROS

O Impacto ou efeito gerado pelo estado em que se encontra o meio ambiente considera diferentes aspectos, como alterações nos ecossistemas, impactos na saúde e qualidade de vida humana assim como na economia local entre outros.

Muitos são os impactos que o estado de sobrepesca ou de sobre-exploração dos recursos pesqueiros vem sofrendo ao longo das décadas. A própria diminuição das taxas de captura, o aumento no número de espécies vulneráveis às artes de pesca utilizadas que integram a lista de espécies em extinção, a perda de biodiversidade como um todo e até mesmo a mudança nas preferências e no hábito alimentar dos consumidores são alguns dos reflexos diretos dos impactos sofridos pela pesca nos diferentes níveis de captura.

Tais reflexos são acompanhados bem de perto por populações tradicionais que vivem da pesca artesanal e vêem o desaparecimento de espécies antes consideradas nobres e abundantes, sendo substituídas por outras de valor econômico e qualidade inferiores em suas refeições.

A figura 03 representa os impactos gerados sobre as espécies como, por exemplo, o efeito conhecido e descrito por Pauly et al. (1998) que representa a diminuição da posição

em uma escala de 1 a 5 no nível trófico das espécies capturadas onde observamos que os peixes de grande porte ou os grandes predadores tem a sua abundância diminuída aumentando as pressões sobre as espécies que ocupam níveis tróficos inferiores, constituindo a base da cadeia alimentar marinha. Esse efeito é descrito como “Fishing down the marine food webs”

Da mesma forma, o efeito cascata provocado pela sobrepesca nos sistemas marinhos foi descrito por Scheffer e Carpenter (ed. 2005), onde profundos impactos indiretos foram observados nos ambientes e nos ecossistemas costeiros. A figura 04 apresenta esse efeito cascata, relativo à diminuição no tamanho das espécies em capturas referentes ao ano 1957, no início dos anos 80 e em 2007.

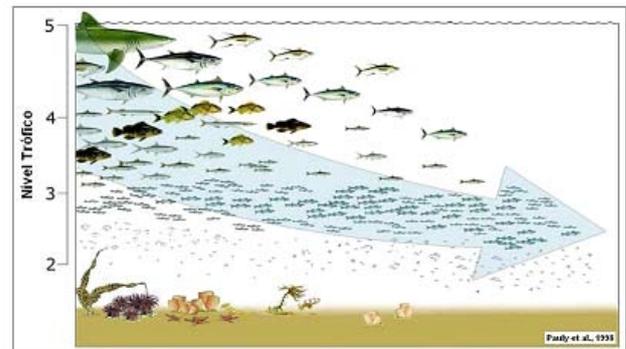


Figura 03. “Fishing down the marine food webs” (figura modificada de: Pauly et al., 1998).

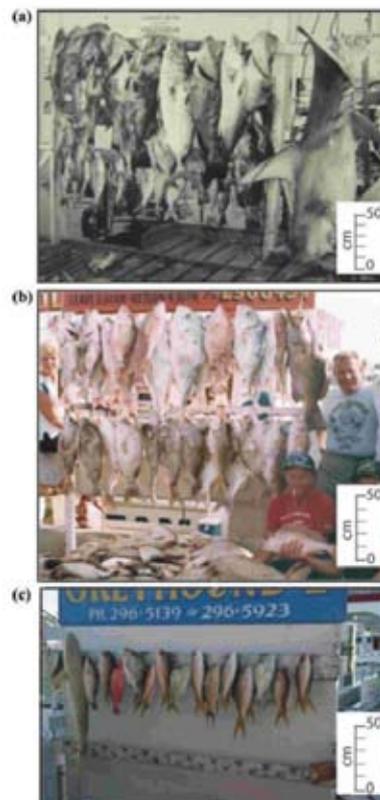


Figura 04. Efeito cascata, relativo à diminuição no tamanho das espécies capturadas (vide escala em centímetros ao lado de cada foto); a) no ano de 1957, b) no início dos anos 80, c) em 2007, segundo Scheffer e Carpenter (ed. 2005).



4.4 RESPOSTAS

A Resposta corresponde às ações conjuntas ou individuais de mitigação e/ou prevenção dos impactos ambientais negativos. As respostas, procuram evitar e corrigir os efeitos danosos causados ao meio ambiente, contribuindo assim para a solução dos problemas e para a melhoria da qualidade de vida da população local. A partir de uma avaliação crítica dos impactos poderemos responder à pergunta: O que pode ser feito e o que estamos fazendo agora?

Algumas dessas ações poderiam ser iniciadas a partir do desenvolvimento de programas de educação ambiental, em diferentes escalas e níveis sociais uma vez que muitos erros acontecem de forma não intencional.

Por outro lado, a coleta, o armazenamento e o processamento de informações sobre a produção pesqueira nos pontos de desembarque são atividades de fundamental importância para a pesca, uma vez que tais informações constituem uma das bases principais para análise e tomadas de decisão em

relação ao manejo dos recursos explorados e às estratégias de desenvolvimento da atividade pesqueira como um todo.

Programas de monitoramento ambiental que realizem medições periódicas de parâmetros físicos, químicos e biológicos, são utilizados como indicadores do funcionamento e da dinâmica dos ecossistemas, servindo assim como indicadores da saúde dos diferentes ambientes.

Como parte de programas específicos, estudos para a identificação e quantificação de novos recursos pesqueiros, poderiam diminuir a pressão sobre estoques de espécies sobre-exploradas. Como consequência, a diminuição do esforço de pesca sobre tais espécies, respeitando-se o seu ciclo de vida sem interromper as suas rotas migratórias, apresenta uma possibilidade de recuperação de determinado recurso.

Diante de inúmeras ações que podem ser propostas, no caso do gerenciamento pesqueiro, cabe lembrar que deve ser dada atenção especial às questões voltadas para a normatização e à fiscalização das atividades relacionadas à pesca.

5. CONCLUSÕES e REFLEXÃO

A partir de uma visão atual e bastante abrangente do estado dos recursos pesqueiros, podemos relembrar alguns pontos muito conhecidos de todos os envolvidos e que por falta de um estudo integrado continuam sem respostas em curto prazo:

- Sobrepesca;
- Ausência de manejo, regulamentação e planejamento adequados;
- Poluição marinha e dos rios;
- Recursos pesqueiros limitados;
- Pescarias predatórias;
- Exclusão do pescador artesanal;
- Falta de dados, pois não existem estatísticas de produção confiáveis;
- Falta de investimento para melhoria de infra-estrutura para escoamento da produção, conservação e beneficiamento do pescado; etc.

Como forma de mitigar e corrigir alguns desses erros, dentro do muito que já foi sugerido em diferentes estudos, podemos lembrar algumas necessidades urgentes como, por exemplo:

- Levantamento de dados pretéritos / resgate de informações pré-existentes, através das secretarias municipais, colônias e associações de pescadores;
- Treinamento de pessoal e implantação, de equipes para o desenvolvimento de atividades de coleta de dados e monitoramento pesqueiro;
 - Cadastro de pescadores;
 - Cadastro e classificação das embarcações;
 - Sistema de coleta de dados, mapas de bordo e etc;
 - Acompanhamento dos desembarques;
 - Amostragem biológica; e
 - Divulgação dos resultados alcançados junto à comunidade extrativista local.

De maneira geral, a visão e a compreensão que temos em termos de ecossistemas marinhos nos levam a acreditar que os efeitos das pescarias sobre o ambiente vão muito além do colapso da situação dos recursos pesqueiros.

As mudanças na maneira de como o estado do meio ambiente é avaliado causam uma amnésia social coletiva na qual a degradação ambiental gradual e a depleção das populações biológicas quase sempre passam despercebidas.

As expectativas diminuem com o tempo e com elas o interesse e a determinação em fazer alguma coisa para recuperar as perdas (Pauly, 2001; Roberts, 2007).

No caso dos recursos pesqueiros, por exemplo, a medida que as gerações se sucedem, a percepção das pessoas do que é natural muda ao ponto delas não acreditarem mais nos relatos dos mais idosos sobre a abundância e até mesmo sobre o tamanho dos peixes que eram capturados (Sáenz-Arroyo et al., 2005).

A figura 05 representa muito bem essa transformação ao longo do tempo, onde a diversidade, a abundância e o tamanho das espécies diminuíram sem que as gerações mais novas, muitas vezes, tomassem conhecimento de como realmente era no passado.

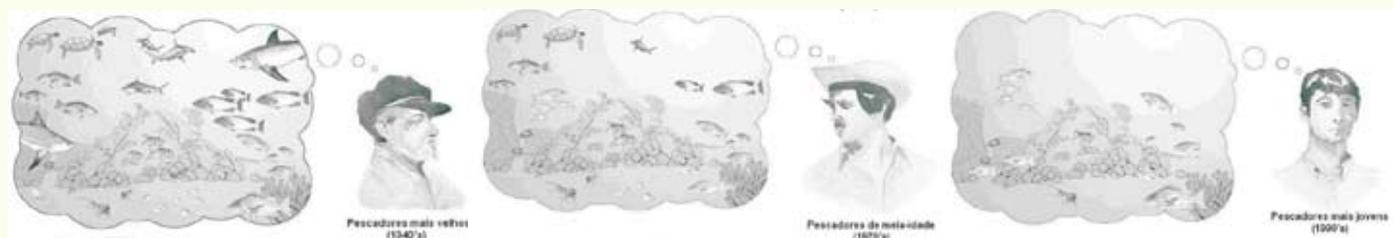


Figura 05. A visão e as lembranças dos pescadores mais velhos, dos de meia-idade e dos mais jovens (figura modificada de: scienceblogs.com/shiftingbaselines/2007).

Em seu livro intitulado “The Unnatural History of the Sea”, Callum Roberts (2007), professor de conservação marinha da Universidade de York, na Inglaterra, quando descreve o período das grandes pescarias na Europa relata que em 1891 já se praticava um tipo de avistagem de cardumes que é realizado até hoje nas pescarias artesanais na Resex-Mar de Arraial do Cabo. Tal procedimento é realizado por um pescador experiente, chamado de “Vigia”, que fica posicionado no alto do morro, avista o cardume, identifica a espécie de peixe e estima o tamanho e o número de peixes a serem pescados. Com um pano ou uma camisa nas mãos e movimentos coordenados dos braços ele sinaliza para os colegas embarcados na canoa de pesca levando-os a se posicionar de forma apropriada para o lançamento da rede de cerco que em seguida é puxada ou arrastada para a praia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESSINGTON, T.E.; BEAUDREAU, A.H.; WIEDENMANN J. Fishing through marine food webs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, PNAS, 103 (9): 3171–3175, doi/10.1073/pnas.0510964103, 2006.

FAGUNDES NETTO, E.B.; ZALMON, I.R. 2012. Recursos pesqueiros marinhos: estratégias para o manejo e conservação. In: *Anais do I Seminário Nacional de Gestão Sustentável de Ecossistemas Aquáticos: Complexidade, interatividade e ecodesenvolvimento*, Arraial do Cabo, RJ. Carneiro, A.M.M. e Cosenza, C.A.N. - COPPE/UFRJ; Haguenuer, C. – LATEC/ECO/UFRJ (Org.) 51-63, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome, Italy, 83p., 1999.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome, Italy, 197p., 2010.

GEO BRASIL-2002. *Perspectivas do Meio ambiente no Brasil*. Thereza Christina Carvalho Santos e João Batista Drummond Câmara (Org.) Brasília; Edições IBAMA, 440p., 2002.

<http://www.dern.ufes.br/gc/htmlhttp://www.ibama.gov.br/rqma>

<http://www.inea.rj.gov.br/fma/gerenciamento-costeiro.asp>

http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/pngc2.pdf

<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/estrutura-e-funcionamento>

<http://scienceblogs.com/shiftingbaselines/2007/08/23/shifting-baselines-in-the-gulf/>

KRISTENSEN, P. The DPSIR Framework. National Environmental Research Ins-

Essa é uma forma de pesca diferenciada, que depende em muito da troca de experiências e dos ensinamentos dos pescadores mais velhos para os mais novos de forma a preservar esse costume tradicional.

Esse é apenas um exemplo do quanto é essencial para as tomadas de decisão futuras que o conhecimento e os saberes das populações tradicionais sejam preservados, articulando o passado, o presente e o futuro, promovendo assim uma combinação de tradição e modernidade, sempre avaliando as causas, os efeitos e as consequências sobre o meio ambiente.

Segundo o psicólogo Norte-Americano Frederic B. Skinner (1904), “Os homens agem sobre o mundo, modificam-no e são modificados pelas consequências de sua ação”.

titute, Denmark Department of Policy Analysis European Topic Centre on Water, European Environment Agency. 1-10, 2004.

LOPES, R.G. Retrospectiva dos Serviços de Pesca da Secretaria de Agricultura e Abastecimento e O Jubileu de Prata do Instituto de Pesca. São Paulo, Instituto de Pesca, Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária, Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Hélio Ladislau Stempniewski (Org.), p. 77-87, 1997.

PAULY, D. Importance of historical dimension policy management in natural resource systems. *ACP-EU Fisheries: Research Report No 8*, 2001.

PAULY, D.; CHRISTENSEN, V.; DALSGAARD, J.; FROESE, R.; TORRES Jr. Fishing down marine food webs. *Science*, 279: 860-863, 1998.

PORTA, J.; POCH, R.M. DPSIR Analysis of Land and Soil Degradation in Response to Changes in Land Use. *SJSS. Spanish Journal of Soil Science*, 1 (1): 100-115, doi:10.3232/SJSS.2011.V1.N1.07, 2011.

ROBERTS, C.M. *The unnatural history of the sea*. Washington DC. Island Press., 435p., 2007.

SAÉNZ-ARROYO, A.; ROBERTS, C.M.; TORRE, J.; CARINÓ-OLVERA, M.; ENRÍQUEZ-ANDRADE, R.R. Rapidly shifting environmental baselines among fishers of the Gulf of California. *Proc. R. Soc. B* 272: 1957–1962, doi:10.1098/rspb.2005.3175, 2005.

SCHEFFER, M.; CARPENTER, S. et al. Cascading effects of overfishing marine systems. *Trends in Ecology & Evolution* 20(11): 579-581, 2005.

SEKOVSKI, I.; NEWTON, A.; DENNISON, W.C. Megacities in the coastal zone: Using a driver-pressure-state-impact-response framework to address complex environmental problems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 96: 48-59, doi:10.1016/j.ecss.2011.07.011, 2012.





VALIAÇÃO CRÍTICA DAS BIOINVASÕES POR BIOINCRUSTAÇÃO

Ricardo Coutinho

Pesquisador Titular do IEAPM. Encarregado da Divisão de Biotecnologia Marinha

José Eduardo Arruda Gonçalves

Doutorando em Biologia Marinha- Universidade Federal Fluminense
Assistente de Pesquisa FEMAR da Divisão de Biotecnologia Marinha

Luciana Vicente Resende de Messano

Pesquisadora FAPERJ/CAPES de Pós-Doutorado associada
à Divisão de Biotecnologia Marinha - IEAPM

Carlos Eduardo Leite Ferreira

Professor Adjunto - Laboratório de Ecologia e Conservação de Ambiente Recifais -
LECAR Dept° de Biologia Marinha- Universidade Federal Fluminense

INTRODUÇÃO

O estudo científico das bioinvasões tornou-se cada vez mais popular, como indicado pelo crescimento explosivo de publicações e livros acadêmicos sobre o tema ao longo das últimas duas décadas (Simberloff, 2004; Richardson & Pysek, 2008). As invasões biológicas têm sido apontadas como uma das principais ameaças para biodiversidade (Perrings, 2002; Dawson et al., 2005; Simberloff, 2005; Clavero et al., 2009; Simberloff, 2011; Gilbert & Levine, 2013) e muito dessa percepção é oriunda dos ambientes terrestres e de água doce onde espécies invasoras tem reconhecidamente levado à extinção de espécies nativas (Lockwood, 2004). Esse cenário tem produzido um debate intenso entre cientistas e órgãos ambientais no que se refere à detecção e possível erradicação das espécies invasoras no ambiente marinho. Contudo, ainda é controversa a afirmação de perda de diversidade marinha causada por possíveis invasões, bem como não existe nenhum caso confirmado de extinção causada por espécies invasoras neste ambiente (Briggs, 2007), o que sugere que os impactos das espécies invasoras nos ecossistemas marinhos, de maneira geral, têm sido superestimados (Sagoff, 2005; Gurevitch & Padilla, 2004; Goodenough, 2010; Davis et al. 2011; Briggs, 2013; Thomas, 2013).

No Brasil, esse debate está apenas começando como consequência do aumento do registro de espécies exóticas na costa brasileira e seus possíveis danos às espécies nativas. O aumento do comércio exterior por navios e as atividades das indústrias de óleo e gás na costa brasileira tem sido apontado como a principal causa da chegada das espécies exóticas (Farrapeira et al., 2011).

No presente trabalho nós avaliamos de forma crítica os vários aspectos relacionados ao processo de monitoramento contínuo e etapas do processo de invasão, desde a detecção até um possível programa de erradicação. Da mesma forma, são apresentados conceitos básicos e princípios fundamentais, tendo por base o estudo de caso, o coral-sol *Tubastraea coccinea*, espécie hoje largamente distribuída na costa sudeste e sul do Brasil (Creed et al., 2008; Sampaio et al., 2012).



CONCEITOS E DEFINIÇÕES:

As definições sobre o que é uma espécie exótica refletem vários contextos diferenciados. Nesse trabalho nós utilizamos as definições sugeridas por Lopes & Villac (2009): Espécie exótica é aquela registrada fora de sua área de distribuição original, em contraste com a nativa que vive em sua região de origem. No caso, esses autores incluem três categorias de espécies exóticas, a contida - quando presente em ambiente artificial controlado, a detectada em ambiente natural - sem aumento posterior de sua abundância e/ou de sua dispersão, caracterizando um registro isolado, e a estabelecida - quando a espécie introduzida é detectada de forma recorrente, com ciclo de vida completo na natureza e mostrando indícios de aumento populacional ao longo do tempo, em uma região restrita ou ampla, porém sem apresentar impactos ecológicos ou socioeconômicos aparentes.

A categorização de uma espécie como invasora é normalmente feita quando a espécie estabelecida possui abundância ou dispersão geográfica que interfiram na capacidade de sobrevivência das espécies nativas em escalas espaciais diferenciadas (Elliot, 2003), ou quando a espécie estabelecida causa impactos mensuráveis em atividades socioeconômicas ou na saúde humana (Lopes & Villac, 2009).

Utilizando tais conceitos, no Brasil o coral-sol seria a espécie invasora marinha mais emblemática nessa categoria, dentre as 60 espécies já registradas como exóticas (Lopes et al., 2009a), muito embora os impactos ecológicos detectados sejam ainda restritos em escala geográfica (apesar de sua ampla distribuição e estudos realizados), bem como os efeitos nas atividades socioeconômicas ou na saúde humana ainda não estejam comprovados.

DETECÇÃO, PREVENÇÃO E MONITORAMENTO

O entendimento dos processos de dispersão de espécies marinhas é importante no estabelecimento de estratégias de gestão. Contudo, existe uma grande dificuldade em definir quando e como as espécies colonizam uma determinada região, pois a biodiversidade atual é parte de um longo processo evolutivo e reflexo da diversidade dos ecossistemas existentes na costa brasileira. Soma-se ao problema, a carência de dados pretéritos e de programas de monitoramento da biodiversidade marinha costeira, o que torna difícil em muitos casos diferenciar uma nova ocorrência de uma espécie não nativa recém-chegada.

Embora estejam comprovadas as conexões e afinidades da biodiversidade marinha entre Brasil e Caribe, Oeste da África e extremo sul da América do Sul (Floeter et al., 2008) em função da circulação das correntes marinhas, muitas das novas ocorrências registradas na última década no Brasil não podem ser atribuídas a este processo de dispersão natural de larvas e/ou adultos via correntes. Desta forma, na última década existe indicação que uma parte representativa dos invertebrados bentônicos exóticos registrados na costa Brasileira (cerca de 90%, de acordo com Farrapeira et al. (2011)) são provavelmente oriundos do transporte por navios, plataformas e outras estruturas flutuantes, sendo estes considerados os principais vetores antropogênicos de transporte das espécies exóticas (Ferreira et al. 2006, Bastos & Coutinho, 2008; Neves et al., 2008; Farrapeira et al., 2011). Adiciona-se a esse cenário, o fato de que 95% de todo o comércio exterior no Brasil é realizado através dos 41 portos comerciais localizados na costa (marinhos e estuarinos) e 16 em ambientes limnéticos, que carecem da implantação de um programa efetivo de fiscalização em suas instalações.

No caso das plataformas de petróleo e outras embarcações ligadas à exploração offshore, o cenário relacionado com o transporte das espécies é ainda mais complexo. Desde o final dos anos 80, essas estruturas vêm sendo apontadas como um importante vetor de transferência das espécies na costa Brasileira (Ferreira et al., 2006). Em Arraial do Cabo, RJ, por exemplo, em um estudo detalhado, realizado durante dois anos em navios sondas, plataformas e navios de cargas através de inspeções submersas, foram registradas 118 espécies de organismos bentônicos, incluindo 22 espécies consideradas exóticas para a costa brasileira. Entre essas, 12 possuíam registro anterior para a costa e 10 foram registradas pela primeira vez. Os navios sonda e as plataformas apresentaram níveis mais elevados de diversidade de espécies exóticas do que os navios de carga (Ferreira et al., 2006). Isso pode ser explicado pelo fato de que, ao contrário dos navios de carga, as plataformas geralmente permanecem fundeadas durante longos períodos, tanto próximo à costa quanto offshore, sendo mais vulneráveis à colonização de organismos incrustantes. Agravando o problema, as plataformas precisam ser deslocadas de tempos em tempos, seja para construção, manutenção, inspeção ou operação (Figura 1). Conjugado ao uso de plataformas fixas ou semisubmersíveis, a utilização de navios-sonda e sistemas flutuantes de produção, armazenamento e descarga (como FPSO) também contribuem para agravar o problema, uma vez que esses sistemas são utilizados ao redor do mundo e a cada período são fundeados em um campo de exploração diferente. Todas essas estruturas podem atuar como vetores de introdução de espécies exóticas, uma vez que quaisquer espécies (exóticas ou não) poderão em tese, ser juntamente transportadas incrustadas nas estruturas durante rotina operacional. Entretanto, o número de plataformas presentes representa uma pequena proporção das embarcações em operação no Brasil, já que só em relação ao transporte de carga, cerca de 500 navios mercantes navegam diariamente em nossa costa (Abreu, 2010).

A maioria dos vetores de introdução de espécies aquáticas está associada à pelo menos uma atividade de destacada importância econômica, o que torna as medidas de prevenção e controle das bioinvasões no ambiente marinho complexas e envoltas em controvérsias. Quaisquer iniciativas de gestão neste sentido têm que ser pautadas por extensa e criteriosa avaliação de custo/benefício, onde a valoração das diversas modalidades de passivos (ambientais, sociais, econômicos e culturais) deve ser considerada (Lopes et al., 2009b). Desta forma, ações de monitoramento de longo prazo são imprescindíveis para a prevenção ou controle precoce da dispersão das espécies exóticas invasoras, especialmente em locais de maior risco potencial, como áreas portuárias e marinas, além dos estaleiros e estruturas flutuantes como plataformas, navios-sonda e monobóias.



Figura 1 - Foto de uma plataforma rebocada para o porto do Forno em Arraial do Cabo para manutenção e troca de estruturas.



Países como Austrália e Nova Zelândia são detentores de grande biodiversidade marinha e de uma rede de transporte marítimo bem desenvolvido. Nestes países existem programas reconhecidamente rigorosos na detecção, controle e manejo de espécies exóticas. O plano usado pelo governo da Austrália contempla medidas de quarentena, inspeções e controle de água de lastro e de cascos de navios para minimizar a probabilidade de introdução de espécies. O plano é aplicável às embarcações ou equipamentos submarinos, caso estes tenham se afastado da região, permaneçam estacionários ou em velocidades menores que 3 nós ou ainda permaneçam em profundidades menores que 50 m por períodos maiores que 14 dias antes de retornar para o porto de origem. Todo esse procedimento tem como base um amplo programa de análise de risco, que também leva em conta o tipo de embarcação. Esse programa tem tido sucesso em evitar que estruturas submersas com alto risco de introdução de espécies exóticas atraiam na costa australiana (Darbyshire & Caley, 2009).

No Brasil, existe um controle portuário contra a bioinvasão via água de lastro (NORMAN-20/DPC, 2005), mas nada foi feito ainda em relação à presença das espécies fixas em estruturas submersas. Ao redor do mundo, algumas iniciativas para mitigar os problemas causados pela bioinvasão por incrustantes depois do estabelecimento das espécies vem sendo implementadas e serão discutidas a seguir.

LIMPEZA SUBMERSA

A limpeza submersa em navios e plataformas é um assunto polêmico, debatido em fóruns técnicos e específicos, onde as discussões focam desde onde fazer a limpeza até qual tipo de técnica é a mais adequada (Figura 2). A remoção subaquática por raspagem ou jateamento não é tão eficiente quanto a remoção feita em dique seco, esta última, porém, é muito mais cara, demanda tempo e paradas operacionais e não é viável para embarcações de empresas de menor porte (Floerl & Coutts, 2009). Além disso, os diques não possuem sistemas de tratamento de efluentes, levando os fragmentos dos organismos incrustados e as espécies vageis de volta para o meio ambiente (Woods et al., 2012).

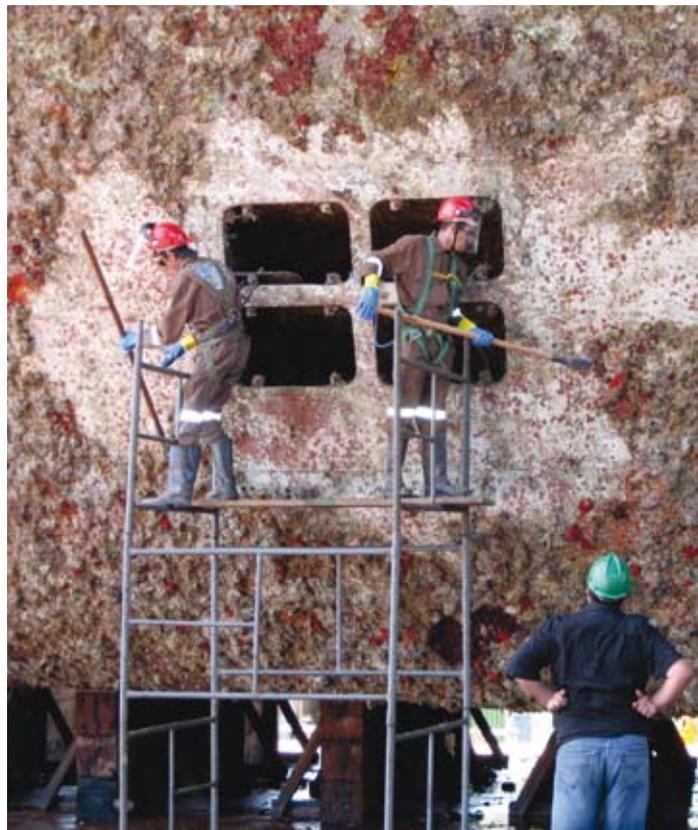


Figura 2 - Esquema para limpeza da bioincrustação em dique seco da popa de um navio

O sucesso da incrustação de organismos fragmentados após remoção varia com a espécie e com o tamanho do fragmento, além de aspectos ambientais como turbidez, sedimentação e nível de predação. Hopkins et al. (2011) propõem que, apesar do risco de introdução das espécies exóticas, é melhor remover as espécies na água do que não utilizar nenhum método de combate. Ainda, é argumentado que os riscos de remoção na água podem ser mitigados (dependendo do local, frequência e método). Neste caso específico se enquadra a limpeza de estruturas offshore, uma vez que longe da área costeira, os riscos ambientais, econômicos e sociais podem ser menores. Os autores também ressaltam que a remoção de incrustações precisa ser feita com competência e técnica, pois podem causar impactos ambientais no fundo marinho. Após remoções realizadas por jateamento e raspagem em uma área costeira na Austrália foi detectada uma grande quantidade de fragmentos de espécies exóticas no sedimento (*Perna perna*) sendo posteriormente necessário realizar a dragagem do fundo com custos ainda mais elevados (Hopkins & Forest, 2010).

Novas técnicas para remoção das espécies exóticas em estruturas submersas têm sido propostas e vão desde o encapsulamento da estrutura até equipamentos submersos com

e sem retenção de resíduos, além de diferentes técnicas de limpezas (Hopkins & Forest, 2008). Embora várias dessas técnicas sejam aplicadas em países como Nova Zelândia e Austrália, pouco foi testado no Brasil. Quatro aspectos são fundamentais nesta discussão: a logística (como os riscos associados com a remoção em alto mar), o tempo necessário, a eficiência da técnica em relação aos benefícios ambientais (contenção de resíduos) e os custos envolvidos. Na verdade, qualquer que seja o procedimento a ser adotado na costa brasileira é necessário que todas essas questões sejam analisadas e testadas em estruturas submersas que contenham incrustações biológicas, levando em conta prioritariamente o custo/benefício ambiental, os quais em longo prazo podem gerar custos mais elevados.

ERRADICAÇÃO

Programas de erradicação de espécies exóticas são comuns em ambientes terrestres, porém raros em ecossistemas marinhos (Clout & Veitch, 2002). A maior capacidade de dispersão dos propágulos e larvas nesses ambientes talvez expliquem a dificuldade da implementação dos programas nos ambientes marinhos. Contudo, existe um consenso entre os cientistas de que a única possibilidade de um programa de erradicação ter sucesso seria se o mesmo fosse aplicado antes da espécie se estabelecer no ambiente ou dentro de um tempo curto desde as primeiras detecções.

Condições para o sucesso de um programa de erradicação incluem: um conhecimento mínimo da biodiversidade local (dados pretéritos); um excelente conhecimento da biologia da espécie-alvo; uma iniciativa de remoção rápida, evitando possíveis eventos reprodutivos; planejamento adequado para a dimensão do problema; comprometimento para a finalização do trabalho; prevenção à re-invasão; orçamento coerente com as demandas e escalas em questão; e regras claras que atendam às exigências dos órgãos reguladores competentes.

Alguns casos exemplificam as dificuldades dos programas nos ecossistemas marinhos. A eliminação do mexilhão *Mytilopsis sallei* de áreas infectadas em uma marina na Austrália consistiu em um dos poucos exercícios de erradicação de espécies não nativas aquáticas com reconhecido sucesso no mundo. Em nove dias, a baía ficou submetida à quarentena e foram adicionados 160L de alvejante líquido e 6.000 toneladas de sulfato de cobre. O programa envolveu 280 pessoas e custou 2 milhões de dólares australianos (Ferguson, 2000), causando a morte de todos os organismos na baía, incluindo a espécie-alvo (*M. sallei*), porém também as espécies nativas. Embora tenha sido um sucesso em relação à erradicação do bivalve, o mesmo não se pode dizer em relação aos possíveis danos aos ecossistemas.

Por outro lado, a tentativa de erradicação de uma ascídia (*Didemnum vexillum*) em uma marina no País de Gales se mostrou pouco efetiva. Essa espécie foi detectada nessa localidade em 2008 e posteriormente em levantamentos de outras regiões das Ilhas Britânicas, e teve como principal vetor de dispersão barcos de lazer (Holt, 2011). Um programa de erradicação foi iniciado em outubro de 2009, usando diferentes métodos, entre eles o isolamento das ascídias em sacos plásticos e com posterior adição de hipoclorito. Embora o procedimento tenha demandado grande mão de obra, aparentemente funcionou bem e a espécie foi considerada erradicada. Menos de um ano depois, algumas colônias de *D. vexillum* foram encontradas novamente na marina. Logo após novo programa de erradicação, um grande número de pequenas colônias foi observado crescendo rapidamente. Em janeiro de 2011, foi decidido que os recursos usados no programa de erradicação fossem redirigidos para melhorar programas de biossegurança e monitorar a chegada de novas espécies (Holt, 2011). Esse exemplo mostra claramente que programas de erradicação em ambientes marinhos são bem mais complexos do que os realizados em ambientes terrestres e deveriam ser implementados apenas com a garantia de obtenção dos resultados para não comprometer o meio ambiente e os recursos humanos e materiais.

POSSÍVEIS EFEITOS NA BIODIVERSIDADE

Uma vez trazida por embarcações que atracam e/ou permanecem em áreas costeiras, espécies exóticas incrustadas nas estruturas, após um primeiro evento reprodutivo, devem liberar larvas competentes a se fixar e se desenvolver no ambiente natural. Se os fatores abióticos não forem limitantes, a dinâmica dos fatores bióticos (como competição e predação) irá determinar o sucesso ou não da espécie naquele ambiente. Como mencionado anteriormente, para ser considerada uma espécie invasora, a espécie deve mostrar aumento populacional com o tempo e causar impactos sociais, econômicos bem como a diminuição da diversidade. A presença de espécies exóticas numa região é sempre vista como uma grande ameaça para a biodiversidade, pois pode causar a extinção ou retração de uma ou mais espécies nativas de uma área ou comunidade.



Em ambientes terrestres e de água doce, alguns invasores efetivamente causaram a extinção de muitas centenas de espécies geograficamente restritas e nativas (Lockwood, 2004), levando a uma expectativa de que o mesmo poderia acontecer nos ambientes marinhos (Briggs, 2007). De fato, evidências experimentais com invertebrados sésseis indicaram que o aumento da riqueza de espécies diminuiu significativamente com o sucesso de espécies invasoras (Stachowicz et al., 1999). No entanto, em um ecossistema, as interações de uma gama de espécies que respondem diferentemente a perturbações ambientais, podem estabilizar as taxas de processos em resposta aos distúrbios e variações das condições abióticas. Se numa primeira fase a presença da espécie exótica pode levar a um domínio momentâneo sobre as nativas, o domínio pode representar apenas uma condição favorável durante um período, mas que ao cessar ocorre o retorno das condições originais. Provavelmente foi esse o caso ocorrido com o bivalve *Isognomon bicolor* na região de Arraial do Cabo. O bivalve foi registrado pela primeira vez na década de 90 e foi dominante durante quase uma década na faixa entremarés dos costões da região, competindo com outros bivalves e cracas. Em 2007, uma grande mortalidade foi observada, aparentemente causada por um aumento momentâneo da temperatura na região entremarés causado pela combinação de elevada temperatura do ar e de maré baixa em volta do meio-dia. Atualmente o bivalve *I. bicolor* é considerado raro na região (Coutinho et al., em prep.).

A grande diferença entre os possíveis efeitos da presença das espécies invasoras entre ecossistemas marinhos, terrestres e de água doce, consiste no fato de que nesses últimos, os efeitos de uma possível invasão podem ser mais intensos, visto a dispersão restrita em termos de espaço e possível deslocamento em ambientes lênticos e lóticos. Nos ambientes marinhos, as barreiras geográficas são menos intensas comparativamente aos ambientes terrestres e continentais, permitindo um grande fluxo de larvas e estruturas reprodutivas levadas pelas correntes, o que permite ampla dispersão de todas as espécies. Nesse caso, os organismos podem simplesmente chegar a locais onde as condições ambientais sejam mais favoráveis ao seu desenvolvimento. Os vários estudos experimentais que mostram o efeito de espécies exóticas sobre as espécies nativas são importantes para estabelecer hierarquias competitivas. Porém do ponto de vista ambiental, estes são pouco representativos quando observamos as diferentes escalas espaciais e temporais que influenciam nos processos dinâmicos de expansão ou retração da distribuição das espécies, considerando tanto as condições abióticas quanto bióticas. Talvez seja por isso que, apesar da ameaça potencial e constante da presença de espécies invasoras, exemplos de extinção ou mesmo restrição de uma espécie nativa dentro de sua área de ocorrência ainda não tenham sido documentados no ambiente marinho. Entretanto, esse cenário pode mudar radicalmente quando consideradas espécies com curta distribuição geográfica, visto que estas frente a qualquer impacto podem ser mais suscetíveis de extinção.

Não há dúvidas de que a atitude alarmista seja o resultado da considerável publicidade e expansão da ideia de que os invasores são “uma ameaça à biodiversidade marinha”, fato atribuído a eventos bem conhecidos em outros ambientes, como aos desastres causados por invasores em áreas terrestres e de água doce e que ainda não foram observados no ambiente marinho. Entre as organizações de conservação, existe um tipo de atitude pré-concebida de que os invasores são ruins e devem ser repelidos a todo custo. Esta atitude é compreensível em vista das muitas extinções terrestres que foram causadas pelos invasores, particularmente em ilhas oceânicas (Vitousek et al., 1997; Clavero & Garcia-Berthou, 2005; Sax & Gaines, 2008). E por outro lado, essa preocupação geral com a presença das espécies exóticas pode incentivar programas de pesquisas que objetivem a ampliação dos conhecimentos sobre estes organismos em relação aos fenômenos ecológicos, além de processos evolutivos e biogeográficos como adaptação, extinção, saturação de espécies e impactos das mudanças climáticas.

ESTUDO DE CASO: O CORAL-SOL

Um dos casos mais didáticos de bioinvasão marinha no Brasil diz respeito a duas espécies exóticas de corais: *Tubastraea coccinea* (mais abundante na nossa costa) e *Tubastraea tagusensis*, chamados popularmente por coral-sol (Figura 3). Essas espécies foram introduzidas no Brasil na década de 90, supostamente através da incrustação em plataformas de petróleo. O mesmo foi reportado para o Golfo do México (Fenner, 2001), embora a introdução por navios não possa ser descartada, como aconteceu na região do Caribe (Fenner & Banks 2004). No Brasil, essa hipótese foi levantada por mergulhadores que observaram colônias em plataformas de petróleo na Bacia de Campos.



Figura 3 - Foto do coral-sol, destacando as duas espécies: *Tubastraea coccinea* (mais alaranjada) e *Tubastraea tagusensis* (mais amarela, ao centro).

Seus primeiros registros datam do final da década de 80 (Castro & Pires, 2001), quando o material do coral foi depositado na Coleção do Museu Nacional. Independente da forma com a qual as espécies foram introduzidas, o coral-sol *Tubastraea* spp. tem sido observado com frequência, tanto em substratos artificiais (plataformas de petróleo, navios e monobóias), como colonizando substratos naturais, desde a costa do Sergipe até Santa Catarina.

A partir do ano de 2000, as duas espécies registradas para a costa Brasileira, *Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis*, durante alguns anos restritas à Arraial do Cabo e Ilha Grande, se dispersaram por grandes áreas costeiras (Mantellato et al., 2011). As espécies foram bastante pesquisadas, principalmente na Baía da Ilha Grande (de Paula & Creed, 2004), onde, por exemplo, estudos registraram sua distribuição na região (de Paula & Creed, 2005), o efeito de necrose em corais nativos (Creed, 2006), a preferência de substratos (Creed & De Paula, 2007), metabólitos secundários (Lages et al., 2010), e mais recentemente estudos de modelagem da dispersão ao longo da costa brasileira foram realizados (Riul et al., 2013).

Todos esses estudos mostraram que para a região da Baía da Ilha Grande, o coral-sol apresenta uma ameaça potencial para as espécies nativas e para a funcionalidade dos ecossistemas. Iniciativas de erradicar o coral-sol com retiradas manuais dos costões rochosos nessa região foram iniciadas em 2004, através de mergulho livre com auxílio de marreta e talhadeira. Essa iniciativa teve indiscutivelmente um grande valor por ser pioneira em nível nacional no manejo de espécies exóticas e por colocar em evidência, questões relevantes para a discussão científica e para o aprimoramento de novas iniciativas no manejo da bioinvasão.

Entretanto, o método de retirada manual de espécies invasoras do ambiente natural na maioria das vezes é reportado na literatura como altamente oneroso e pouco durável, já que por diversas tentativas a espécie exótica voltou a crescer e/ou invadir outras áreas, como foi descrito para espécies de macroalgas, ascídias e bivalves (Locke & Hanson, 2009). Outro ponto importante a ser considerado é que a retirada manual de uma espécie pode provocar estresse suficiente para que as colônias liberem estruturas reprodutivas. No caso do coral-sol, é conhecido que suas características reprodutivas - de alta fecundidade e rápido assentamento - são atributos que contribuem para o seu potencial de colonização e dispersão (Glynn et al., 2008). É bem provável que esses aspectos possam explicar por que justamente na Baía da Ilha Grande, onde é feita a erradicação desta espécie na costa brasileira, a cobertura do coral-sol nos costões continue se mantendo alta apesar de todos os esforços.

Outra questão em relação às retiradas manuais do coral-sol é sobre o aproveitamento econômico dos esqueletos do coral-sol como um benefício social dentro dos programas de erradicação para as comunidades litorâneas. Embora a ideia de agregar valor à extração do coral, com a venda de artesanato à base do esqueleto seja interessante e que

possa de fato contribuir para a geração de renda para as comunidades litorâneas, existem problemas conceituais e práticos nesta iniciativa. Um problema seria a dificuldade de treinamento contínuo e próximo das comunidades para realização da remoção de colônias sem danificar outros organismos das comunidades bentônicas naturais e deixar fragmentos nos fundo. Outra questão é em relação ao sucesso do programa em longo prazo, uma vez que programas semelhantes, que agregam valor à coleta de um organismo considerado uma “praga” nem sempre são de fato “sustentáveis”, como é conhecido desde o começo do século passado. Como é historicamente relatado, em 1903, Oswaldo Cruz criou a figura dos “compradores de ratos”, que compravam ratos da população visando à redução da peste bubônica. Sabe-se que a população, com o intuito de aumentar a renda, criava ratos em celeiros ou importava os animais de cidades vizinhas (Nascimento e da Silva, 2011).

Este tipo de ação embora pareça unir o útil ao sustentável para o meio ambiente, no final não contribui para nenhum dos principais aspectos envolvidos: nem econômico, nem social, nem cultural e ainda pouco se conhece para justificar o potencial de benefício ambiental. Uma melhor ação no âmbito da educação ambiental talvez fosse mais eficaz e trouxesse para as comunidades litorâneas valores permanentes dentro da cultura ambiental e de sustentabilidade. Iniciativas de instruir a população a identificar a presença do invasor, principalmente em novas áreas e em cascos de embarcações de qualquer porte, advertir população a não tocar, não retirar e contatar imediatamente a instituição que dirige os trabalhos para que as devidas providências sejam tomadas. Do mesmo modo, tais providências poderiam incluir a retirada em seco dos organismos das embarcações e descartar adequadamente os fragmentos e/ou isolar a nova área invadida e comunicar a nova expansão ao grupo de especialistas mais próximo).

Por fim, uma questão importante a se destacar é a divulgação da técnica de erradicação por retirada manual, que não teve a eficácia adequadamente comprovada, como a única solução para o manejo do coral-sol. A preocupação é que a técnica venha a ser “exportada” para outros pontos da costa brasileira, sem conclusões definitivas dos efeitos ambientais e em locais onde as condições ambientais sejam distintas. Outras alternativas devem ser testadas como formas de manejo, avaliadas experimentalmente, possivelmente incluindo abordagens tais como controle biológico por produtos naturais, engenharia genética e virologia.

Entretanto para que tudo isso seja viabilizado, se faz essencial um esforço conjunto e governamental para que os resultados obtidos possam de fato trazer um benefício ambiental em longo prazo. Os atuais critérios jurídicos envolvidos na questão da bioinvasão e no caso do coral-sol serão descritos pela pesquisadora Carina Costa de Oliveira, da Universidade de Brasília, no texto a seguir.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, G. M. (2010). A Amazônia Azul: O Mar que nos Pertence. Disponível em: <http://geopoliticadopetroleo.wordpress.com/2010/02/01/a-amazonia-azul-o-mar-que-nos-pertence>. Acesso em 6/11/2013.
- Bastos, F. M., Coutinho, R. (2008). Viajantes Clandestinos. *Ciência Hoje*, 41: 26-31.
- Briggs, J.C. (2007). Marine biogeography and ecology: invasions and introductions. *Journal of Biogeography*, 34, 193–198.
- Briggs, J.C. (2013). Invasion ecology: origin and biodiversity effects. *Environmental Skeptics and Critics*, 2:73–81.
- Castro, C.B., Pires, D. (2001). Brazilian coral reefs: what we already know and what is still missing. *B. Mar. Sci.*, 69(2): 357-371.
- Clavero, M., Brotons, L., Pons, P., Sol, D. (2009). Prominent role of invasive species in avian biodiversity loss. *Biological Conservation*, 142: 2043–2049.
- Clavero, M., Garcia-Berthou, E. (2005) Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(3): 110.
- Clout, M. N., Veitch, C. R. (2002). Turning the tide of biological invasion: the potential for eradicating invasive species. *Turning the tide: the eradication of invasive species*. IUCN SSC Invasive Species Specialist Group, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 1-3.
- Creed, J. C. (2006). Two invasive alien azooxanthellate corals, *Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis*, dominate the native zooxanthellate *Mussismilia hispida* in Brazil. *Coral Reefs*, 25(3): 350-350.
- Creed, J.C., Eduardo, A., Oliveira, S., de Paula, A.F., (2008). Cnidaria, Scleractinia, *Tubastraea coccinea* Lesson, 1829 and *Tubastraea tagusensis* Wells, 1982: Distribution extension. *Check List*. 4(3): 297-300.
- Creed, J.C., De Paula, A.F.D. (2007). Substratum preference during recruitment of two invasive alien corals onto shallow-subtidal tropical rocky shores. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 330: 101-111.
- Darbyshire, R., Caley, P. (2009). Identifying significant range extensions of invasive marine pests – CCIMPE Range Decision Guidelines Project. Australian Government, Bureaus of Rural Sciences, BRS Publication.
- Davis, M. A., Chew, M. K., Hobbs, R. J., Lugo, A. E., Ewel, J. J., Vermeij, G. J., ..., Briggs, J. C. (2011). Don't judge species on their origins. *Nature*, 474(7350): 153-154.
- Dawson, M.N., Gupta, A.S. & England, M.H. (2005). Couples biophysical global ocean model and molecular genetic analyses to identify multiple introductions of cryptogenic species. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 102:11968–11973.
- de Paula, A. F., Creed, J. C. (2004). Two species of the coral *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia) in Brazil: a case of accidental introduction. *Bulletin of Marine Science*, 74(1): 175-183.
- de Paula, A. F., Creed, J.C. (2005). Spatial distribution and abundance of nonindigenous coral genus *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia) around Ilha Grande, Brazil. *Braz. J. Biol.*, 65(4): 661-673.
- Elliott, M. (2003). Biological pollutants and biological pollution – an increasing cause for concern. *Mar. Pollut. Bull.*, 46: 275–280.
- Farrapeira, C. M. R., Tenório, D. D. O., Amaral, F. D. D. (2011). Vessel biofouling as an inadvertent vector of benthic invertebrates occurring in Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 62(4):832-839.
- Fenner, D., Banks, K. (2004). Orange cup coral *Tubastraea coccinea* invades Florida and the Flower Garden Banks, northwestern Gulf of Mexico. *Coral Reefs*, 23(4): 505-507.
- Fenner, D.; Banks, E. K. (2004). Orange Cup Coral *Tubastraea coccinea* invades Florida and the Flower Garden Banks, Northwestern Gulf of Mexico. *Coral Reefs*, 23: 505–507.
- Ferguson, R. (2000). The effectiveness of Australia's response to the black striped mussel incursion in Darwin, Australia. In: Report of the Marine Pest Incursion Management Workshop, 27-28.
- Ferreira, C.E.L., Gonçalves, J.E.A., Coutinho, R. (2006). Ship hulls and oil platforms as potential vectors to marine exotic introduction. *J. Coast. Res.*, 39: 1340–1345.
- Floerl, O., Coutris, A. (2009). Potential ramifications of the global economic crisis on human-mediated dispersal of marine non-indigenous species. *Marine Pollution Bulletin*, 58(11): 1595-1598.
- Floeter, S. R., Rocha, L. A., Robertson, D. R., Joyeux, J. C., Smith Vaniz, W. F., Wirtz, P., ..., Bernardi, G. (2008). Atlantic reef fish biogeography and evolution. *Journal of Biogeography*, 35(1): 22-47.
- Gilbert, B., Levine, J.M. (2013). Plant invasions and extinction debts. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 110: 1744–1749.
- Glynn, P. W., Colley, S. B., Maté, J. L., Cortés, J., Guzman, H. M., Bailey, R. L., ..., Enochs, I. C. (2008). Reproductive ecology of the azooxanthellate coral *Tubastraea coccinea* in the Equatorial Eastern Pacific: Part V. *Dendrophylliidae*. *Marine Biology*, 153(4): 529-544.
- Goodenough, A. (2010). Are the ecological impacts of alien species misrepresented? A review of the “native good, alien bad” philosophy. *Community Ecology*, 11: 13–21.
- Gurevitch, J., Padilla, D.K. (2004). Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends in Ecology & Evolution*, 19: 470–474.
- Holt, R. (2011). Eradication of the non-native sea squirt *Didemnum vexillum* from Holyhead Harbour, Wales, UK. *Aliens: The Invasive Species Bulletin*, 31:52-53.
- Hopkins, G. A., Forrest, B. M. (2008). Management options for vessel hull fouling: an overview of risks posed by in-water cleaning. *ICES Journal of Marine Science*, 65: 811–815.
- Hopkins, G. A., Forrest, B. M. (2010). Challenges associated with pre-border management of biofouling on oil rigs. *Marine Pollution Bulletin*, 60(11): 1924-1929.
- Hopkins, G. A., Forrest, B. M., Piola, R. F., & Gardner, J. (2011). Factors affecting survivorship of defouled communities and the effect of fragmentation on establishment success. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 396(2): 233-243.
- Lages, B. G., Fleury, B. G., Rezende, C. M., Pinto, A. C., Creed, J. C. (2010). Chemical composition and release in situ due to injury of the invasive coral *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia). *Brazilian Journal of Oceanography*, 58: 47-56.
- Locke, A., Hanson, J. M. (2009). Rapid response to non-indigenous species. 1. Goals and history of rapid response in the marine environment. *Aquatic Invasions*, 4(1): 237-247.
- Lockwood, J. L. (2004). How do biological invasions alter diversity patterns? A biogeographic perspective. *Frontiers of biogeography*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, 271-310.
- Lopes, R.M, Villac, M. C. (2009). Métodos. In: Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil. Lopes, R.M. (ed). (Série Biodiversidade, 33), Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA/SBF, 19-28.
- Lopes, R.M, Cunha, D. R., Santos, K.C. (2009a). Estatísticas sobre as espécies exóticas marinhas registradas na zona costeira brasileira. In: Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil. Lopes, R.M. (ed). (Série Biodiversidade, 33), Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA/SBF, 19-28.
- Lopes, R.M, Villac, M. C., Schaeffer-Novelli, Y. (2009b). Introdução. In: Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil. Lopes, R.M. (ed). (Série Biodiversidade, 33), Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA/SBF, 19-28.
- Mantelatto, M.C.; Creed, J.C.; Mourão, G.G.; Migotto, A.E.; Lindner, A. 2011. Range expansion of the invasive corals *Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis* in the Southwest Atlantic. *Coral Reefs*, 30: 397-397.
- Nascimento, D.R., da Silva, M.A.D. (2011). Caça ao rato. Disponível em: <http://www.revistadehistoria.com.br/secao/artigos/caca-ao-rato>. Acesso em 6/11/2013.
- Neves, C.S., Rocha, R.M., (2008). Introduced and cryptogenic species and their management in Paranaguá Bay, Brazil. *Braz. Arch. Biol. Tech.*, 51 (3): 623–633.
- NORMAN-20/DPC, 2005. Norma da autoridade marítima para o gerenciamento da água de lastro em navios. Marinha do Brasil, Departamento de Portos e Costas, 39p.
- Perrings, C. (2002). Biological invasions in aquatic systems: the economic problem. *Bulletin of Marine Science*, 70: 541–542.
- Richardson, D.M., Pysek, P. (2008). Fifty years of invasion ecology – the legacy of Charles Elton. *Diversity and Distributions*, 14: 161–168.
- Riul, P., Targino, C. H., Júnior, L. A., Creed, J. C., Horta, P. A., Costa, G. C. (2013). Invasive potential of the coral *Tubastraea coccinea* in the southwest Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*, 480: 73-81.
- Sagoff, M. (2005). Do non-native species threaten the natural environment? *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 18: 215–236.
- Sampaio, C.L.S.; Miranda, R.J.; Maia-Nogueira, R. & Nunes, J.A.C.C. (2012). New occurrences of the nonindigenous orange cup corals *Tubastraea coccinea* and *T. tagusensis* (Scleractinia: Dendrophylliidae) in Southwestern Atlantic. *Check List*. 8(3): 528-530.
- Sax, D. F., Gaines, S. D. (2008). Species invasions and extinction: the future of native biodiversity on islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105 (Supplement 1): 11490-11497.
- Simberloff, D. (2004). A rising tide of species and literature: a review of some recent books on biological invasions. *Bio-Science*, 54: 247–254.
- Simberloff, D. (2005). Non-native species do threaten the natural environment! *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 18: 596–607.
- Simberloff, D. (2011). How common are invasion-induced ecosystem impacts? *Biological Invasions*, 13: 1255–1268.
- Stachowicz, J.J.; Whitlatch, R.B.; Osman, R.W., (1999). Species diversity and invasion resistance in a marine ecosystem. *Science*, 286: 1577-1579.
- Thomas, C.D. (2013). The Anthropocene could raise biological diversity. *Nature*, 502: 7.
- Vitousek, P. M., D'Antonio, C. M., Loope, L. L., Rejmanek, M., Westbrooks, R. (1997). Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*, 21(1): 1-16.
- Woods, C., Floerl, O., Jones, L. (2012). Biosecurity risks associated with in-water and shore-based marine vessel hull cleaning operations. *Marine Pollution Bulletin*, 64(7): 1392-1401.

Critérios jurídicos para a responsabilidade civil decorrente de bioinvasão: o caso do coral-sol

Carina Costa de Oliveira*

A dispersão de espécies marinhas naturais de outros Estados, por meio da incrustação em cascos de navios ou embarcações, tem repercutido tanto no âmbito científico quanto no jurídico. A incerteza científica dos possíveis ou prováveis danos ambientais que possam decorrer da bioinvasão resulta na inexistência de normas técnicas que prevejam o controle administrativo preventivo das bioincrustações. Apesar da existência de normas nacionais e internacionais preventivas à bioinvasão causada por água de lastro¹, ainda não há normas preventivas no Brasil para casos de bioincrustação. Por esse motivo, é relevante mapear os principais problemas jurídicos e os critérios que poderão ser utilizados para a resolução de uma possível controvérsia sobre o tema, considerando que a proliferação de espécies exóticas, especificamente o coral-sol, tem sido questionada pelo Ministério Público em algumas regiões do Brasil como no litoral fluminense².

Os principais problemas jurídicos que podem decorrer da bioinvasão são a responsabilidade civil em razão de ameaça de dano, a prova do nexo de causalidade entre o causador (ou os causadores) do dano e o dano em si. Para analisar esses aspectos é necessário, primeiramente, avaliar se a bioinvasão pode ser considerada como poluição. Além disso, devem ser apontados os critérios que têm sido utilizados pelo judiciário, em casos de danos ambientais, para julgar se uma pessoa física ou jurídica pode ou não ser responsabilizada por uma ameaça de dano. Os principais critérios são: a probabilidade de ocorrência de dano, a tolerabilidade do dano e a magnitude de suas conseqüências nocivas. De modo geral, pode-se afirmar que em razão da complexidade de provar a ameaça do dano, o agente causador e o nexo de causalidade entre ambos, deve ser privilegiada a adoção de medidas preventivas que possam evitar a ocorrência da bioinvasão. É obrigação do Estado garantir a prevenção de danos futuros que possam ser causados por espécies marinhas naturais de outros Estados.

A definição de poluição marinha está presente no artigo 1º, 4 da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, internalizada no Brasil pelo Decreto 99.165/1990. A poluição é definida como:

“(…) a introdução pelo homem, direta ou indiretamente, de substância ou de energia no meio marinho, incluindo os estuários, sempre que a mesma provoque ou possa vir provocar efeitos nocivos, tais como danos aos recursos vivos e à vida marinha, riscos à saúde do homem, entrave às atividades marítimas, incluindo a pesca e outras utilizações legítimas do mar, alteração da qualidade da água do mar, no que se refere à sua utilização e deterioração dos locais de recreio”³.

Tendo como base essa definição, além das definições presentes nas normas ambientais brasileiras⁴, é possível concluir que a dispersão de espécies marinhas naturais de outros Estados no Brasil causadoras de danos aos recursos biológicos, à fauna e à flora, pode ser considerada poluição. O desafio é identificar o dano, o autor e estabelecer o nexo de causalidade

de entre ambos.

A incerteza científica⁵ quanto aos danos ambientais que podem ser causados pela invasão de espécies exóticas suscita a dúvida quanto à possibilidade de responsabilizar uma pessoa física ou jurídica pela ameaça que sua atividade econômica possa gerar, mesmo sem gerar um dano. De modo geral, a responsabilidade civil se aplica a um dano certo decorrente de um ato ilícito causado por uma pessoa certa⁶. Em situações de risco⁷, como no caso da bioincrustação, essa forma clássica parece ser insuficiente para lidar com a prevenção da ameaça do dano. Nesse contexto, há a possibilidade de aplicação do princípio da precaução⁸ por meio do qual não é necessário provar um dano certo, mas sim uma ameaça de dano futuro⁹. Em matéria de meio ambiente, a ameaça de dano futuro pode ser utilizada para fins de prova de ato ilícito passível de configurar a responsabilidade civil, apesar da escassa jurisprudência sobre o tema¹⁰.

Para o julgamento de quem causou o dano, a teoria da presunção da responsabilidade pode ser empregada. Em casos como a bioinvasão, há limites na possibilidade de comprovar de modo preciso quem causou o dano, pois diversos proprietários de navios podem ser potencialmente causadores de um mesmo dano ambiental causado em uma determinada região. Apesar de a regra clássica da responsabilidade civil prever que deve ser provado o nexo certo e individual de causalidade entre o dano e o causador¹¹, a doutrina¹² e a jurisprudência¹³ têm relativizado a necessidade de provar o nexo certo e individual. Dessa interpretação decorre a possibilidade de responsabilização de todos os prováveis causadores de um dano, desde que a probabilidade¹⁴ de ter dado causa tenha sido determinante para a ocorrência do dano. Essa probabilidade deve ser analisada caso a caso. Além disso, a responsabilização ocorre de forma solidária¹⁵ entre todos os prováveis responsáveis.

A atuação dos tribunais na gestão dos riscos decorre da incapacidade do poder executivo em prever de que forma os danos futuros devem ser administrados¹⁶. Decisões que pretendem garantir uma segurança jurídica e uma previsibilidade devem se basear em critérios para analisar as provas científicas do dano, tais como: o critério da probabilidade da ocorrência do dano, o da tolerabilidade do dano e o da magnitude das conseqüências nocivas. É relevante analisar de forma mais detalhada esses critérios.

Com relação à probabilidade da ocorrência do dano, ela é determinada pela interação entre os estudos periciais e as normas aplicáveis à degradação ambiental¹⁷. Essa análise é focada na probabilidade da ocorrência do dano futuro e não o dano em si. A constatação de riscos intoleráveis é passível de configurar o ato ilícito que deve ser sancionado por meio de medidas obrigacionais preventivas, tais como: a revogação de autorizações e licenças; a adoção da melhor tecnologia disponível, a suspensão parcial ou total de atividades, entre outras

possibilidades de medidas preventivas do dano ambiental.

No que tange à tolerabilidade do dano, o limite da tolerância está ligado ao objetivo de ponderar as atividades potencialmente causadoras de dano e a preservação do meio ambiente¹⁸. O limite é estabelecido com base na “capacidade real e concreta de absorção do bem ambiental”¹⁹ por meio de mecanismos como a autodepuração da água entre outras. Essa capacidade é provada por meio de perícias científicas. Apesar da decisão do juiz diante de um caso concreto não precisar estar vinculada à prova pericial²⁰, cabe a ele a análise da credibilidade das informações dos pareceres com base em parâmetros e princípios normativos²¹.

A propósito da magnitude das consequências nocivas, o grau máximo consiste na irreversibilidade dos danos potenciais²². Dessa maneira, os riscos ambientais serão considerados riscos ilícitos quando o seu grau de tolerabilidade for excedido, tendo como base os bens que serão afetados por uma de-

terminada atividade. A magnitude pode ser qualificada com base, por exemplo, em características temporais e espaciais. O primeiro critério requer a análise do período de incidência dos efeitos do evento lesivo, “(...) podendo ser instantâneo ou duradouro, repetido ou único”²³. Já o critério espacial consiste na delimitação da área de incidência dos efeitos do dano.

Considerando que a dispersão de espécies marinhas naturais de outros Estados no Brasil pode ser considerada como poluição, cabe ao Estado e aos operadores econômicos adotar as medidas preventivas existentes para garantir a preservação do meio ambiente que pode ser potencialmente afetado. A análise jurídica da incerteza científica requer do jurista uma ponderação quanto à probabilidade da ocorrência do dano, à tolerabilidade do dano e à magnitude das consequências nocivas. Esses critérios são necessários para que a avaliação jurídica diante das provas existentes não exceda a cautela necessária para a proteção ambiental que deve estar em equilíbrio com os estudos científicos em andamento.

** Carina Costa de Oliveira Professora Adjunta da Faculdade de Direito da Universidade de Brasília (UnB). Doutora em Direito pela Université Panthéon-Assas, Paris 2.*

¹ Podem ser citadas: a Resolução A.774(18) de 1993, a Resolução A.868 (20) de 1997, a Convenção Internacional para o Controle e o Gerenciamento de Água de Lastro e Sedimentos dos Navios de 2004, internalizada no Brasil por meio do Decreto Legislativo no 148/2010 de 15 de março de 2010. No Brasil, o gerenciamento da água de lastro é tratado pela NORMAM-20/2005 da Diretoria de Portos e Costas, pela Resolução ANVISA-RDC no 72/2009, além da Lei no 9.966/2000. Ver sobre o tema: ZANELLA, Tiago Vinicius. Água de lastro. Paraná: Juruá, 2010.

² Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2013-01-15/ministerio-publico-investiga-bioinvasao-no-litoral-fluminense>>. Acesso em: 20 set. 2013.

³ Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/anexo/and99165-90.pdf>. Acesso em: 15 out. 2013.

⁴ Política Nacional do Meio Ambiente, Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981, art. 3º, inciso III.

⁵ Para uma análise sobre as técnicas jurídicas para lidar com a incerteza científica em direito ambiental ver: VINUALES, Jorge E. “Legal Techniques for Dealing with Scientific Uncertainty in Environmental Law”. *Vanderbilt Journal of Transnational Law*, 43, 2010, p. 437.

⁶ STJ, Resp n. 1378705/SC, Rel. Min. Eliana Calmon, julgamento em 3/10/2013.

⁷ Ver sobre o tema: TARTUCE, Flávio. *Responsabilidade civil objetiva e risco: a teoria do risco concorrente*. São Paulo: Editora Método, 2011, p. 118 e p. 175

⁸ STJ, Resp 972.902/RS, Rel. Min. Eliana Calmon, julgamento em 25/08/2009; STJ, Resp 1.060.753/SP, Rel. Min. Eliana Calmon, julgamento em 01/12/2009.

⁹ Sobre o tema ver: CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. 2ª. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

¹⁰ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. 2ª. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013, p. 206. O autor apresenta como um exemplo um caso julgado pelo TJSC, Apelação Cível 9800924-3/SP, julgamento em: 27/10/1998, Rel. Nilton Macedo Machado.

¹¹ Ver sobre o tema: TARTUCE, Flávio. *Responsabilidade civil objetiva e risco: a teoria do risco concorrente*. São Paulo: Editora Método, 2011, p. 80.

¹² LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patryck de Araújo. *Dano ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial. Teoria e prática*. 4ª. ed. São Paulo: RT, 2011, p. 186; CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. 2ª. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013, p. 157; SCHREIBER, Anderson. *Novos paradigmas da responsabilidade civil: da erosão dos filtros da reparação à diluição dos danos*. São Paulo: Atlas, p. 74.

¹³ STJ, REsp 948.921/SP, Rel. Min. Herman Benjamin, julgamento em 23/10/2007.

¹⁴ TJRS, Apelação Cível 70000932830, 9ª Câmara Cível, Rel. Juíza Ana Lúcia Carvalho Pinto Vieira, julgamento em 27.11.2002.

¹⁵ Art. 942 do Código Civil. Ver ainda: STJ, REsp 1.056.540/GO, Rel. Min. Eliana Calmon, julgamento em 25/08/2009; Resp 37.354/SP, julgado em 1995, Relator Min. Antônio de Pádua Ribeiro; Resp 1.071.041/SP, Rel. Min. Herman Benjamin, julgamento em 24/03/2009; REsp 880.160/RJ, Rel Ministro Mauro Capbell Marques, segunda Turma, julgamento em 04/05/2010.

¹⁶ JASANOFF, Sheila. *Science at the Bar : Law, Science and Tecnology in America*. Cambridge: Harvard University Press, 1995, p. 72.

¹⁷ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. 2ª. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013, p. 217.

¹⁸ TJRS, Apelação Cível n. 70014126130, 3ª. Câmara Cível, Rel. Matilde Chabar Maia, julgamento em 19/10/2006.

¹⁹ MIRRA, Álvaro Luiz Valery. *Ação civil pública e a reparação do dano ao meio ambiente*. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2002, p. 104.

²⁰ Art. 436 do Código de Processo Civil.

²¹ STF, ADI 2.396/MS, Rel. Min. Ellen Gracie, julgamento em 8/05/2003.

²² CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. 2ª. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013, p. 216.

²³ CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental*. 2ª. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013, p. 220.

Amazônia Azul[®]

O Patrimônio Brasileiro no Mar



**Marinha do Brasil, protegendo
nossas riquezas na “Amazônia Azul”[®]**

Com quase 4,5 milhões de Km², a Amazônia Azul acrescenta ao País uma área equivalente a mais de 50% de sua extensão territorial.



Centro de Comunicação Social da Marinha



20 YEARS OF BIOFOULING ON BIOINC

Ilana R Zalmon

Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Alberto Lamego 2000. Campos dos Goytacazes, CEP: 28013-620, Rio de Janeiro, Brasil. *E-mail: ilana@uenf.br

Sergio Henrique G. da Silva (In Memoriam)

Depto Biologia Marinha, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ABSTRACT

In 1991 took place the first Brazilian Biofouling meeting, which included mainly the researchers of IEAPM and Marine Biology Department of the Federal University of Rio de Janeiro. In 1997 the II Biofouling, Benthic Ecology and Biocorrosion meeting (BIOINC) was officially started as a biennial event at Araraial do Cabo, Rio de Janeiro-Brazil, with several Brazilian institutions and universities, totaling 520 presentations (ca. 50 per meeting). A total of 194 studies (40%) refer to the Biofouling topic, which included four main themes: Biofilm (N = 10%), Painting + Ballast water + Imposex (11%), Natural Anti-Fouling (27%) and Ecology (52%), all performed on more than 20 national research institutions and universities (Ceará, Pernambuco, Alagoas, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná and Santa Catarina states) and with international collaborations (e.g. England, Oman, Sweden, Chile, USA). During the 20 years of BIOINC, the anti-fouling studies started dealing with painting with and without TBT, in situ and in lab tests, anti-fouling activity in marine organisms and other natural biocides from pepper and soy to low-emission anti-barnacle coatings, bacterial quorum sensing inhibitors preventing biofouling, chemical defense on macroalgae including molecular and cell aspects, and also the use of macroalgae on bioprospecting models and the extraction of metabolites with high economic value. The Ecology theme started on ships and experimental panels, their components as epifauna, nematofauna, incrusting algae and associated macrofauna, their interactions as competition, predation and herbivory, the ecological processes as recruitment and succession, temporal and spatial variations at different scales to multiple hypothesis tests, modeling, natural x artificial substrates, natural and induced disturbances, in situ and laboratory test with larvae, hydrodynamics, fish community associated, experimental designs, artificial reefs as reefballs, shipwrecks and oil platforms. Recent and new approaches will be discussed.



Marine biofouling is caused by the adhesion of barnacles, macroalgae and microbial slimes. It is a worldwide problem in marine systems, such as oil and gas industries, nuclear power plants and to navy industry. On ships' hulls, biofouling results in an increase in roughness, fuel consumption, hull cleaning, paint removal and repainting, and all contribute to the costs of biofouling. Because its economic implications, se-

veral experimental studies have been performed, in order to study biofouling community dynamics, antifouling products and fouling control (Figure 1). Recognizing the importance of understand biofouling dynamics and consequences, in 1991 took place the first Brazilian Biofouling meeting. It included mainly the researchers of IEAPM and Marine Biology Department of the Federal University of Rio de Janeiro.



Figure 1. Examples of biofouling on ship hulls, experimental studies and structures.

Since 1997 the II Biofouling, Benthic Ecology and Biocorrosion meeting (BIOINC) was officially started as a biennial event at Arraial do Cabo, Rio de Janeiro-Brazil, with several Brazilian institutions and universi-

ties. A total of 520 abstracts included oral and poster presentations (ca. 50 per meeting), which showed the lowest number at the last meeting (N = 30) and the highest one at the V Bioinc (N = 68) (Table 1).

Table 1. Total number of presentations on each Biofouling, Benthic Ecology and Biocorrosion meeting at Arraial do Cabo, southeaster Rio de Janeiro.

1991: I BIOINC (N = 33)
1997: II BIOINC (N = 57)
1999: III BIOINC (N = 46)
2001: IV BIOINC (N = 51)
2003: V BIOINC (N = 68)
2005: VI BIOINC (N = 54)
2007: VII BIOINC (N = 66)
2009: VIII BIOINC (N = 52)
2011: IX BIOINC (N = 61)
2013: X BIOINC (N = 30)

A total of 194 studies (~ 40%) refer to the Biofouling theme on almost all the 10 meetings (Figure 2). This big topic includes four main issues: Biofilm (N = 18), Painting + Ballast water + Imposex (N = 21), Natural Anti-Fouling (N = 50) and Ecology (N = 105) (Figure 3).

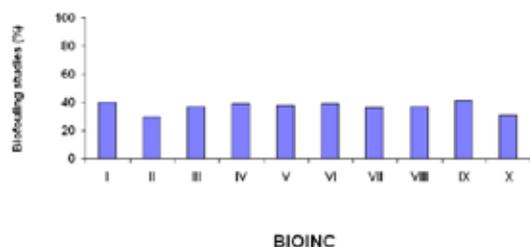


Figure 2. Percentage of biofouling studies presented at the Biofouling, Benthic Ecology and Biocorrosion meeting from 1991 (I) to 2013 (X).

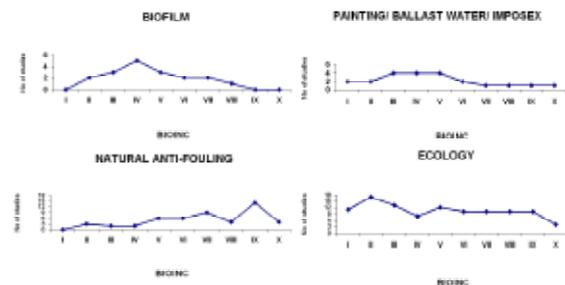


Figure 3. Number of studies of the four main themes on Biofouling topic presented at the Biofouling, Benthic Ecology and Biocorrosion meeting from 1991 (I) to 2013 (X).

The biofouling researches are performed on more than 20 national institutions and universities from northeast (UFCE, UFPE, UPEP, UFAL), southeast (UFF, UFRJ, UERJ, UENF, IEAPM, IOC, JBRJ, PETROBRAS, COPPE, USP, UNICAMP) and southern Brazil (UFPR, UNIVALI, FURG), and with international collaborations (e.g. University of Portsmouth-UK, Sultan Qaboos University-Oman, SP Technical Research Institute-Sweden, Duke University-USA).

During the 20 years of BIOINC, the anti-fouling studies started dealing with painting with and without TBT, in situ and in lab tests, anti-fouling activity in marine organisms and other natural biocides from pepper and soy to low-emission anti-barnacle coatings, bacterial quorum sensing inhibitors preventing biofouling, chemical defense on macroalgae including molecular and cell aspects, and also the use of macroalgae on bioprospecting models and the extraction of metabolites with high economic value (Table 2).

Table 3. Evolutive approaches of the main research topics on ecology theme at Bioinc meeting (1991-2013).

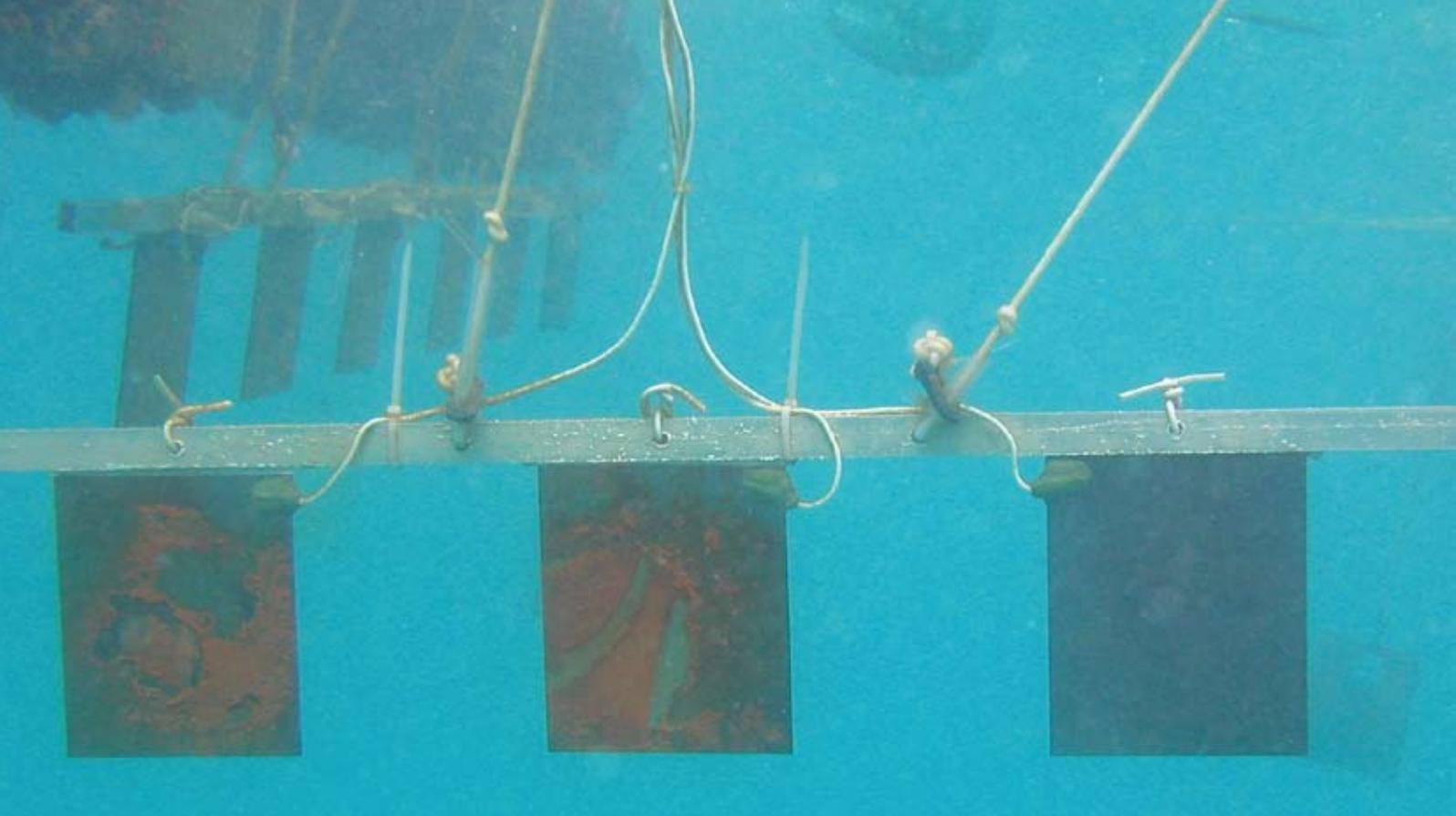
1991-1997	2005	2011-2013
painting efficacy TBT impact anti-fouling activity in orgs chemical ecology anti-fouling tests	pepper biocide soy biocide chemical defense (algae) painting efficacy (TIN-free)	low-emission anti-barnacle coating bacterial quorum sensing inhibitors chemical defense (algae) molecular aspects (algae) modeling for bioprospecting (algae) capsaicin and curcumin

The Ecology theme started on ships and experimental panels, their components as epifauna, nematofauna, incrusting algae and associated macrofauna, their interactions as competition, predation and herbivory, the ecological processes as recruitment and succession, temporal and spatial variations at different scales to multiple hypothesis tests, modeling, natural x artificial substrates, natural and induced disturbances, in situ and laboratory test with larvae, hydrodynamics, fish community associated, experimental designs, artificial reefs as reef-balls, shipwrecks and oil platforms.

Table 2. Evolutive approaches of the main research topics on anti-fouling theme at Bioinc meeting (1991-2013).

1991-1997	2005	2011-2013
biofouling program -IEAPM ships and panels components methodological approaches interactions temporal / spatial variations physiology: barnacles ecological processes artificial reefs	modeling natural and induced disturbances multiple hypothesis tests natural x artificial substrates larvae: in situ and lab tests oil platforms and shipwrecks	heterogeneity, spatial variation fish community associated biofouling on aquaculture experimental designs hydrodynamics AR: epi/infauna/fish

According to the main researchers recent and new approaches on biofouling topic include larvae tests on lab and in situ, natural x artificial substrates, artificial reefs (benthic-pelagic trophic connectivity through stable isotopes and environmental and socio-economic impacts: stakeholder perceptions) and biotechnology (modeling, bioprospecting, biomolecular issues and chemical defense).



CORROSÃO MARINHA E BIOCORROSÃO NOS 20 ANOS DO ENCONTRO DE BIOINCRUSTAÇÃO, ECOLOGIA BÊNITICA E BIOCORROSÃO (BIOINC)



Luciana Vicente
Resende de Messano
Pesquisadora FAPERJ/CAPES de
Pós-Doutorado associada à Divisão de
Biotecnologia Marinha do IEAPM.

Ricardo Coutinho
Pesquisador Titular do IEAPM. Encar-
regado da Divisão de Biotecnologia
Marinha

Maria Helena Campos Baeta Neves
Pesquisadora Titular do IEAPM.

Durante o X BIOINC realizado em julho deste ano, em comemoração aos 20 anos do Encontro, foram apresentadas quatro palestras sobre a evolução dos principais eixos do Encontro: Bioincrustação, Ecologia Bêntica e Biocorrosão (e Corrosão) ao longo desses 20 anos. Aqui trataremos do eixo de Corrosão e Biocorrosão descrevendo a linha de pesquisa, os cenários que motivaram as sessões em cada encontro, as apresentações, as participações e as perspectivas.

A corrosão é uma área de conhecimento do interesse de profissionais das áreas das Engenharias (principalmente Química, Metalúrgica, Materiais, Naval, Civil, Mecânica e Aeronáutica), Medicina e Saúde (Odontologia e Ortopedia), Arquitetura (Estruturas em Concreto Armado e Monumentos de Bronze) e de Biologia e Meio Ambiente. Trata-se de um processo de deterioração dos materiais, principalmente metálicos, que causa perdas na função e redução na vida útil de equipamentos e estruturas. A corrosão dos materiais metálicos é um processo espontâneo, de natureza eletroquímica, onde ocorre uma reação de oxidação, quando o metal cede elétrons em presença de um líquido condutor de corrente elétrica (um eletrólito, ou seja, o meio corrosivo), na superfície de contato do metal com o ambiente (Figura 1).



Figura 1 - Casos de corrosão em materiais metálicos diversos

Sendo assim, a corrosão é um modo de destruição do metal, onde a progressiva perda de elétrons terá conseqüências que dependerão do metal utilizado e se há e qual é o tipo de proteção contra a corrosão. Em geral, essa oxidação causa perda em espessura e/ou superfície do material metálico. Os casos de corrosão metálica são muitos e 90% deles ocorrem na presença de água. O meio marinho é um dos meios corrosivos mais complexos. A principal variável é a salinidade, que aumenta a condutividade da água, acelerando o processo de corrosão eletroquímica. No entanto, a ação corrosiva do meio marinho não se restringe à ação da dissolução de sais. Fatores como a temperatura, a matéria orgânica dissolvida e particulada, o pH, a velocidade das correntes, e o desenvolvimento da bioincrustação também influenciam o processo corrosivo (Gentil, 1996).

Desta forma, indústrias que possuem sistemas expostos ao ambiente marinho são particularmente interessadas nos mecanismos e conseqüências da corrosão, como a indústria naval, indústrias do setor de óleo e gás e centrais nucleares. Os estudos de Corrosão Marinha abordam os efeitos da corrosão atmosférica (sob spray e atmosfera salina), corrosão em água do mar (quando a água do mar é tratada ou esterilizada, de alguma forma), corrosão em água do mar

natural (quando a água do mar é diretamente bombeada) e corrosão no ambiente marinho. Os dois últimos são os casos onde os materiais estão também sujeitos à biocorrosão marinha.

Biocorrosão (também chamada de corrosão microbiológica) é o termo usualmente empregado para designar a participação e/ou atividade de microorganismos nos processos de corrosão, quando estes colonizam superfícies metálicas onde há um mínimo de umidade (solo, ar e água, entre outros ambientes, como tanques de lastro e de combustível) (Videla, 2003). Os principais microorganismos envolvidos são as bactérias, mas também microalgas, protozoários e fungos influenciam no processo. A biocorrosão não representa um tipo diferente de corrosão e não modifica o processo em si. A questão é que devido ao seu metabolismo e à formação de depósitos nas superfícies metálicas, os microorganismos interferem no balanço das reações de corrosão, alterando o pH, as concentrações de oxigênio e de outros íons (Beech e Gaylarde, 1999). A biocorrosão é considerada uma falha de corrosão grave e problemática, pois pode causar corrosão em casos em que a falha não é esperada (Little e Lee, 2007).

Os casos de biocorrosão no ambiente marinho seguem os mesmos princípios, mas apresentam uma peculiaridade - macroorganismos também interagem com as superfícies e influenciam no processo. Isto significa dizer que as pesquisas na área de Biocorrosão Marinha buscam entender os efeitos da bioincrustação na corrosão de superfícies metálicas expostas no ambiente marinho (Figura 2), uma vez que tanto os microorganismos do biofilme quanto a fixação dos invertebrados incrustantes modificam as condições eletroquímicas das superfícies metálicas (Messano et al., 2007).

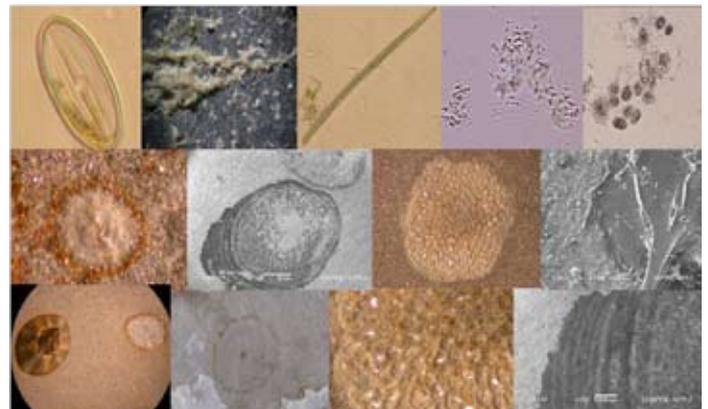


Figura 2 - Micrografias ilustrando o biofilme e os microorganismos e casos de biocorrosão causados por invertebrados incrustantes.

Contudo, foi apenas na década de 80 que as pesquisas começaram a ser desenvolvidas considerando de fato o impacto da bioincrustação na corrosão. É amplamente reportado na literatura que até então, as interações entre fatores biológicos e eletroquímicos não recebiam atenção suficiente, uma vez que a tendência era sempre estudar os processos eletroquímicos e biológicos de forma independente (LaQue, 1982). Cabe ressaltar que dentre os estudos que detalham as interações entre a bioincrustação e a corro-



são, até os dias de hoje, a maioria objetiva o estudo do filme bacteriano, sendo escassos os estudos de biocorrosão que levam em consideração os efeitos da “macroincrustação” (Messano et al., 2009).

Embora seja uma questão bastante específica e estudada por poucos grupos se comparada com outras linhas de pesquisa, os estudos de biocorrosão e corrosão são de reconhecida importância e são discutidos na comunidade científica desde o primeiro congresso internacional sobre Corrosão Marinha e Bioincrustação (International Congress on Marine Corrosion and Fouling - ICMCF), em 1964 na França e assim se mantém até hoje - o 17º ICMCF, atualmente organizado pelo Comité International Permanent pour la Recherche sur la Préservation des Matériaux en Milieu Marin (COIPM), será realizado em Singapura em 2014. Este congresso é a conferência científica internacional mais importante no que se refere à biologia e ecologia de incrustantes, prevenção e controle da bioincrustação, corrosão e deterioração de materiais no ambiente marinho, novas tecnologias e regulamentação.

No Brasil, até a organização do primeiro Encontro de Bioincrustação em 1991 (I BIOINC) nenhum outro congresso científico se dedicou às discussões sobre bioincrustação e ecologia bêntica. Este primeiro encontro não contemplou trabalhos nem de corrosão nem de biocorrosão. No entan-

to, com a evolução não só na área de corrosão, mas também nas áreas de produtos naturais e de tecnologias anti-incrustantes, a partir do II BIOINC em 1997, os encontros foram organizados nos moldes do congresso internacional, que se tornou o Encontro de Bioincrustação, Ecologia Bêntica e Corrosão, congresso nacional de caráter multidisciplinar que reúne profissionais da área acadêmica, indústria, defesa e outros órgãos governamentais para as discussões dentro dos eixos de interesse.

Como podemos observar na Figura 3, o II BIOINC (1997) foi o encontro mais completo dentro do eixo de Corrosão, com um dia todo dedicado a apresentações orais sobre proteção anti-corrosiva, biocorrosão, tecnologias, revestimentos e perspectivas, envolvendo profissionais da PETROBRAS (Eng^a Fátima Magalhães), Eletronuclear (Eng^o Nelri F. Leite), COPPE/UFRJ (Dr. Lucio Sathler e Dr. Luiz Roberto Miranda), UFF (Dr. Fernando Mainier), e um representante da NACE International (Leonardo Uller), entre outros. Algumas dessas apresentações foram frutos dos primeiros contratos de cooperação técnica realizados entre o IEAPM e a Eletronuclear e a Petrobras para testes de bioincrustação em materiais metálicos. A conferência inaugural do Encontro foi proferida pelo Prof. Vicente Gentil (Importância Econômica: Ação corrosiva da Água do mar), um dos maiores nomes da área de Corrosão no Brasil (vide quadro anexo).

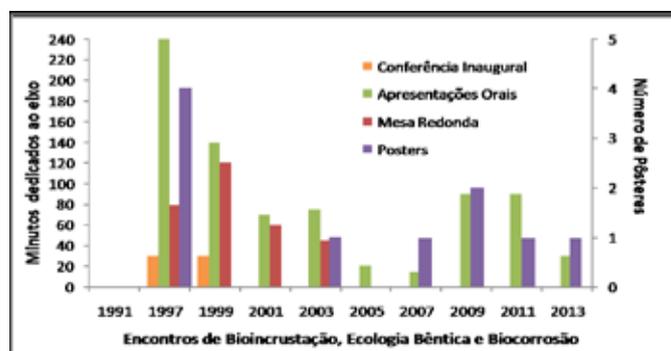


Figura 3 - Gráfico ilustrando os minutos dedicados ao eixo de Corrosão e Biocorrosão à esquerda e o número de pôsters sobre os assuntos à direita, do I ao X BIOINCs.

No ano seguinte ao II BIOINC, em 1998, A FAPERJ lançou o programa de apoio a Redes Cooperativas de Pesquisa e o edital contemplou a REDECORR - Pesquisa em Corrosão e Tecnologias de Proteção Anti-corrosivas, coordenado pelo Dr. Eduardo Cavalcanti da Divisão de Corrosão do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), em que a então Divisão de Bioincrustação do IEAPM foi convidada a participar, representada pelo Dr. Ricardo Coutinho e pela Dra. Maria Helena Baeta Neves. No III BIOINC em 1999, da mesma forma que no anterior, houve um dia todo dedicado à Corrosão, também com a participação de diversos profissionais de destaque (Prof. Héctor Videla; Prof. Vicente Gentil; Dra. Selma Leite e Dra. Simone Brasil - Escola de Química/UFRJ; Dr. Lucio Sathler e Dr. Luiz Miranda - COPPE/UFRJ; Leonardo Uller - CYTED; Lucia Campos - USU). Os resultados dos projetos da área marinha de várias instituições envolvidas nessa rede de pesquisa foram discutidos, inclusive os resultados de duas dissertações de mestrado desenvolvidas no âmbito da rede, com apoio do IEAPM, em colaboração com o Laboratório de Corrosão da COPPE/UFRJ: “Avaliação in situ e em laboratório de um primer de ferrugem protetora sob película de tinta antifouling” (Costa, 1998) e “Efeitos da incrustação de macroorganismos sobre materiais de centrais nucleares que utilizam água do mar nos sistemas de refrigeração” (Leite, 1999). Também foi feita uma apresentação pelo coordenador do REDECORR sobre a formação da rede em si, reforçando a importância do intercâmbio de conhecimento e recursos humanos entre as instituições, iniciativa fundamental em se tratando de uma área interdisciplinar. Como exemplo bem sucedido, foi apresentada pelo Prof. Héctor Videla, a Rede Temática Corrosão Microbiológica do Programa Ibero-Americano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento (CYTED) formada por representantes da área de biocorrosão de diversos países latino americanos, coordenada por ele, que foi um dos maiores ícones mundiais da área de Biocorrosão (vide quadro anexo). Neste encontro, o prof. Videla também proferiu a conferência inaugural (Biocorrosão no Ambiente Marinho).



Vicente Gentil foi químico e engenheiro químico e professor emérito da Escola de Química/UFRJ. Reconhecido por sua gentileza e simplicidade, foi um pioneiro na pesquisa e ensino de Corrosão e responsável por organizar o setor de Corrosão dentro das engenharias do Brasil. Foi o primeiro presidente da Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO). É autor do livro “Corrosão”, revisado por ele mesmo até a 5ª edição, referência para todos os ramos da engenharia no Brasil. Professor Gentil faleceu com quase 80 anos em janeiro de 2008.



Dr. Hector A. Videla era professor de Biodeteriorização de Materiais na Faculdade de Engenharia da Universidade Tecnológica Nacional de La Plata, Argentina, onde nasceu. Seus interesses principais eram bioeletroquímica, biodeterioração de materiais e biocorrosão, que pesquisa desde 1975. Considerado um dos grandes ícones no estudo de biocorrosão, professor Videla tinha mais de 260 artigos publicados, 350 comunicações em conferências internacionais, 21 capítulos em livros e 5 livros. Editor de periódicos importantes, membro da internacional Biodeterioration and Biodegradation Society, colaborou com diversos pesquisadores, especialmente nos Estados Unidos e na América do Sul, e no Brasil colaborou na ABRACO por muitos anos. Também reconhecido por sua gentileza e simplicidade, faleceu em 28 de janeiro de 2012, meses depois do IX BIOINC.

Após o término da REDECORR, no ano de 2000, impulsionados pelo cenário promissor, alguns parceiros decidiram seguir com as colaborações, porém desta vez de maneira mais específica e foi proposta a criação da RedeBioincorr. A idéia era fortalecer o grupo para novas propostas sobre o estudo dos efeitos da bioincrustação na corrosão e restabelecer o intercâmbio de estudantes entre os laboratórios, visando à formação interdisciplinar de recursos humanos para os novos projetos. O VI BIOINC em 2001 teve uma manhã dedicada a Biocorrosão, com duas apresentações, do Engº Walmar Baptista da PETROBRAS e da Dra. Marcia Lutterbach, da Universidade Santa Úrsula (USU), e uma mesa redonda apresentando o Projeto “Rede Bioincorr” e seus parceiros.

Reconhecendo a carência e a importância dessa área, Dr. Ricardo Coutinho, encarregado da então Divisão de Bioincrustação do IEAPM, ainda em 2001, deu início aos trabalhos de Biocorrosão, no âmbito da rede, em colaboração com INT (Dr. Eduardo Cavalcanti (co-orientador) e USU (Dra. Marlene Benchimol (colaboradora)), com a dissertação de Mestrado: “Efeitos da incrustação de macroorganismos na corrosão de painéis de aço carbono” (Messano, 2003). A dissertação teve cunho mais acadêmico, voltada para o entendimento de questões básicas e de lacunas importantes em relação aos efeitos da macroincrustação.

No V BIOINC em 2003, representaram o eixo de Corrosão no encontro, uma mesa redonda para discutir possíveis desdobramentos para a parceria estabelecida dois anos antes (com a participação de Dr. Eduardo Cavalcanti (INT); Dra. Cláudia Coutinho (UFF/FIOCRUZ);

Dra. Márcia Lutterbach (INT); Dra. Maria Helena C. Baretta Neves (IEAPM) e Dra. Marlene Benchimol (USU)), e o pôster com os resultados da dissertação mencionada acima (Messano et al., 2003). Ainda em 2003, uma nova cooperação, desta vez entre o Laboratório de Corrosão da COPPE/UFRJ (Prof. Lucio Sathler (orientador) e Dra. Leila Y. Reznik (colaboradora) e o IEAPM (Dr. Ricardo Coutinho (orientador)) apoiou o desenvolvimento da tese de doutorado “Biocorrosão Marinha: A comunidade macroincrustante e seu efeito na corrosão de aços inoxidáveis especiais de alta liga (AISI 316, AISI 904L e Zeron 100®)” (Messano, 2007).

Mesmo após os primeiros investimentos, a Rede Bioincorr não teve mais desdobramentos e no VI BIOINC (2005), essa lacuna se fez sentir. Apenas uma apresentação oral de 20 minutos (Messano et al., 2005) tratou de biocorrosão, e apresentou as barreiras metodológicas entre os estudos de corrosão e os estudos experimentais de bioincrustação, destacando a falta de integração entre as áreas como o principal obstáculo ao desenvolvimento dos trabalhos.

A partir do VII BIOINC em 2007, o encontro passou a se chamar Encontro de Bioincrustação, Ecologia Bêntica e Biocorrosão (e não mais Corrosão), e desde então as sessões de Biocorrosão voltaram ao evento. Desde 2006, pesquisas de Biocorrosão do IEAPM haviam sido inseridas no Projeto de Apoio a Núcleos de Excelência (PRONEX/FAPERJ/CNPq) e no VII BIOINC, além de um pôster, os resultados de biocorrosão foram apresentados junto com os demais projetos do PRONEX (Messano et al., 2007).



No entanto, o VIII BIOINC em 2009 foi o encontro que marcou a retomada do eixo de Biorrosão, quando o prof. Hector Videla voltou ao encontro para ministrar a conferência “Biorrosion in the new millenium: an overview”. Mais quatro apresentações orais completaram a sessão: uma do próprio prof. Videla, outra do engenheiro da PETROBRAS Sergio Pagnin e as outras duas foram sobre estudos em andamento desenvolvidos com apoio do IEAPM - a tese de doutorado defendida na Escola de Química /UFRJ (Dra. Selma Leite (orientadora) e Dr. Ricardo Coutinho (co-orientador)), “Avaliação de biofilme e produtos de corrosão sobre aço carbono SAE 1005, em ambiente marinho” (Menezes, 2012) e “Desenvolvimento e caracterização do biofilme marinho em ambiente natural e seu efeito na corrosão de aços inoxidáveis”, com uma apresentação oral e dois pôsters (Messano et al., 2009 a,b) - trabalho desenvolvido com a colaboração da Dra. Barbara Lage (UNIFESP) e da Dra. Maria Helena Baeta Neves (IEAPM). Estes foram os primeiros resultados do projeto de pós-doutorado “Programa de Estudos Integrados sobre Biorrosão Marinha”, sob supervisão do Dr. Ricardo Coutinho, contemplado no programa “Apoio ao Programa de Pós-Doutorado no Estado do Rio de Janeiro (PAPD/FAPERJ/CAPES)”, com duração de 5 anos (2009-2014). O IX BIOINC em 2011, além de nova conferência do prof. Videla (“Biorrosion and Microbial Inhibition of Corrosion: Two Faces Of The Same Coin”) que celebrou uma nova cooperação, dessa vez dele com o IEAPM para estudos de biorrosão no âmbito do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), a sessão foi marcada pela apresentação em comemoração aos 10 anos de estudo de Biorrosão no IEAPM (Messano & Coutinho, 2011). A apresentação lembrou as atividades e a produção nessa linha de pesquisa ao longo desses anos (1 dissertação de Mestrado, 1 tese de Doutorado, 2 artigos internacionais, 1 artigo nacional e 11 resumos publicados em anais de eventos), destacando os diferenciais dos trabalhos, como a inclusão de aspectos ecológicos tanto da comunidade macroincrustante quanto microbiana, e a importância dos experimentos realizados em campo, diretamente no ambiente marinho, o que por um lado aproxima os desenhos experimentais das condições reais de utilização dos materiais, mas que por outro são de difícil execução (Figura 4).



Figura 4 - Fotos dos experimentos de campo para estudo da biorrosão da Divisão de Biotecnologia Marinha do IEAPM.

E no último encontro (X BIOINC), além de relembrar todo o histórico da linha de pesquisa no Brasil e no IEAPM, durante a apresentação também foram destacadas as metas e perspectivas futuras na área. Foram ressaltadas as mudanças na demanda das empresas em relação à Biorrosão, como a atual tendência mundial em atender ao setor de óleo, gás e biocombustíveis. Isso direcionou as pesquisas em todo o mundo para o estudo da corrosão microbiológica em oleodutos, gasodutos e na presença de hidrocarbonetos e biodiesel, respaldados pela biologia molecular, onde os microrganismos envolvidos na corrosão são caracterizados através da metagenômica(1) (Suflita et al., 2012) ou respaldados por aplicações de técnicas inovadoras, com da metabolômica (2) (Sunner et al., 2013) na identificação de microrganismos atuantes no processo de corrosão.

No Brasil não é diferente. Os poucos grupos de pesquisa que estudam biorrosão tem voltado atenções ao setor de óleo e gás. Como exemplo, podemos citar a alta qualidade dos trabalhos dos principais grupos nacionais de pesquisa em biorrosão (INT, Escola de Química/UFRJ, UFRGS, entre outros) no ISMOS4 (Simpósio Internacional de Microbiologia aplicada e Biologia Molecular na indústria do Petróleo), que esse ano foi realizado no Rio de Janeiro. O simpósio trata da aplicação de ferramentas de biologia molecular e novas técnicas em microbiologia em várias fontes de hidrocarbonetos, em que o diagnóstico, controle e prevenção de biorrosão foram tópicos principais do congresso. O direcionamento para o setor de óleo e gás também é observado na área de Corrosão: no Congresso Brasileiro de Corrosão em 2012, os melhores trabalhos apresentados, que foram condecorados com o Prêmio Vicente Gentil, tiveram como temática a Corrosão Marinha, com o desenvolvimento de técnicas para monitoramento do processo de corrosão em meio aquoso e petróleo, propondo soluções inovadoras quanto à proteção anticorrosiva para exploração de petróleo na camada do pré-sal.

Esses novos horizontes na pesquisa aplicada são fundamentais e extremamente importantes, contudo, os estudos no ambiente marinho, dos efeitos das comunidades naturais na corrosão e dos experimentos em campo (principais escopos dos estudos na Divisão de Biotecnologia Marinha no IEAPM), são fundamentais para o entendimento de todo o processo e ainda existem muitas questões a serem respondidas. A pesquisa básica é a essência da pesquisa aplicada, e ambas são o alicerce para a geração de desenvolvimento e inovação tecnológica. Isto significa dizer que as lacunas nas questões básicas sobre biorrosão no ambiente marinho podem comprometer todo o processo de geração do conhecimento e sua aplicação prática. Preencher-las certamente faz parte das metas da Divisão para os próximos anos.

(1) Metagenômica é o estudo do material genético recuperado diretamente a partir de amostras ambientais, usando muitas vezes o sequenciamento do gene 16S rRNA para possibilitar a identificação dos gêneros.

(2) Metabolômica é o estudo científico que visa identificar o conjunto de metabólitos produzidos por um organismo. O perfil metabólico dos microrganismos fornece informações sobre quais são os produtos finais dos processos celulares e, no caso dos estudos de corrosão, se estes são agressivos às superfícies metálicas como ácidos sulfúricos e nitrogenados.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEECH, I. A., GAYLARDE, C.C. Recent advances in the study of biocorrosion, an overview. *Revista de Microbiologia*, n.30, p. 170-190, 1999.

COSTA, A. K. S. Avaliação “in situ” e em laboratório de um “primer” de ferrugem protetora sob a película de tinta “antifouling”. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 93p, 1998.

GENTIL, V. Corrosão. 3ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S. A., 1996.

LAQUE, F. L. Topics for Research in Marine Corrosion. *Materials Performance*, v.21, n.4, p.13-18, 1982.

LEITE, N. F. Efeitos da incrustação de macroorganismos sobre materiais de centrais nucleares que utilizam água do mar nos sistemas de refrigeração. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

LITTLE, B.J., LEE, J.S. *Microbiologically Influenced Corrosion*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.
MENEZES, D. L. F. Avaliação de biofilme e produtos de corrosão sobre aço carbono SAE 1005, em ambiente marinho. Tese (Doutorado) - Programa em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MESSANO, L. V. R. Efeitos da incrustação de macroorganismos na corrosão de aço carbono. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Biologia Marinha. COPPE, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 57p, 2003.

MESSANO, L. V. R. Biocorrosão Marinha: A Comunidade Macroincrustante E Seu Efeito Na Corrosão De Aços Inoxidáveis Especiais De Alta Liga (AISI 316, AISI 904L E ZERON 100). Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 157p, 2007.

MESSANO, L.V.R. ; COUTINHO, R. Dez anos de pesquisa em Biocorrosão Marinha no IEAPM - de onde viemos, como estamos e para onde vamos. In: IX ENCONTRO DE BIOINCRUSTAÇÃO, ECOLOGIA BÊNITICA E BIOCORROSÃO, p. 2011, Arraial do Cabo. Resumos... Arraial do Cabo: IEAPM, 2011.

MESSANO, L.V.R. ; COUTINHO, R. ; CAVALCANTI, E. H. S. ; BENCHIMOL, M. . The influence of macrofouling on the corrosion behaviour of API 5L X65 carbon steel. *Biofouling (New York)*, v. 23, p. 193-201, 2007.

MESSANO, L. V.R. ; IGNACIO, B. L. ; COUTINHO, R. . Evolução do potencial de corrosão do aço duplex de alta liga UNS 32760 submetido a ensaios in situ e ex situ. In: VIII ENCONTRO DE BIOINCRUSTAÇÃO, ECOLOGIA BÊNITICA E BIOCORROSÃO, 2009, Arraial do Cabo. Resumos... Arraial do Cabo: IEAPM, 2009. 1 CD-ROM

MESSANO, L. V.R. ; IGNACIO, B. L. ; COUTINHO, R. . Avaliação do potencial de corrosão do aço inoxidável AISI 316 na presença de biofilme marinho desenvolvido em campo e em laboratório. In: VIII ENCONTRO DE BIOINCRUSTAÇÃO, ECOLOGIA BÊNITICA E BIOCORROSÃO, 2009, Arraial do Cabo. Resumos... Arraial do Cabo: IEAPM, 2009. 1 CD-ROM

MESSANO, L.V.R. ; SATHLER, Lucio ; REZNIK, Leila Y. ; COUTINHO, Ricardo . The effect of biofouling on localized corrosion of the stainless steels N08904 and UNS S32760. *International Biodeterioration and Biodegradation*, v. 63, p. 607-614, 2009.

MESSANO, L.V.R. ; SATHLER, L. ; REZNIK, L. Y. ; COUTINHO, R. Efeitos do desenvolvimento da bioincrustação na corrosão localizada dos aços inoxidáveis AISI 316, AISI 904L E ZERON 100. In: VII ENCONTRO DE BIOINCRUSTAÇÃO, ECOLOGIA BÊNITICA E BIOCORROSÃO, 2007, Arraial do Cabo. Resumos... Arraial do Cabo: IEAPM, 2007. 1 CD-ROM.

MESSANO, L.V.R. ; SATHLER, L. ; COUTINHO, R. . Biocorrosão Marinha: interface entre ecologia de incrustantes, processos eletroquímicos e ciência de materiais desafios em um estudo multidisciplinar. In: VI ENCONTRO DE BIOINCRUSTAÇÃO, ECOLOGIA BÊNITICA E CORROSÃO, 2005, Arraial do Cabo. Resumos... Arraial do Cabo: IEAPM, 2005. 1 CD-ROM.

MESSANO, L.V.R. ; COUTINHO, R. ; CAVALCANTI, E. H. S. . Efeitos da Incrustação de Macroorganismos na Corrosão de Painéis de Aço Carbono. In: V ENCONTRO DE BIOINCRUSTAÇÃO, ECOLOGIA BÊNITICA E CORROSÃO, 2003, Arraial do Cabo. Resumos... Arraial do Cabo: IEAPM, 2003. 1 CD-ROM.

SUFLITA, J. M., AKTAS, D. F., OLDHAM, A. L., PEREZ-IBARRA, B. M., DUNCAN, K. Molecular tools to track bacteria responsible for fuel deterioration and microbially influenced corrosion. *Biofouling*, v. 28, n. 9, 2012.

SUNNER, J., SUFLITA, J., BEECH, I. Characterization of oil-field samples with emphasis on biocorrosion monitoring and diagnostics. In: Abstracts of ISMOS4 - INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON APPLIED MOLECULAR MICROBIOLOGY IN OIL SYSTEMS, 2013, Rio de Janeiro. Resumos... Rio de Janeiro: 2013.

VIDELA, H. A. Biocorrosão, biofouling e biodeterioração de materiais. 1ª ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2003.

Projeto MPOD

Desenvolvimento de um Sensor para Monitoramento de Dados Ambientais Baseado em Tecnologia de Fibra Óptica

*Geraldo Cernicchiaro, Clara Johanna Pacheco,
Thiago H. Leandro, Pedro Russano*
Laboratório de Instrumentação e Medidas - CBPF

Rogério Neder Candella
Divisão de Dinâmica Estuarina e Costeira - IEAPM

INTRODUÇÃO

O projeto MPOD - Multiperfilador Oceanográfico Descartável está sendo executado pelo Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) em parceria com o Laboratório de Instrumentação e Medidas do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/MCTI), com financiamento da FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos -, tendo como finalidade desenvolver um sensor multiparâmetro para caracterização ambiental, com finalidades de pesquisa ou naval.

No momento, o CBPF desenvolve as tecnologias de monitoramento e aquisição de dados de temperatura, baseados em fibra óptica. Essa tecnologia apresenta grandes vantagens, como sensoramento remoto, imunidade a interferência eletromagnética, facilidade para multiplexação de vários sensores, baixa sensibilidade a perdas de potência em conexões, robustez e custos competitivos.

Os testes de campo vêm sendo realizados no IEAPM, com a instalação de um equipamento na estação maregráfica do porto do Forno, Arraial do Cabo, RJ.

METODOLOGIA

Inicialmente, o projeto propõe o estudo, a caracterização e a produção de um sensor óptico para monitoramento de temperatura no ar e na água do mar. São estudadas as propriedades do 2,4,5-triphenylimidazol ($C_{21}H_{16}N_2$), que é um material opticamente ativo que apresenta vantagens em relação a outros materiais quando se trata do seu uso em sensores para medidas de temperatura na água do mar. No estágio atual, o projeto segue no processo de aperfeiçoamento dos sensores.

O princípio de funcionamento básico do sensor baseado em tecnologia de fibra óptica consiste em mudanças nas propriedades do material depositado na ponta da fibra na medida em que a temperatura varia. O material opticamente ativo, como já foi falado anteriormente, se denomina 2,4,5-Triphenylimidazol, é um composto não tóxico, cujo ponto de fusão se encontra entre 275 a 277° C.

Para este trabalho com fibra óptica e medidas de temperatura em água, esse material apresenta propriedades interessantes, por ser um material hidrofóbico, pode ser utilizado em aplicações aquáticas sem perder material por dissolução, não é afetado pela humidade e seu comportamento com relação à temperatura é semelhante na água e no ar [2].

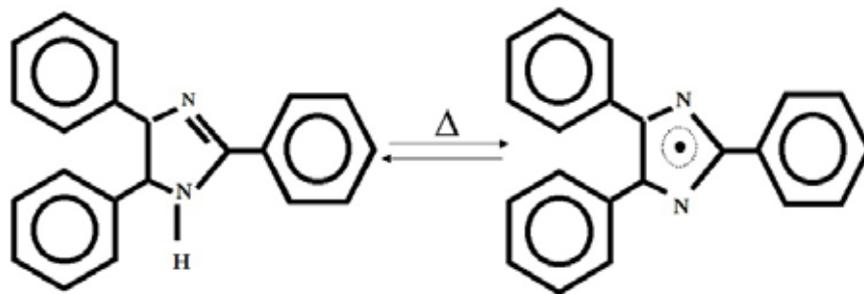


Figura 1. Reação do material frente ao aquecimento.

Na Figura 1 representamos o comportamento do material quando aquecido. Se pode observar que o material apresenta mudança reversível da estrutura molecular frente ao aquecimento, percebendo-se o processo de desidrogenação – reação de eliminação do hidrogênio (H) e, ainda, se tem como produto uma estrutura onde elétrons livres interagem de forma a manter o equilíbrio no grupo Imidazol ou Imidazole.

Para a caracterização óptica do material opticamente ativo procuramos observar como esse material responde a variação de temperatura, retirando espectros de absorbância de amostras do material termocrômico.

O princípio de funcionamento dos sensores se baseia na reflexão de Fresnel do material termocrômico no final da fibra. A reflexão ocorre quando a luz encontra uma descontinuidade do índice de refração, neste caso, entre a fibra e o sensor. Sendo assim, com as variações de temperatura, a luz refletida pode mudar quando o material na extremidade da fibra for aquecido ou resfriado. [1]

Há, basicamente, três métodos de construção do sensor. O primeiro consiste na mistura do material a 10% de resina, como descrito por Wook Jae Yoo et al [3], onde os autores mostram que quando o material é aquecido a sua absorbância óptica diminui, e, assim, a transmitância ou refletância da luz muda. Ou seja, quando há uma variação de temperatura e esta é sentida pelo material (misturado com resina) depositado na ponta da fibra, tem-se então, alteração da absorbância, conseqüentemente a refletância da luz que passa através desse material também muda. Portanto, a temperatura pode ser monitorada medindo a intensidade da luz refletida [3].

No segundo método, é aplicada a técnica de fusão, buscando, como resultado, uma melhor resposta do material

depositado na fibra óptica. De acordo com N. Díaz-Herrera et al [4], essa técnica é muito crítica, uma vez que o desempenho da mesma depende fortemente de uma boa deposição, para assegurar um acoplamento real entre a fibra e região de absorção. Os autores explicitam, ainda, a importância da repetição da técnica, uma vez que, observado o comportamento do material frente ao aquecimento, diferentes meios para a deposição podem surgir e devem ser testados.

O terceiro processo é, na verdade, uma otimização daquele utilizado por N Díaz-Herrera et al. Nesse caso, utilizamos pipetas pasteur de 230mm para aquecer o material, posicionando-a de forma horizontal, com a ponta inclinada para a placa aquecedora, de forma que a parede da pipeta, onde está o material que queremos aquecer, fique em contato com a placa. Esta otimização da primeira técnica da fusão, trouxe maior segurança no que diz respeito a uma melhor deposição do material opticamente ativo a fibra óptica.

RESULTADOS PARCIAIS

Foram fabricados dois tipos de sensores para medida de temperatura de água. Um utilizando o método de misturar com resina e outra utilizando a técnica da fusão. A partir destes, diversos testes foram realizados, tanto no ar, quanto na água, com a medição da luz refletida devido à variação da propriedade óptica do sensor, usando um sistema com fonte LED e Power Meter.

Para verificar a resposta do material no ar, o mesmo foi inserido numa Estufa (Quimis Q-31/P-23), com variações de temperatura entre 20 a 60 °C. As Figuras 2 e 3 mostram os resultados experimentais.



Figura 2. Espectro de absorbância do material opticamente ativo submetido a variações térmicas.

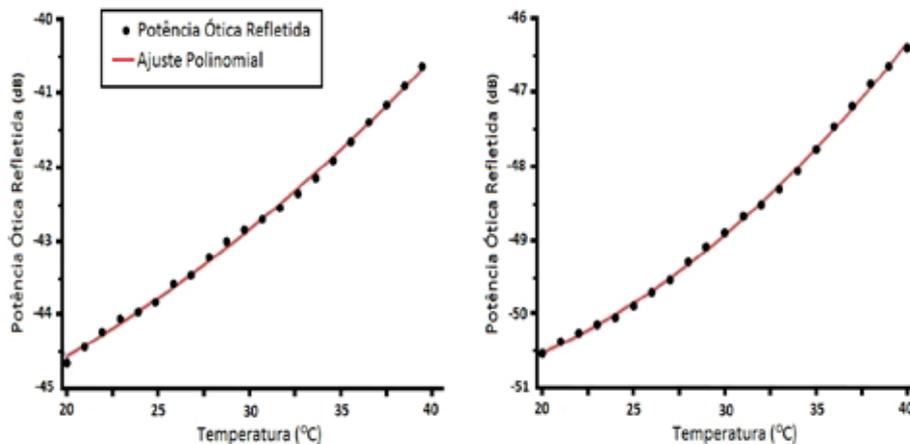


Figura 3. Caracterização da resposta da variação de intensidade de luz refletida pelo sensor em função da temperatura de fibra óptica, utilizando-se uma Fonte LED e PowerMeter. Fontes de luz de (a) 850 nm e (b) 1310 nm.

Conta, como parte essencial neste projeto, com a equipe de eletrônica do Laboratório de Instrumentação e Medidas (LIM), com a construção de um programa para obtenção de dados e apresentação destes em gráficos, facilitando assim, a interpretação das medições realizadas. Para tal, utilizou-se de programação em linguagem LabView.

TESTE DE CAMPO

A Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo, RJ, é uma região com características peculiares na costa brasileira. Por sua localização, no ponto onde há uma forte alteração na direção da costa, há uma alternância do tipo de água em seu interior. Nas chamadas condições de bom tempo, onde prevalece a circulação induzida pelo Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul (ASAS), a Água Costeira, com temperaturas acima de 20°C (tipicamente, 23°C), é a principal massa d'água encontrada. No entanto, na parte sudoeste da enseada, está o principal ponto de ressurgência no litoral do Brasil, que, por sua vez, também está relacionada com o vento de NE. Assim, quando a circulação se inverte, normalmente na chegada de frentes frias, a água ressurgida (Água Central do Atlântico Sul - ACAS) invade a EA, com características extremamente distintas, sendo as temperaturas menores que 20°C, chegando, muitas vezes, próximo a 15°C.

O sensor está localizado na estação maregráfica operado pelo IEAPM no porto do Forno, no interior da EA, numa profundidade de 6 m, a cerca de 7 km da passagem sudoeste, também conhecida com Boqueirão Sul. As medições foram realizadas com frequência de amostragem de 3/min e os dados são transmitidos via modem rádio para o IEAPM, onde são depurados e armazenados.

No período de setembro de 2012 a janeiro de 2013, a temperatura variou entre o máximo de 26,8° C, em 22 de dezembro de 2012, 19:58p, e o mínimo de 14,9°C, em 27 de setembro de 2012, 01:59p, comprovando a ampla variação de temperatura e evidenciando, ainda, ciclos de diversos períodos.

Porém, a estreita relação entre a temperatura da água dentro da enseada e a componente meridional (norte-sul) do vento é o resultado mais significativo.

Para essa comparação, foram utilizados os dados de vento coletados pela estação A606 do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada nas dependências do IEAPM. Na figura 4, pode-se perceber a queda da temperatura quando o vento muda para sul, o que caracteriza a entrada de frentes frias. O retardo médio entre os pontos de inflexão inferiores das duas curvas é de cerca de 12 h.

CONCLUSÕES

O processo desenvolvido para fabricação e leitura de sensores temperatura baseados em fibras ópticas, para aplicações oceanográficas, no âmbito do Subprojeto MPOD, é inovador e demonstrou ótimo desempenho nos testes de laboratório.

O teste de campo, com protótipo semelhante, está em curso em Arraijal do Cabo, com a coleta contínua de dados desde abril de 2012, atingindo excelentes resultados e com poucas falhas, sendo estas, em sua maioria, relacionadas a problemas com o computador de recepção e armazenamento de dados via radiomodem. A coleta sistemática desses dados permitiu aprofundar o conhecimento oceanográfico da Enseada dos Anjos, tanto por comprovar fatos até então teóricos, como a invasão da água ressurgida, quanto como revelar a existência de outros eventos com periodicidade variável, porém igualmente importantes.

Dentre os objetivos do projeto estão, ainda, a inclusão da capacidade amostragem de outros parâmetros, especialmente a pressão, e o desenvolvimento de um protótipo descartável, para ser utilizado da mesma forma que o XBT.

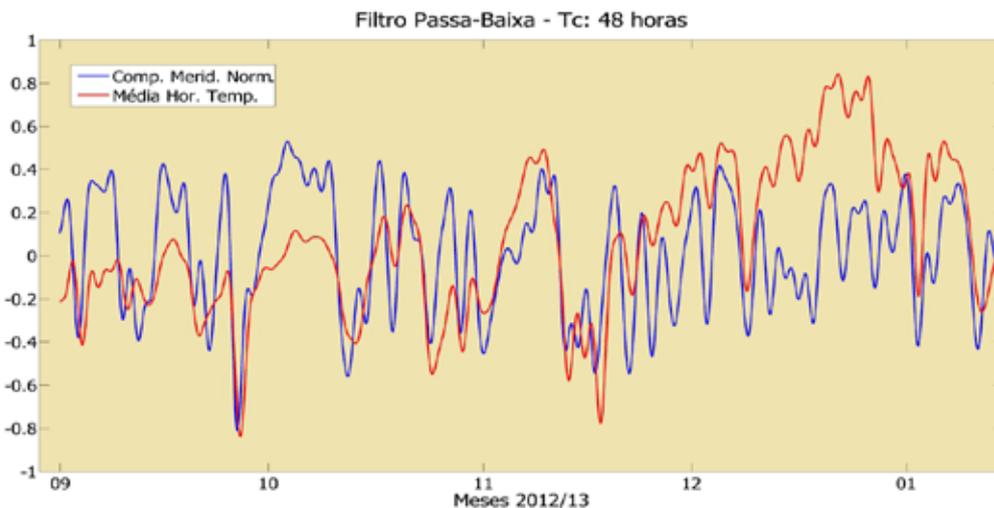


Figura 4 - Comparação entre a média horária da temperatura na Enseada dos Anjos com a componente meridional (norte-sul) do vento, ambas normalizadas e submetidas a uma filtragem passa-baixa ($T_c = 48$ h), destacando-se a estreita relação entre o comportamento das duas séries.

REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] C. Fernández-Valdivielso, et al. *Experimental study of a thermochromic material based optical fiber sensor for monitoring the temperature of the water in several applications. Sensors and Actuators B* 91 (2003) 231–240.

[2] C. Fernández-Valdivielso, et al. *Caracterización de un material termocrómico para su empleo en sensores de fibra óptica.* http://ursi.usc.es/articulos_modernos/articulos_villaviciosadon_2001/articulos/264.pdf. Acesso em 17 de maio de 2013.

[3] Wook Jae YOO, et al. *Fabrication and Comparison of Thermochromic Material-Based Fiber-Optic Sensors for Monitoring the Temperature of Water.* *OPTICAL REVIEW* Vol. 18, No. 1 (2011) 144–148.

[4] N Díaz-Herrera, et al. *A fibre-optic temperature sensor based on the deposition of a thermochromic material on an adiabatic taper.* *Measurement Science and Technology* Volume 15 Number 2. doi:10.1088/0957-0233/15/2/006.

ACÚSTICA SUBMARINA

Iniciativas e Ações

O Programa de Acústica Submarina da MB, foi implantado em março de 2013, após deliberação na 24ª Reunião do Conselho de Ciência e Tecnologia da Marinha (CONCITEM).

A Gerência de Acústica Submarina, sob a supervisão da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha, tem como tarefas coordenar e otimizar os recursos (financeiros/pessoal/infraestrutura) das Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) subordinadas; aumentar o nível de interação entre os Órgãos de Direção Setorial (ODS), as Diretorias Especializadas (DE), as ICT, as Empresas parceiras e a Academia; e assessorar na proposição de eventos, designação e controle do pessoal da Marinha na realização de cursos, conclaves e estágios em estabelecimentos e instituições no país e no exterior, na área de acústica submarina, a fim de agregar os conhecimentos já dominados pelas ICT às necessidades apresentadas pelos setores do Material e Operativo.

O programa, inicialmente, agrupou e reorientou os projetos de acústica submarina para que estes se alinhassem com as necessidades do PROSUB (Programa de Desenvolvimento de Submarinos) que tem como objetivo final o projeto e a construção do submarino com propulsão nuclear, conforme o demonstrado na figura 1.

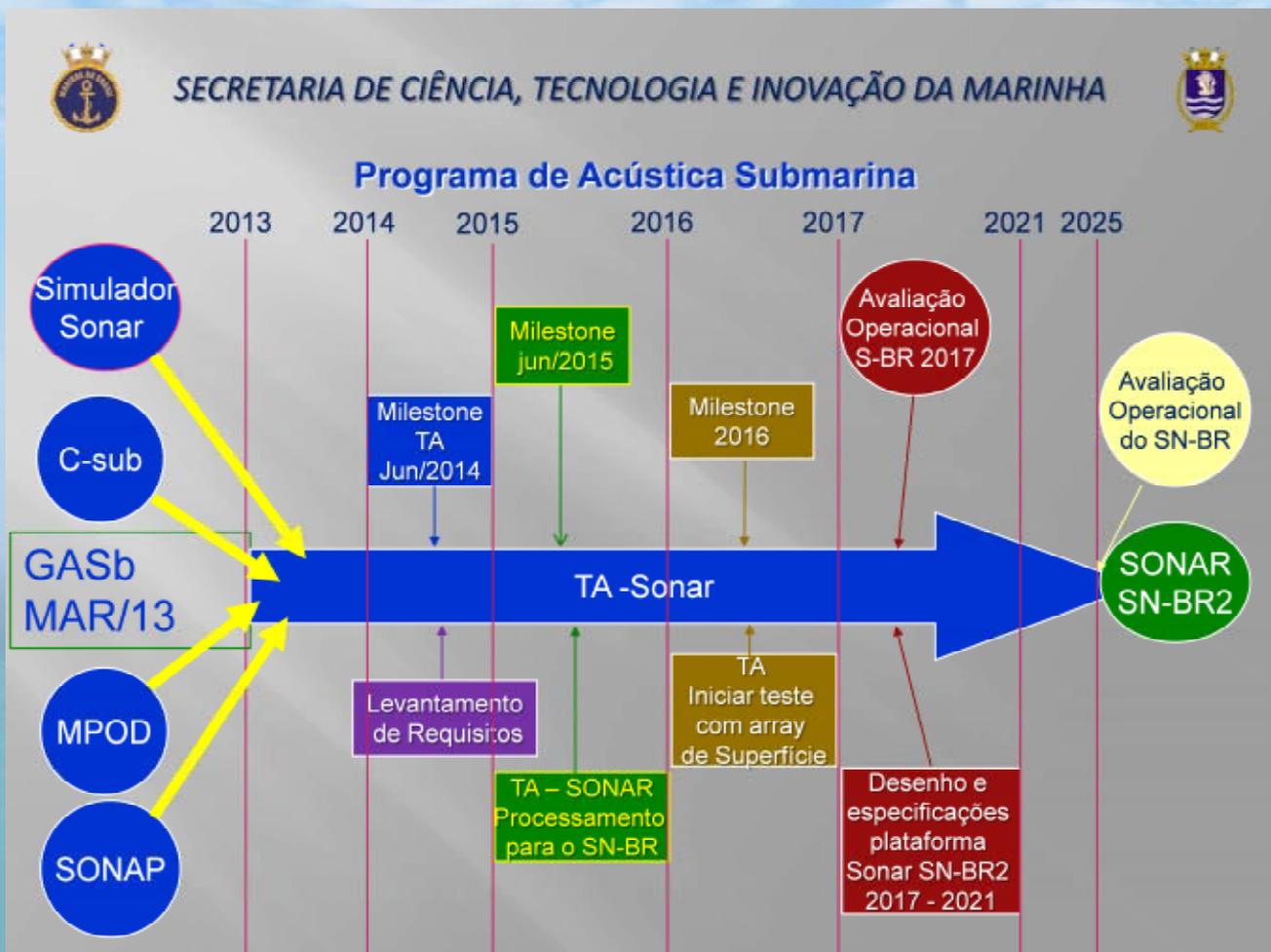


Figura 1 - Projetos voltados à Acústica Submarina desenvolvidos na MB, constantes do CPROCITEM (Sistema de Controle de Projetos de Ciência e Tecnologia da Marinha): C-Sub (Comunicações Submarinas); Simulador Sonar; MPOD (Multiperfilador Oceanográfico Descartável); e SONAP (Sonar Passivo Nacional) e marcos temporais do Programa de Acústica Submarina.

O Sonar Rebocado foi considerado o projeto primaz de desenvolvimento, por incrementar a capacidade de detecção sonar em submarinos, ainda não mensurada pelos meios atuais. Tal incremento é considerado estratégico, pois agrega à natural capacidade de mobilidade de um submarino de propulsão nuclear a elevada capacidade de detecção, resultando em maior capacidade de patrulhar nossa Amazônia Azul. O projeto visa desenvolver um sistema sonar, com configuração e requisitos próximos aos dos sistemas atualmente comercializados pelas indústrias de defesa, a ser instalado no submarino nuclear brasileiro (SN-BR). Para tanto, será necessário modelar o SDAC (Sistema de Detecção e Acompanhamento de Contatos) a fim de que este possa processar sinais de baixa frequência em banda estreita, bem como proporcionar o conhecimento aos operadores do Sistema.

Neste primeiro ano de atuação, a Gerência de Acústica Submarina acompanhou com visão técnica as reuniões sobre os Sistemas de Combate dos submarinos convencional e nuclear, de modo a garantir que haja transferência de tecnologia. Além de orientar futuros pesquisadores para os projetos de arquitetura acústica, a Gerência ainda viabiliza intercâmbios, cursos e participação em eventos internacionais que contam com a presença de representantes da indústria, da academia e governamentais interessados nos avanços da defesa e estratégia submarina.

Prestou, ainda, assessoria ao Secretário de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha na priorização dos projetos e no direcionamento dos recursos financeiros, para a continuação das pesquisas e no desenvolvimento dos produtos para o PROSUB.

KLEBER PESSEK

Capitão-de-Mar-e-Guerra (RM1)

Assessor de Nacionalização do SN-BR

Coordenadoria do Programa de desenvolvimento do

Submarino de Propulsão Nuclear

Diretoria Geral do Material da Marinha

Telefone: 2178-7371

e-mail: kleber.pessek@dgmm.mar.mil.br





Captura sinótica de um vórtice de meso-escala da Corrente do Brasil através de dados de XBT coletados por aeronave ao largo de Arraial do Cabo - RJ

Rafael G. Soutelino: Pesquisador Oceanógrafo da Divisão de Dinâmica dos Oceanos. Doutor em Oceanografia Física pela Universidade de São Paulo.

Leandro Calado: Pesquisador, Encarregado do Grupo de Sensoriamento Remoto. Doutor em Oceanografia Física pela Universidade de São Paulo.

Juliana A. de Miranda: Pesquisadora Oceanógrafa da Divisão de Dinâmica dos Oceanos. Doutora em Oceanografia Física pela Universidade de São Paulo.

Phellipe P. Couto: Estagiário da Divisão de Dinâmica dos Oceanos. Bacharelado em Oceanografia pela Universidade Federal do Paraná.

INTRODUÇÃO

A demanda por coleta de dados oceanográficos em tempo real (sinóticos), principalmente temperatura e salinidade, tem sido um desafio para a oceanografia operacional nas últimas décadas. Cada vez se torna mais necessária a utilização de diferentes plataformas de perfilagem de dados oceanográficos. Estes dados são fundamentais para alimentação de modelos numéricos para previsão oceanográfica, para aplicação prática como operações de resgate e salvamento no mar (SAR) e controle de derrames de hidrocarbonetos, para a determinação do ambiente acústico na cena de ação em operações de guerra, entre outras. Neste contexto, o Grupo de Oceanografia do IEAPM desenvolve o projeto Aquisição de dados oceanográficos com aeronave de asa rotativa – DOCAAR (Paula & Calado, 2008).

No contexto do projeto DOCAAR, foi realizado um cruzeiro piloto, onde dados de temperatura foram amostrados simultaneamente através de XBTs e CTD lançados por helicóptero e navio, ao largo de Arraial do Cabo. Os resultados desta campanha oceanográfica, bem como os testes de viabilidade da metodologia, foram apresentados nos esforços de Calado et al. (2008).

Este artigo descreve os esforços mais recentes (22/09/2012) do projeto DOCAAR. O objetivo do presente trabalho foi investigar sinoticamente a estrutura vertical de temperatura e velocidades de um vórtice oceânico associado à atividade de mesoescala da Corrente do Brasil (CB), utilizando dados coletados por XBT lançados com helicóptero.

METODOLOGIA

A metodologia adotada consistiu em estabelecer uma janela de espera na qual imagens de satélite da temperatura da superfície do mar (TSM) foram monitoradas em busca da ocorrência de um vórtice de mesoescala da CB ao largo de Arraial do Cabo, RJ, feição esta recorrente ao longo do ano nesta localidade. Mediante a detecção de tal feição, a campanha de coleta foi imediatamente acionada para que o vórtice fosse amostrado tridimensionalmente em menos de 3 h, através dos XBTs lançados por aeronave.

A detecção de feições oceanográficas através de dados orbitais é uma atividade corriqueira do Grupo de Sensoriamento Remoto do IEAPM, no contexto do Projeto DetecFeições (Negri et al., 2011). O referido grupo conta com uma antena de recepção de uma massa extensa e completa de dados de satélite processados pela European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT). O monitoramento diário de TSM foi feito através das imagens obtidas pelo satélite geostacionário Meteosat Second Generation (MSG), que disponibiliza campos a cada hora para esta antena. A identificação qualitativa de vórtices de mesoescala é feita através da identificação automática de frentes de TSM, procedimento este já consolidado na literatura (Cayula & Cornillon, 1992; Belkin et al., 2009). O intervalo entre a identificação original do vórtice (15/09/2012) e a realização da coleta (22/09/2012) foi de 7 dias, período em que foi observado um crescimento do vórtice em cerca de 20%. A última imagem livre de contaminação por nuvens anterior a campanha de coleta foi a do dia 19/09/2012, tal como ilustrado na Figura 1.

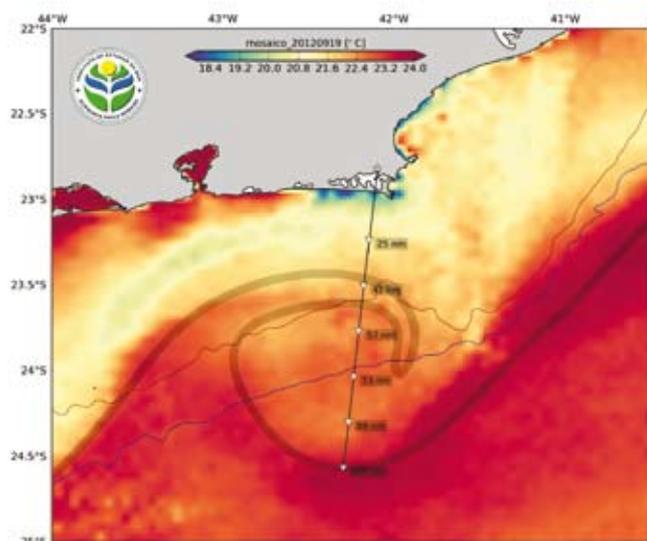


Figura 1. Plano de estações para o cruzeiro oceanográfico sinótico de coleta de dados de XBT com aeronave, realizado no dia 22/09/2012. Ao fundo, mostra-se a imagem de satélite de TSM do dia 19/09/2012 produzida no IEAPM, ilustrando a assinatura térmica frontal de um vórtice de mesoescala ciclônico, associado a CB ao largo de Arraial do Cabo – RJ. A trajetória editada em cinza é uma interpretação qualitativa da assinatura térmica frontal do vórtice.

Na Figura 1, é mostrado o plano original de estações de XBT com a finalidade de capturar a estrutura vertical de temperatura associada ao vórtice. Foram planejadas 6 estações espaçadas em aproximadamente 15 mn, de acordo com as escalas de ajus-

tamento geostrófico calculadas com base no Raio de Deformação de Rossby. A trajetória do transecto foi estabelecida de forma a se obter uma seção transversal do vórtice, e esta totalizou 105 mn. O cruzeiro foi realizado na manhã do dia 22/09/2012, com duração de cerca de 3 h, partindo da Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia (BaeNSPA). O acesso aos pontos amostrados foi viabilizado pela utilização da aeronave de asa rotativa UH-14 Super Puma (Pegasus 74) composta por 3 oficiais e 2 tripulantes pesquisadores, e as sondas utilizadas foram os XBTs SIPPICAN modelos T5 e T10.

Os vórtices de mesoescala da CB têm em geral de 100 a 200 km de diâmetro nesta região, e podem ser estudados através de cálculos dinâmicos onde a temperatura e a salinidade possibilitam o cálculo de velocidades relativas a um nível de movimento nulo, considerando-se que em primeira ordem, as velocidades da CB e do vórtice estão em balanço geostrófico. Este consiste no Método Dinâmico Clássico (Sandström & Helland-Hansen, 1903) que essencialmente parte da integração vertical da equação do vento térmico, resultando na expressão

$$v_g(z') - v_g(-H_0) = \frac{g}{f_0} \int_{-H_0}^{z'} \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} dz \quad (1)$$

que calcula velocidades relativas a um nível de movimento conhecido (usualmente considerado nulo) através da integral vertical de gradientes horizontais de densidade. Sabemos que a densidade depende da salinidade, temperatura e pressão, dentre os quais apenas temperatura e pressão podem ser estimados por um XBT. Na ausência de dados de salinidade, trabalhos recentes (Ponsoni, 2007) demonstram que o método dinâmico pode ser aplicado com uma equação de estado simplificada (onde a densidade é função apenas da temperatura e pressão, e salinidade é considerada constante), desde que a região de estudo esteja localizada em latitudes tropicais ou subtropicais, que é o caso da presente localidade. Ponsoni (2007) mostra que há imprecisões nas magnitudes de velocidade e transporte de volume das correntes quando se usa um valor constante para a salinidade, mas que estas não afetam os resultados em primeira ordem.

No caso do presente trabalho, foi utilizado um valor constante de salinidade igual a 35 para conduzir os cálculos de velocidade, e o nível de referência adotado foi de 480 m, baseando-se no trabalho de Mattos (2006). Este valor é aproximadamente a região da interface entre a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Intermediária Antártica (AIA), nível onde a CB atinge velocidades nulas ao largo do sudeste, de acordo com Godoi (2005).

Estas aproximações permitem que a estrutura vertical de temperatura e velocidade do vórtice, bem como transportes de volume, sejam estimados através de perfis de temperatura coletados desde a superfície até ao menos 1000 m de profundidade, caso da estratégia amostral adotada. Para a análise referida, seções verticais de temperatura e velocidade geostrófica transversais ao vórtice foram construídas a partir da interpolação e aplicação da equação (1) aos perfis de XBT, e estes resultados serão apresentados na próxima seção.



RESULTADOS

Devido ao pioneirismo deste tipo de cruzeiro, alguns empecilhos ocorreram durante a coleta, que não prejudicaram os resultados em sua totalidade. A distância a ser percorrida e a autonomia de uma plataforma deste porte requerem operação ágil, sem muitas margens para atraso.

Este foi o caso das duas estações nas extremidades do transecto. A estação 6, localizada mais ao largo, foi a primeira a ser realizada. Foram obtidos dados de má qualidade em função do posicionamento da aeronave à barlavento, o que fez com que o cabo capilar do XBT se chocasse com o corpo da aeronave constantemente, interrompendo a transmissão de dados. Esta estação não pôde ser repetida, e foi descartada. Desta forma, a borda oceânica do vórtice ficou com a amostragem um pouco prejudicada. A estação mais costeira teve de ser abortada em função de pequenos atrasos acumulados durante a campanha, mas sem prejuízos para a amostragem do vórtice, já que a feição se limitava à porção do oceano profundo.

Os resultados apresentados adiante considerarão, portanto, as quatro estações internas (2-5) do transecto. Os perfis de temperatura, já pré-processados para remoção de spikes e filtragem, são apresentados na Figura 2, bem como a seção vertical de temperatura transversal ao vórtice ciclônico da CB. Nota-se claramente a assinatura térmica baroclínica de um vórtice ciclônico através das inflexões das isotermas. Entre as estações 4 e 3, observa-se uma inflexão das isotermas para baixo em direção à costa na região da termoclina permanente (entre 150 m e 600 m, aproximadamente), caracterizando um gradiente baroclínico de pressão que impõe um fluxo para dentro da seção, ou seja, aproximadamente de oeste para leste. Entre as estações 4 e 5, o oposto é observado. Há uma inflexão das isotermas para baixo em direção ao largo, caracterizando um gradiente de pressão oposto, que por sua vez impõe um fluxo para fora da seção (leste para oeste, caracterizando a CB). Esta estrutura térmica vertical sugere portanto a existência de um vórtice ciclônico desde a superfície até cerca de 600 m, que poderá ser comprovado através do cálculo das velocidades geostróficas (Figura 3).

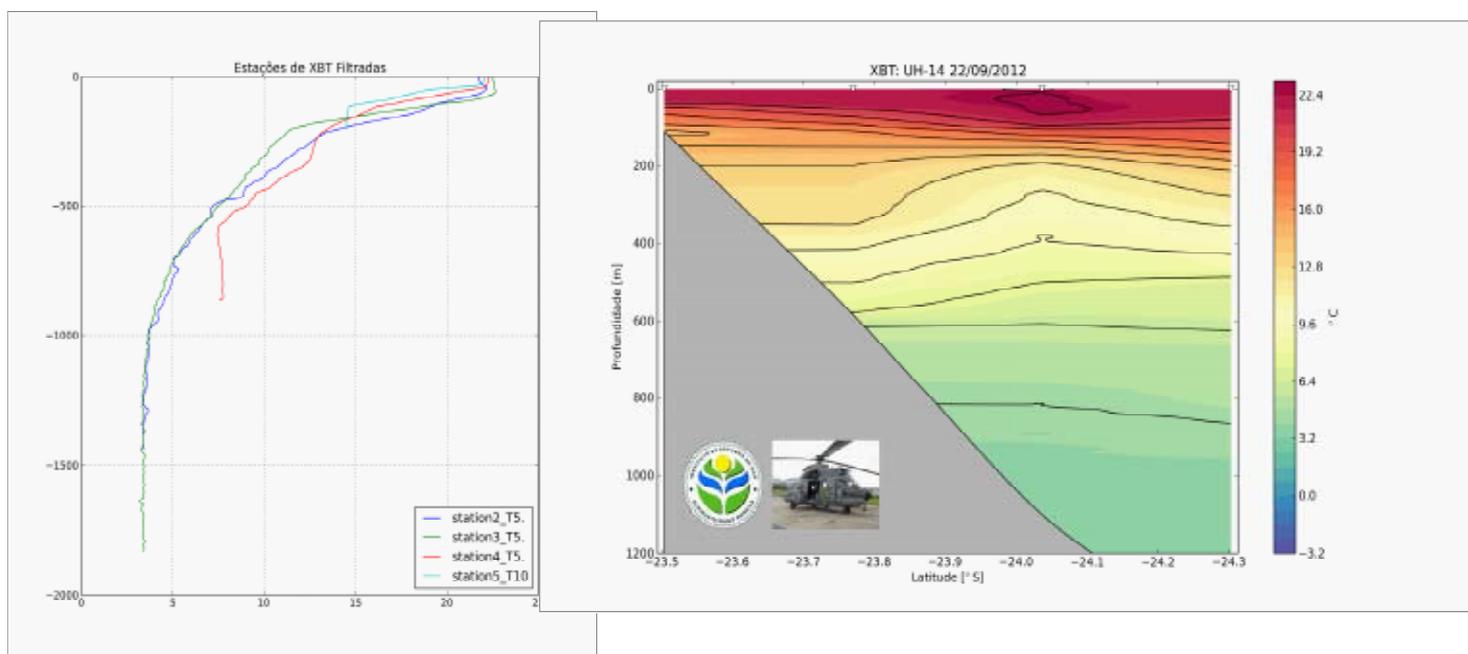


Figura 2. Painel esquerdo: Perfis de temperatura coletada por XBT lançado de aeronave nas estações 2-5, segundo a distribuição apresentada na Figura 1. Painel direito: Seção vertical de temperatura transversal ao vórtice ciclônico da CB.

A Figura 3 mostra os resultados do cálculo de velocidade geostrófica. Os resultados confirmam a existência do vórtice já especulado tanto através das imagens de satélite quanto estrutura vertical de temperatura. Trata-se de fato de um vórtice ciclônico de mesoescala associado a CB, com diâmetro de cerca de 80 km de diâmetro (lembrando que possivelmente sua borda externa foi sub-amostrada em função da perda da estação 6 e espessura vertical de cerca de 500 m. As velocidades para oeste, associadas à CB, foram da ordem de 0.7 m/s e as velocidades para leste, associadas a borda costeira do vórtice, da mesma ordem de 0.7 m/s. Estes valores associados a geometria e características cinemáticas do vórtice comparam-se favoravelmente à literatura pretérita (Signorini, 1978; Campos et al., 1995; Silveira, et al., 2004; entre outros).

O vórtice aparenta ter boa simetria e o valor total de transporte de volume da seção é inferior a 0.3 Sv (106 m³/s), o que indica que praticamente toda a água transportada para S/SW pela CB é recirculada no vórtice, caracterizando um interrompimento no escoamento desta corrente, padrão este que tipicamente ocorre quando um vórtice de mesoescala cresce estacionariamente, drenando energia do escoamento médio para si mesmo. No painel esquerdo da Figura 3, foram plotados os vetores de velocidade geostrófica em superfície, a fim de sobrepor estes ao campo de TSM que motivou a campanha oceanográfica. Nota-se que a distribuição dos vetores é condizente com a assinatura frontal térmica observada através de dados orbitais, reforçando a utilidade do uso de tal ferramenta para detecção de feições oceanográficas potencialmente tridimensionais.

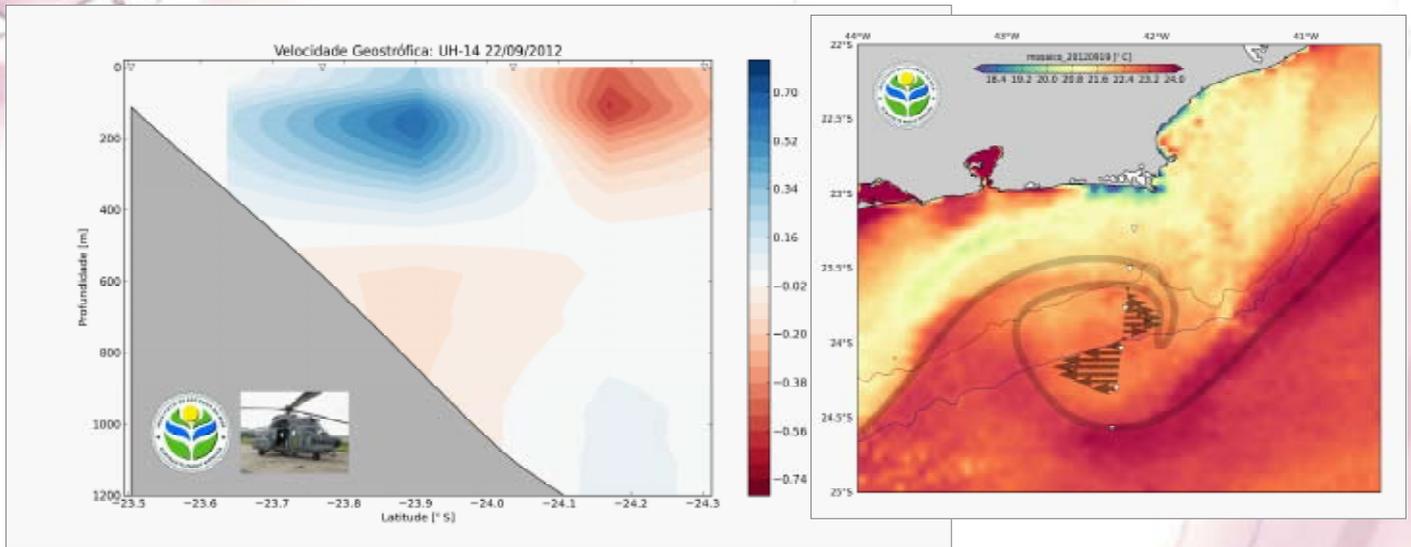


Figura 3. Painel esquerdo: Seção vertical de velocidades geostróficas relativas a 480 m, transversais ao vórtice de mesoescala da CB. Valores negativos representam escoamento aproximadamente de leste para oeste e os positivos indicam escoamento de oeste para leste. Painel direito. Vetores de velocidade geostrófica em superfície, perpendiculares à seção transversal do vórtice, sobrepostos ao campo de TSM que motivou a campanha. A trajetória editada em cinza é uma interpretação qualitativa da assinatura térmica frontal do vórtice.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A campanha oceanográfica realizada no contexto deste trabalho teve um importante caráter pioneiro. Foi a primeira campanha realizada no contexto do Projeto DOCAAR (dados coletados por aeronave) com um objetivo científico. Enfatiza-se aqui a importância da sinopcidade proporcionada por este tipo de campanha no contexto de amostrar feições oceanográficas. Apesar de fenômenos da escala espaço-temporal da CB e sua atividade de mesoescala serem de evolução lenta, a amostragem por navio pode conter indesejável aliasing espaço-temporal, prejudicando a amostragem das feições, o que pode acarretar, por exemplo, em problemas de balanços de volume.

Acreditamos que a simetria e quase-balanço de volume alcançado neste conjunto de dados se deve muito a rapidez com

a qual o vórtice foi capturado. Podemos discutir, adicionalmente, o inestimável valor de se ter flexibilidade para estabelecer a data e hora de uma campanha como esta, permitindo que haja uma otimização de custos, uma vez que a equipe só vai para campo quando é confirmada a existência da feição de interesse através da ferramenta do satélite. Tal agilidade é muito mais complicada de se atingir através de um navio. Também é possível realizar a repetição do mesmo transecto em curtos intervalos de tempo, proporcionando oportunidades de se aferir a variabilidade temporal de tais feições.

Lições importantes foram aprendidas no tocante ao protocolo de coleta e estimativa de tempo e distância total do cruzeiro. Apesar de os empecilhos não terem prejudicado o resultado final em sua totalidade, em oportunidades futuras, estes certamente serão minimizados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio e prontidão da equipe da Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia, que proporcionou o deslocamento, segurança e agilidade da operação. À equipe técnico-científica do Grupo de Oceanografia Física do IEAPM pelo suporte e planejamento da campanha e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo financiamento do projeto DetecFeições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Belkin, I. M.; Cornillon, P. C.; Sherman, K. 2009. Fronts in Large Marine Ecosystems. *Progress in Oceanography*, 81, 223–236.
- Calado, L.; De Paula, A. C.; Mattos, R. A. 2008. Dados Oceanográficos Coletados com Aeronave de Asa Rotativa (Projeto DOCAAR): Calibração, Correção e Análise dos Dados. IV Simpósio Brasileiro de Oceanografia, São Paulo. Anais do IV Simpósio Brasileiro de Oceanografia.
- Campos, E. J. D., J. E. Gonçalves; Y. Ikeda, 1995: Water mass structure and geostrophic circulation in the South Brazil Bight - summer of 1991. *Journal of Geophysical Research*, 100(C9), 18537–18550.
- Cayula, J. F.; Cornillon, P. 1992. Edge detection algorithm for SST images.

Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 9(1), 67-80.

Godoi, S. S. 2005. Dinâmica quase-geostrófica do Sistema Corrente do Brasil no embaiamento de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 133 p.

Mattos, R. A. 2006. Feições de meso e grande escalas da Corrente do Brasil ao largo do sudeste brasileiro. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 146 p.

Negri, E.; Calado, L.; Watanabe, W. B.; Domingues, R. M. 2011. Detecção de Feições Oceanográficas a Partir de Dados Orbitais: Validação de Modelos Numéricos. *Revista A Ressurgência*, 5, 18-20.

Paula, A. C. de; Calado, L. 2008. Dados Oceanográficos Coletados por Aeronave de Asa Rotativa - DOCAAR). *Revista A Ressurgência*, 2, 13-15.

Ponsoni, L. 2007. O efeito da salinidade na estrutura de correntes do Sistema Corrente do Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 67 p.

Sandstrom, J. W. e Helland-Hansen, B. 1903: Über die berechnung von meeresströmungen. *Rept. Norwegian Fishery and Marine Investigations*, 2(4).

Signorini, S. R., 1978: On the circulation and the volume transport of the Brazil Current between the Cape of São Tomé and Guanabara Bay. *Deep-Sea Research*, 25(5), 481–490.

Silveira, I. C. A., L. Calado, B. M. Castro, M. Cirano, J. A. M. Lima, & A. S. Mascarenhas. 2004. On the baroclinic structure of the Brazil Current-Intermediate Western Boundary Current System. *Geophysical Research Letters*, 31(14), L14308.

Modelagem da propagação do tsunami de Sumatra, 2004, na Baía de Guanabara Rio de Janeiro, RJ

Léo de Lacerda Andrioni; Rogério Neder Candella
Divisão de Dinâmica Costeira e Estuarina, IEAPM;

Leandro Machado Calil Elias
Ekman Brasil Serviços Ambientais e Oceanográficos

INTRODUÇÃO

O tsunami de Sumatra em 2004 foi um dos eventos mais intensos e catastróficos já registrados pelo homem. Seus efeitos puderam ser sentidos em todos os oceanos do mundo (Titov et al., 2005), sendo que, na América do Sul, as ondas foram registradas por mareógrafos ao longo de toda a costa atlântica (Candella et al., 2008)

Na Baía de Guanabara (BG), as primeiras oscilações associadas ao evento foram registradas no dia 26 de dezembro de 2004, 23:30 HMG, pela estação mareográfica da Ilha Fiscal - RJ. O estudo desses registros, associado à modelagem computacional, possibilitaram verificar algumas respostas da BG à propagação do sinal do tsunami em suas águas.

Localizada na região sudeste do Brasil, no estado do Rio de Janeiro, entre as coordenadas 22°24'S e 22°57'S; 042°33'W e 043°19'W, a Baía de Guanabara (BG) é um dos mais importantes ambientes costeiros do Brasil. Devido à significativa concentração populacional e industrial ao redor da BG, entender como este corpo d'água interage com fenômenos capazes de oscilações significativas na superfície livre é uma importante ferramenta em estudos de gerenciamento de riscos.

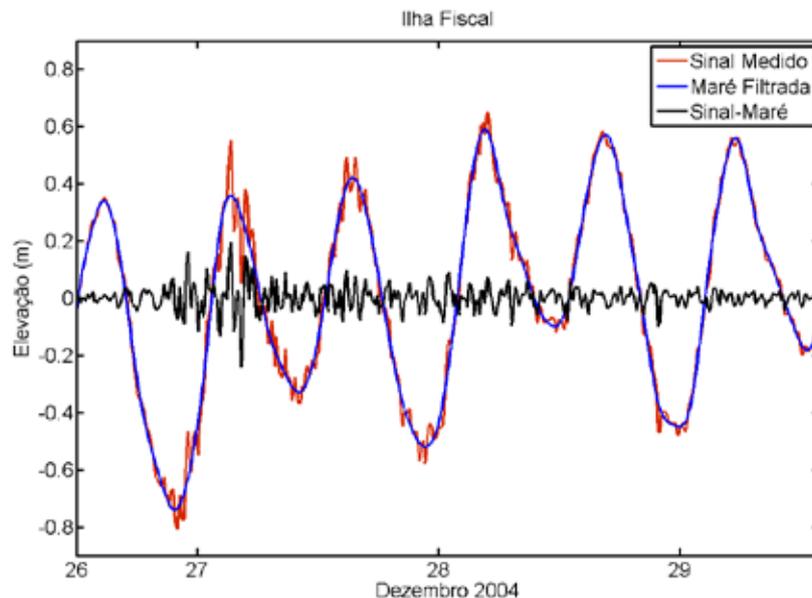


Figura 1- Sinal medido, maré e tsunami, obtido da subtração do sinal medido pela maré para os dias 26, 27, 28 e 29/12/2004, conforme registro obtido na Ilha Fiscal, RJ.

METODOLOGIA

Para a modelagem hidrodinâmica da baía foi utilizado o modo 2D do MOHID, modelo desenvolvido no Instituto Superior Técnico (IST), Lisboa, Portugal.

Os valores de nível do mar utilizados foram obtidos junto a DHN, discretizados com intervalos de 10 minutos. A base batimétrica e a linha de costa foram elaboradas e descritas por Carvalho (2010). Na figura 1, estão mostradas as séries temporais correspondentes ao sinal medido, à maré astronômica e o nível residual, no caso, o sinal do tsunami, para a estação maregráfica da Ilha Fiscal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da análise das séries temporais obtidas com o modelo, foi possível reproduzir a propagação do sinal ao longo da BG. A comparação entre o sinal medido e os resultados modelados para a Ilha Fiscal, demonstra coerência, embora haja ligeira subestimação nestes. Em outro ponto de estudo, no interior da Enseada de Jurujuba, foram obtidos valores da mesma ordem que os registrados na Ilha Fiscal, indicando a ocorrência de ressonância e amplificação das ondas (figura 2).

As intensas variações presentes em Jurujuba são corroboradas pelo registro fotográfico (César Bartz, 2004) do instante simulado (figuras 3A e 3B), que retratam uma onda de cerca de 15 minutos de semi-período (crista-cavado) e amplitude aproximada de 1,5 m (Andrioni, 2013).



Figuras 3 (A-B) – Registros fotográficos de variação no nível do mar ocorrida na Enseada de Jurujuba. Fotografias cedidas por Cesar Bartz.

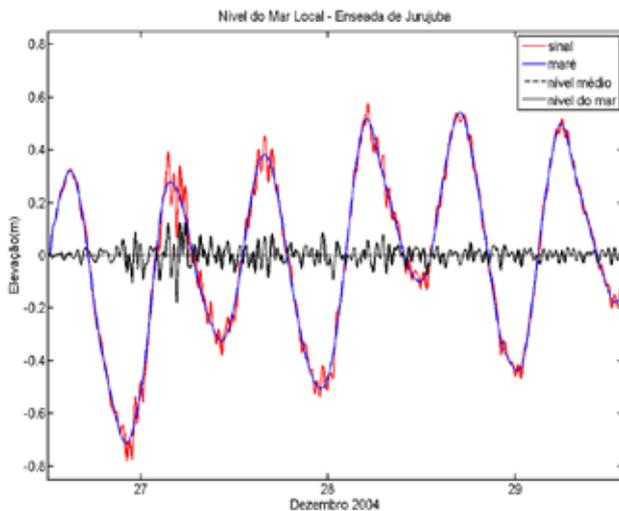
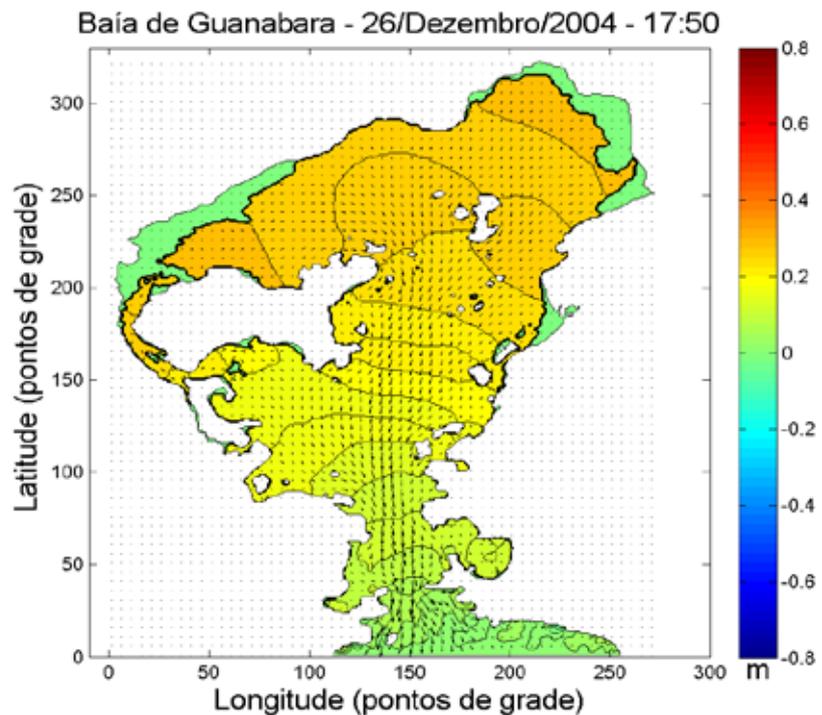


Figura 2 – Representação do sinal modelado (SM), a maré modelada (MM) e o tsunami, obtido da subtração do SM pela MM, para o ponto da Enseada de Jurujuba.





A figura 4 mostra detalhe da propagação de onda na BG, em situação de maré vazante. Nota-se, pela diferença de cores, a presença de diversas frentes simultâneas de onda ao longo do domínio.



Figuras 4 – Instante da simulação do campo de elevações e velocidades, sob efeito das ondas do tsunami, evidenciando a presença de cristas simultâneas.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram de forma satisfatória a propagação das ondas no interior da Baía de Guanabara, assim como a possibilidade de ressonância e amplificação em algumas regiões, como em Jurujuba.

O estudo de eventos atípicos, como o descrito, amplia o conhecimento sobre cenários extremos passíveis de ocorrência em corpos d'água importantes, baías e estuários localizados em regiões densamente habitadas, caso da Baía de Guanabara, que devem ser levadas em consideração em estudos de gerenciamento de risco (Andrioni, 2013).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIONI, L. L. Resposta da Baía de Guanabara a eventos extremos – RJ. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2013.

BARTZ, Cesar. [2004]. Duas fotografias, color., 7,5 x 12 cm.

CANDELLA, R.N., RABINOVICH, A.B., & THOMSON, R.E. "The 2004 Sumatra tsunami as recorded on the Atlantic coast of South America" *Advances in Geosciences* 14 (1), pp. 117–128, 2008.

CARVALHO, G.V. Influência do vento na hidrodinâmica da Baía de Guanabara (RJ). Monografia de Bacharelado, Faculdade de Oceanografia/UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2010.

RABINOVICH, A. B. "Seiches and harbour oscillations". In: *Handbook of Coastal and Ocean Engineering*, Singapore, World Scientific, 2009.

TITOV, V.V., RABINOVICH, A.B., MOFJELD, H., THOMSON, R.E., & GONZÁLEZ, F.I. "The global reach of the 26 December 2004 Sumatra tsunami" *Science* 309, pp. 2045–2048, 2005.



**Pesquisando o mar,
rumo ao futuro**



MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE SEPETIBA

Fernanda Freyesleben Thomazelli

Doutora em Geoquímica Ambiental

Carlos German Massone

Doutor em Química

Sílvia Regina Pinheiro Lopes

Mestre em Química

Marcos Lourenço Brites dos Santos

Técnico em Química

Márcia Suely Nabethe

Técnica em Química

Laudemir Martins da Silva

Técnico em Química

Dagles Viana dos Reis

Técnica em Química

**Grupo de Oceanografia Química
e Geoquímica - IEAPM**

A Marinha do Brasil, durante a construção e operação do Estaleiro e Base Naval para a construção e operação de submarinos convencionais e de propulsão nuclear, deve cumprir uma série de requisitos para atender à legislação ambiental vigente e, desta forma, cumprir as exigências do licenciamento ambiental. Entre estes requisitos, está o monitoramento da qualidade da água da área de influência do empreendimento.

O Grupo de Oceanografia Química e Geoquímica do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira - IEAPM foi o Laboratório designado para a realização do Monitoramento da Qualidade da Água. Este monitoramento tem como objetivo o acompanhamento periódico dos parâmetros físico-químicos da água do mar com o intuito de avaliar os efeitos do empreendimento sobre a qualidade da água. Esta avaliação é realizada por meio de parâmetros que reflitam a qualidade do ambiente marinho e que estejam diretamente ligados à proteção das comunidades aquáticas e à proteção da saúde humana (ARAÚJO e MELO, 2000). Os parâmetros físico-químicos da água devem estar dentro de limites aceitáveis, representados por valores orientadores obtidos da Resolução Conama nº 357/2005, que classifica os corpos d'água.

A previsão de duração do monitoramento é de 04 anos, durante a fase de instalação do empreendimento, iniciada em 2011, com previsão de extensão por mais 1 ano (até 2015). Após a conclusão das obras, inicia-se a fase operativa do Estaleiro e Base Naval, e o monitoramento será realizado continuamente.

As coletas de amostras de água são realizadas em 4 pontos na área de influência do empreendimento e em um ponto localizado na região externa da Baía de Sepetiba, utilizado como ponto controle (PC) (Figura 1). Em cada ponto amostral são coletadas amostras em até 3 profundidades, dependendo da batimetria (superfície, meio e fundo).

Durante a fase de instalação do empreendimento as coletas são realizadas semanalmente (Figura 2) para análise das condições da água e, quinzenalmente, os padrões da qualidade da água. Na fase operativa do empreendimento, a coleta passará a ser mensal e semestral, respectivamente. Os parâmetros anali-

sados são listados a seguir:

■ **Condições da água:** Análise visual, pH, Oxigênio Dissolvido, Salinidade, Sólidos Dissolvidos Totais, Temperatura, Turbidez e Potencial de Oxi-Redução (Eh).

■ **Padrões da Qualidade da Água:** Coliformes Termotolerantes, Carbono Orgânico Total, Metais Pesados (Alumínio Dissolvido, Arsênio Total, Bário Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Cobre Dissolvido, Cromo Total, Ferro Dissolvido, Manganês Total, Níquel Total, Selênio Total, Urânio Total e Zinco Total), Nutrientes (Fósforo Total, Nitrato, Nitrito e Nitrogênio Amomiacal Total), Polifosfatos, Cianeto Livre, Fluoreto Total, Sulfetos, Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno (BTEX), Bifenilas Policloradas (PCBs) e Toxafeno.



Figura 1: Pontos de Coleta para o Monitoramento da Qualidade da Água durante a Instalação do empreendimento.



Figura 2: Técnico realizando a coleta de água com garrafa oceanográfica de Van Dorn.

BAÍA DE SEPETIBA

A Baía de Sepetiba é um complexo sistema estuarino, considerada um dos mais importantes ecossistemas aquáticos do estado do Rio de Janeiro. Suas áreas de manguezal propiciam a criação natural de peixes, crustáceos e moluscos, sendo a pesca uma das atividades de maior importância sócio-econômica.

Localizada na região metropolitana do Rio de Janeiro, no principal entorno geo-econômico do país, a Baía de Sepetiba sofre com as pressões antrópicas do processo de industrialização e urbanização. A economia da Baía de Sepetiba tinha como base a pesca e o turismo até a metade do século passado. A partir da década de 60/70, houve uma grande expansão industrial e turística em toda a região, acompanhada de um grande crescimento populacional, ocasionando uma forte pressão antrópica

em toda sua bacia de drenagem, resultando em modificações das suas estruturas espaciais/de ocupação espacial, sócio-econômicas e ecológicas.

O parque industrial da bacia da Baía de Sepetiba é caracterizado por um conjunto de aproximadamente 400 empresas, constituindo um dos maiores pólos industriais do Estado do Rio de Janeiro. Os segmentos industriais predominantes são de metalurgia, de maior relevância econômica, seguida de indústrias químicas, de bebidas, têxtil, minerais não metálicos, editoriais e gráficas, entre outras.

A Baía de Sepetiba é considerada o segundo principal corpo receptor de efluentes industriais do Estado do Rio de Janeiro, principalmente de metais pesados, derivados da indústria mineiro-metalúrgica e também de despejos urbanos (AMADO FILHO et al. 1999).

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

As condições e padrões de qualidade da água ao longo dos 3 anos de monitoramento não apresentaram alterações significativas. Entre os parâmetros analisados, poucos têm apresentado valores superiores aos limites estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (RC 357).

Os parâmetros temperatura e salinidade apresentam conhecida variabilidade natural, com distribuições definidas ao longo do ano. Outros parâmetros, como os coliformes termotoleran-

tes e oxigênio dissolvido são resultado da ocupação humana da região que varia com a época do ano. Os demais parâmetros se distribuem sem padrão sazonal.

A presença de coliformes termotolerantes no ambiente aquático é um indicativo da presença de microrganismos patogênicos, provenientes do trato intestinal de seres humanos, sendo utilizado como um indicador da contaminação ambiental por esgoto doméstico. De maneira geral, foram observadas baixas concentrações de coliformes termotolerantes ao longo do monitoramento, com algumas exceções, principalmente no período



de verão quando há uma maior ocupação humana na região e aumento da descarga de esgoto doméstico para a Baía de Sepetiba (Figura 3A).

Níveis ótimos de oxigênio dissolvido ($> 4 \text{ mg.L}^{-1}$) foram observados ao longo do monitoramento, indicando que, apesar da carga orgânica, o sistema está sendo capaz de manter uma boa oxigenação das águas.

O fósforo total foi detectado em concentrações elevadas durante o período do monitoramento, algumas vezes acima do limite estabelecido pela RC 357 ($0,093 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}$) (Figura 3B). A presença de fósforo nas águas pode ter origem na dissolução de compostos do solo (escala muito pequena), excrementos de animais e fertilizantes e principalmente despejos domésticos e/ou industriais, associados ao uso de detergentes.

O carbono orgânico total (COT) é utilizado como indicador da presença da matéria orgânica no ambiente aquático. Altas concentrações de COT podem influenciar o estado trófico do ambiente. O COT tem apresentado variações durante o monitoramento, entre níveis não detectáveis pelo método analítico e alguns valores acima do limite da RC 357 ($< 10 \text{ mg.L}^{-1}$). As concentrações de COT e sua variabilidade indicam um provável aporte de matéria orgânica para a Baía de Sepetiba que pode variar com o tempo.

Os nutrientes inorgânicos (nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal total), indicadores do estado trófico do ambiente apresentaram baixas concentrações em todo o período. O fluoreto apresentou concentrações constantes ao longo do ano, de acordo com a RC 357. O cianeto livre, polifosfatos e sulfetos foram detectados em altas concentrações em alguns momentos, em concentrações superiores aos limites estabelecidos pela RC 357,

e estão associados principalmente ao despejo de efluentes industriais. Os poluentes orgânicos bifenilas policloradas (PCBs), benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX) e pesticida toxafeno em 99% das coletas não foram detectados.

Os metais pesados são reconhecidamente os maiores poluentes da Baía de Sepetiba. No entanto, a maioria dos metais analisados tem apresentado concentrações abaixo do limite de detecção do método, e quando detectados, são encontrados em baixas concentrações. Os metais detectados apresentaram concentrações variadas ao longo do monitoramento, sendo observada uma tendência à redução. Os metais pesados estão entre as maiores classes de poluentes do ambiente aquático, originados como subproduto de atividades antropogênicas, entrando nas áreas costeiras por meio dos rios e atmosfera. Estes elementos têm recebido especial atenção devido ao grande risco ecotoxicológico e grande acumulação em áreas costeiras (REZENDE, 1988).

Entre todos os metais pesados analisados, o ferro dissolvido (Fe) foi o elemento detectado em maiores concentrações, superiores ao limite da RC 357 ($0,3 \text{ mg.L}^{-1}$), com maior frequência, apesar dos valores de medianas serem menores a este valores (Figura 4). O cobre dissolvido e o arsênio também foram detectados em concentrações elevadas em alguns momentos, no entanto, com menor frequência e tendência a redução. Estes elementos têm sido detectados tanto na área de influência do empreendimento, como também no Ponto Controle (PC).

Os metais alumínio dissolvido, bário, zinco e manganês foram detectados nas campanhas, no entanto, sempre em baixas concentrações. Os demais metais monitorados não foram detectados pelo método analítico.

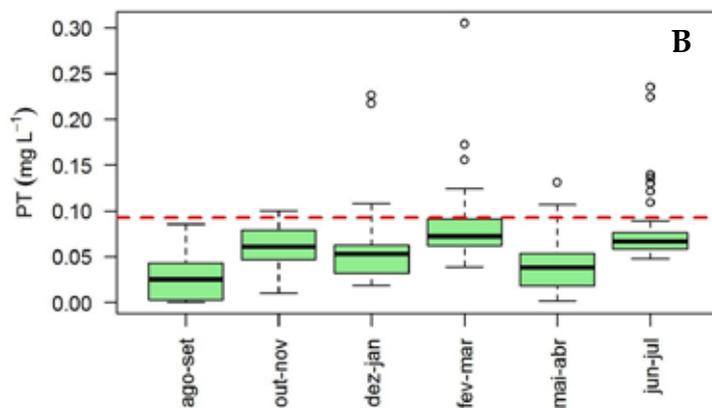
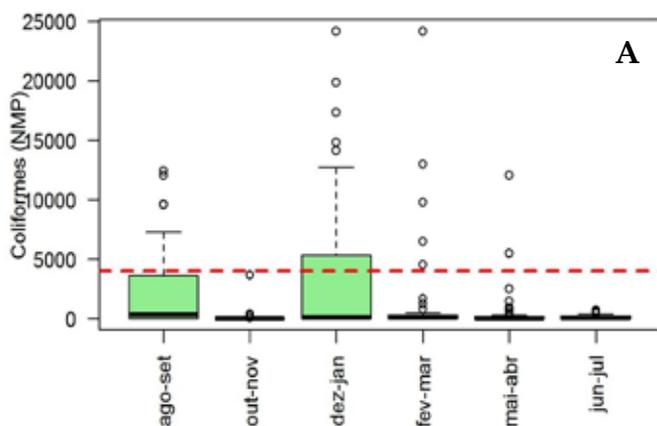


Figura 3 – Distribuição de Coliformes termotolerantes (A) e Fósforo Total (B) para o último ano de monitoramento (agosto 2012 e junho de 2013).

CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que não é possível até o momento verificar a influência do empreendimento sobre o ambiente estudado, pois foram registradas concentrações elevadas não somente nos pontos de influência do empreendimento, como também no ponto controle (PC), sendo portanto, reflexo da condição geral da Baía de Sepetiba.

Até o momento não é possível estabelecer qualquer relação

de causa e efeito em função da aleatoriedade dos dados de concentração, distribuição espacial e temporal dos parâmetros analisados. A concentração de poluentes não possui padrão sazonal definido, apresentando eventos de concentração mais elevado, provavelmente associados a ocupação humana e contaminação geral da Baía de Sepetiba.

De acordo com os índices obtidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, de uma maneira geral, a qualidade da água na área de influência do empreendimento mostrou-se satisfatória.

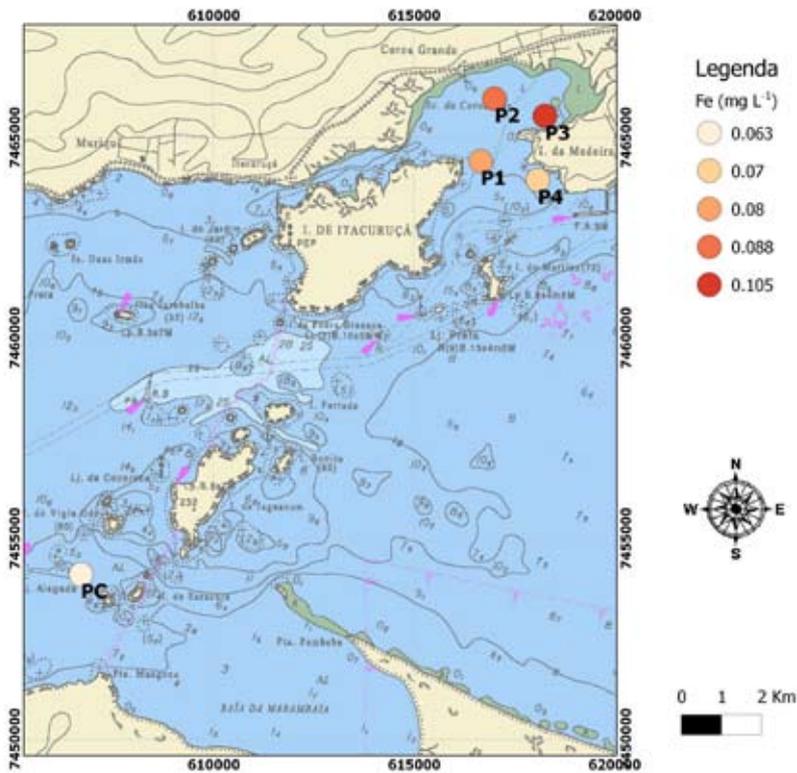


Figura 4 – Mapa da distribuição da mediana de Ferro dissolvido em mg.L-1 para o último ano de monitoramento (agosto 2012 e junho de 2013).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO FILHO, G. N.; REZENDE, C.E.; LACERDA, L.D. Poluição da Baía de Sepetiba já ameaça outras áreas. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.25, n.149, p. 46-48, maio, 1999.

ARAÚJO, A.M; MELO, M.C.V. “Um plano de amostragem de qualidade d’água em estuários: Caso do Recife” RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Vol 5 n° 4. Out./Dez.2000, 111-120.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente – CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.

REZENDE, C.E. et al., Lignin phenols used to infer organic matter sources to Sepetiba Bay e RJ, Brasil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 87, p.479-486, 2010.

DOCM

DIRETORIA DE OBRAS CIVIS DA MARINHA

37 anos dedicados ao atendimento das necessidades de construção civil da MB, desenvolvendo projetos de engenharia, fiscalização de obras, vistorias técnicas, avaliações imobiliárias, perícias, levantamentos topográficos e assessorias técnicas, zelando por nosso patrimônio imobiliário.

DIRETORIA DE OBRAS CIVIS DA MARINHA
Rua 1° de Março, 118 - 15° andar - Centro
Rio de Janeiro – RJ - CEP 20010-000



MODIFICAÇÃO do tanque de testes do IEAPM para realização de ensaios sobre dinâmica sedimentar

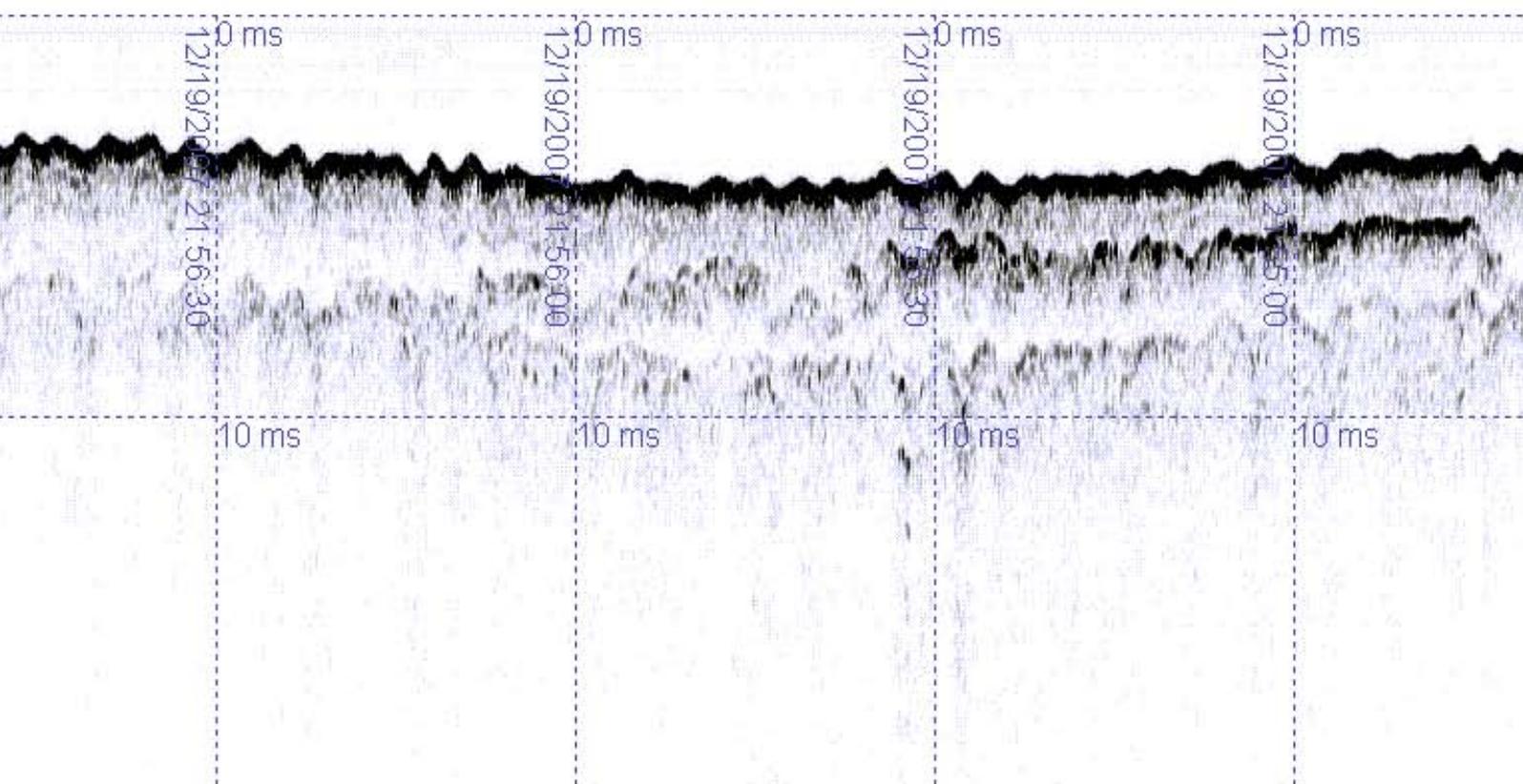
Bolsista DTI/CNPq **Aline Martins Mega**
Grupo de Geologia e Geofísica – IEAPM
Bacharel em Oceanografia pela UNIMONTE

Primeiro-Tenente (RM2-T) **Yaci Gallo Alvarez**
(Gerente do Projeto MMINAS)
Encarregada do Grupo de Geologia e Geofísica – IEAPM. Bacharel em Oceanografia pela UNIMONTE

PS-FEMAR **Roberto Carlos Guimarães Romano**
Técnico do Laboratório de Geologia – IEAPM.
Licenciado em Biologia

Correntes de fundo são capazes de erodir, remobilizar, transportar, depositar sedimentos (NETO et al., 2004) e carregar partículas de tamanhos diversos. A medida que a velocidade das correntes varia, as partículas são selecionadas de acordo com sua granulometria. Uma corrente com velocidade superior a 50cm/s consegue remobilizar partículas grosseiras, o que não é possível para uma corrente com velocidade inferior (PRESS et al., 2007).

Estudar a movimentação das partículas no ambiente marinho requer o uso de equipamentos de alto custo e coletas constantes de dados. Resultados de transporte de partículas obtidos no campo podem ser estimados em laboratório, utilizando-se um tanque de provas. Extrapolando estatisticamente os resultados de ensaios laboratoriais, pode-se obter um modelo da dinâmica das partículas no ambiente e a definição da frequência das campanhas de coleta.



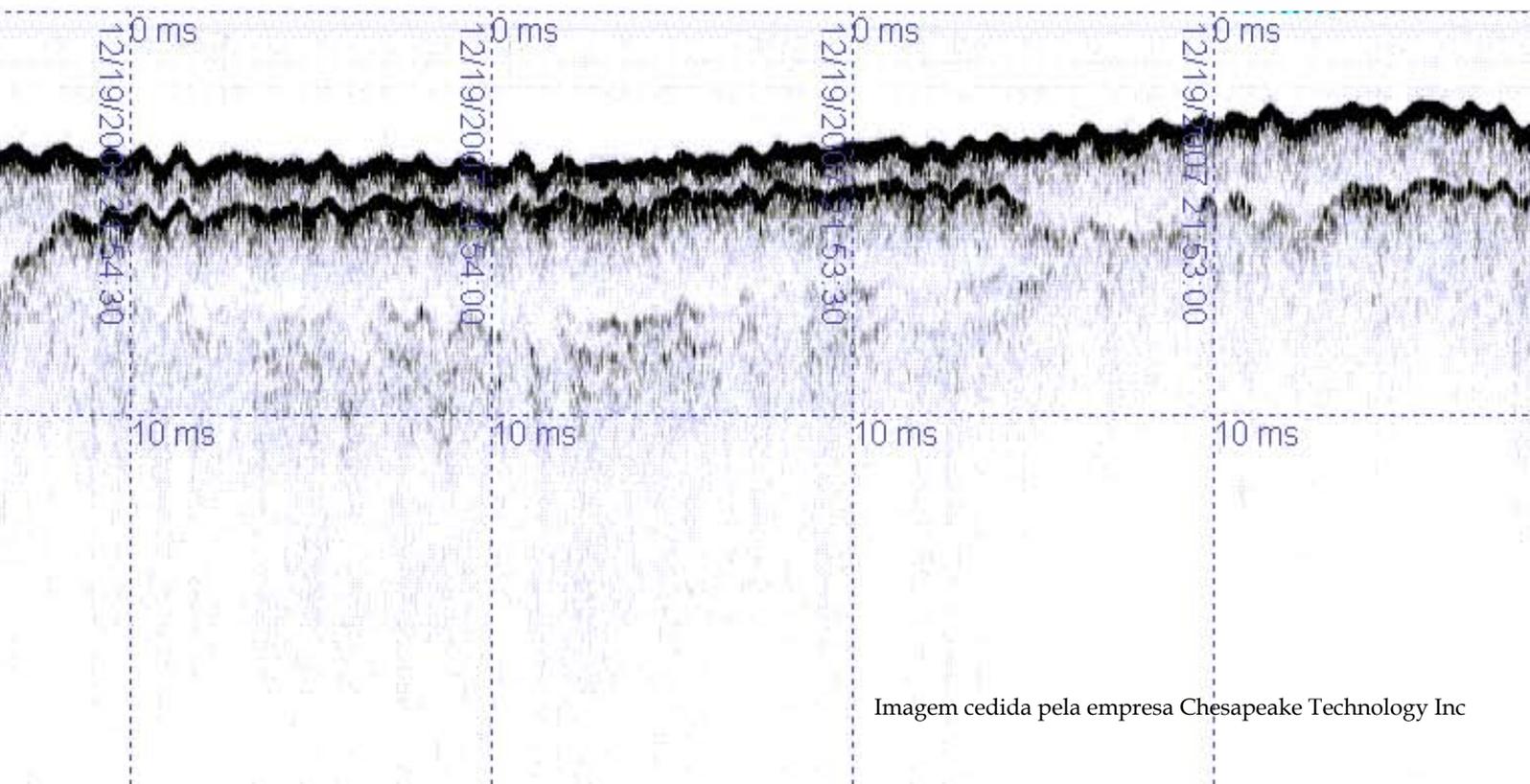
O tanque de testes sistema Flume (do latim flumen, rio) utilizado no IEAPM (Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira) (Figura 1) foi planejado para o estudo da incrustação de larvas em dutos de refrigeração. O sistema é composto por duas caixas d'água elevadas que armazenam água do mar. Quando a válvula de descarga destas caixas é aberta a água flui por tubos para o tanque e percorre sua extensão até uma terceira caixa d'água que recebe e armazena a água que sai do tanque. Esta caixa esta ligada a uma bomba hidráulica que impulsiona a água novamente para as caixas superiores fechando o ciclo.



Figura 1:
Esquema do
tanque Flume
original do
IEAPM. Mo-
dificado de:
Amarildo Al-
ves da Silva,
2013.

Com este sistema não é possível obter um fluxo de água constante no tanque, uma vez que a bomba hidráulica não repõe a água das caixas superiores com a vazão necessária para gerar um sistema contínuo e ininterrupto, necessário para simular a dinâmica sedimentar.

O Grupo de Geologia e Geofísica Marinha deste Instituto, planeja efetuar algumas modificações reversíveis no sistema Flume atual, a fim de estabelecer a interação entre diferentes velocidades de corrente, tipos de sedimentos e corpos de prova com formatos variados.





Serão efetuadas três modificações no tanque baseadas em pesquisas sobre tanques similares (Figura 2). A primeira modificação consiste na alteração da saída de água da bomba hidráulica, que será direcionada diretamente para a entrada do tanque e não para as caixas d'água superiores como ocorre atualmente. Desta forma, espera-se obter um fluxo de água constante no sistema. A segunda modificação será a instalação de uma rampa móvel com ângulo de inclinação variável dentro do sistema, para que seja possível gerar uma corrente que influencie na movimentação da camada sedimentar superior (SUGUIO, 1998 & CORREIA, 2012). A velocidade da corrente, neste caso, será modificada de acordo com o grau de inclinação da rampa. Sabendo que a velocidade da corrente depende do volume de água que passa por uma determinada área, espera-se que com a modificação da vazão da água a velocidade da corrente seja alterada. A terceira modificação será a instalação de uma comporta para controlar a vazão da água produzindo dinâmica de corrente turbulenta e de corrente não turbulenta. A comporta será utilizada quando a rampa não estiver em uso. Com essas modificações espera-se que o tipo de sedimento escolhido seja remobilizado interagindo com o simulacro, promovendo seu soterramento parcial ou total ao longo do tempo (Figura 3).



Figura 2: Esquema das modificações a serem realizadas no tanque Flume do IEAPM. Modificado de: Amarildo Alves da Silva, 2013.

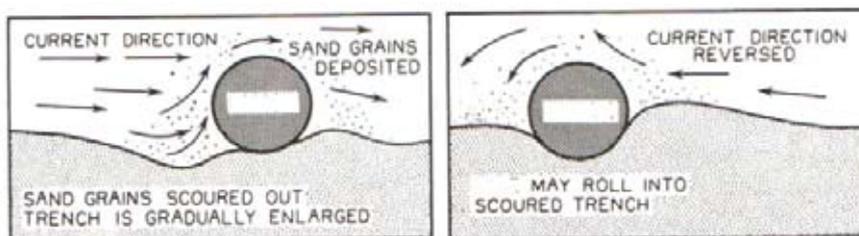


Figura 3: Modificada de: U.S. Navy Hydrographic Office, 1957.

Conforme descrito por Bascom e Fry apud U.S. Navy Hydrographic Office (1953) espera-se que correntes abaixo de 82,3cm/s remobilizem a fração arenosa e lamosa do sedimento, escavando uma trincheira a montante do simulacro, criando um acúmulo de sedimento a jusante do simulacro.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Ricardo Coutinho por conceder a utilização do tanque de testes Flume do IEAPM.
 Ao Dr. Andre L. Belem do Departamento de Geoquímica da Universidade Federal Fluminense pela inspiração e contribuição científica.
 Ao Eng. André L. Mega pela consultoria durante o planejamento das modificações citadas nesse artigo.
 Ao CMG Bentes pelas contribuições significativas para o avanço desse projeto.
 A CF (T) Isabel Peres pelo apoio e incentivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORREIA, Miguel André Andrade Cosme dos Santos. Escoamento de correntes de turbidez sobre múltiplos obstáculos. Dissertação para obtenção do grau de Mestre. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Lisboa. Lisboa, 2012.

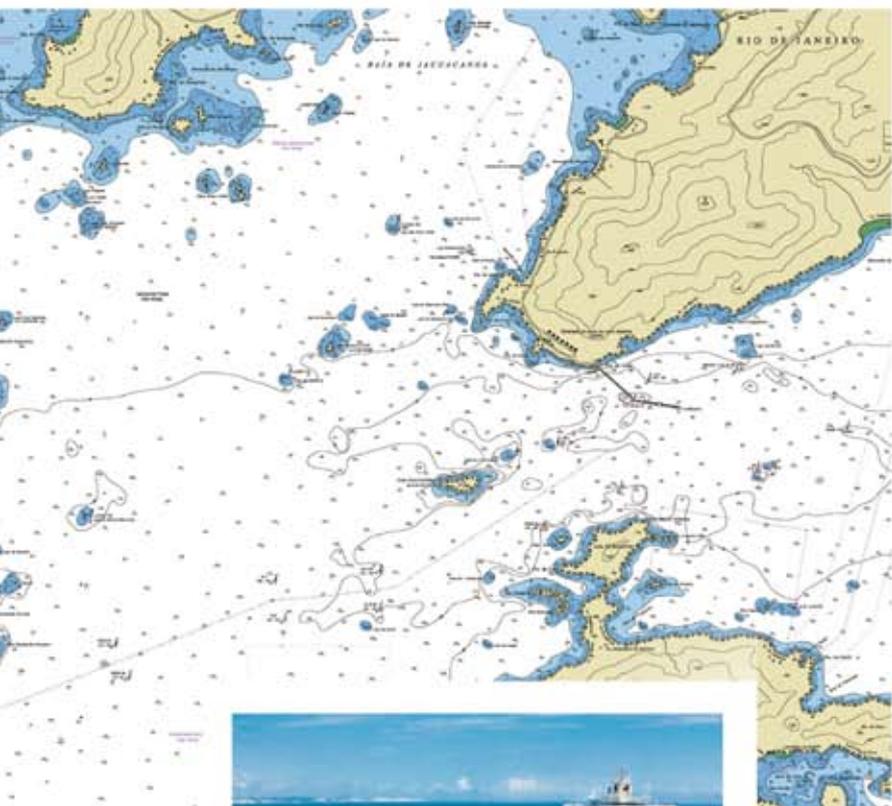
NETO, José Antonio Baptista; PONZI, Vera Regina Abelin; SICHEL, Susanna Eleonora. Introdução à Geologia Marinha. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004, 279 p.

PRESS, Frank; GROTZINGER, John; SIEVER, Raymond; JORDAN, Thomas H. Para entender a Terra. 4ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006, 656 p.

SUGUIO, Kenitiro. Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, 1217 p.

U.S. Navy Hydrographic Office. Application of oceanography to mine warfare. First Edition. Washington: H.O. PUB. NO. 765, 1957, 117 p.

AVISO AOS NAVEGANTES!



cartasnauticasbrasil.com.br



Cartas Náuticas On-line

A EMGEPRON comercializa cartas náuticas e publicações de segurança da navegação, produzidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil.

Acesse www.cartasnauticasbrasil.com.br e obtenha diversas cartas náuticas de forma rápida, prática e segura.



www.EMGEPRON.com.br





Nova Estação Antártica Comandante Ferraz



Comissão Interministerial para os Recursos do Mar

Espanada dos Ministérios, Bloco N, Anexo B, 3º Andar

CEP: 70055-900 - Brasília - DF

Fone: (61) 3429-1663 Fax: (61) 3429-1336

www.secirm.mar.mil.br

