

ELISABETE BRAGA SARAIVA

A água do mar e a oceanografia

**ELISABETE BRAGA
SARAIVA** é professora
do Instituto Oceanográfico
da USP.

a

água do mar ocupa mais de 70% da superfície do planeta Terra e atinge profundidades que podem passar de 10.000 m em alguns pontos dos oceanos, como é o caso das fossas das Marianas, no Oceano Pacífico. A comunicação entre os grandes receptáculos que abrigam as águas, ou seja, as grandes bacias oceânicas, envolve a superação das barreiras do relevo submarino, passagem entre as fendas das “montanhas imersas”, permitindo a circulação entre as águas profundas e mais frias. O movimento do planeta, em sua rotação, e os acidentes geográficos de relevo das plataformas continentais e taludes auxiliam na subida de águas profundas, ricas em nutrientes, que atingem águas mais claras onde a produção primária marinha pode avançar, formando a base da cadeia alimentar marinha e dando suporte a uma produção de proteínas significativa que mantém diversas formas de vida nesse meio. Mesmo em locais escuros considerados inóspitos, a vida marinha existe; junto aos *hot spots* e em regiões abissais, sob intensa pressão da coluna de água, formas de vida diferenciadas e estranhas aos olhos humanos se desenvolveram. Baixas temperaturas, altas temperaturas, locais extremos dão suporte a formas diferenciadas de vida.

Até mesmo a biologia possui diferenciadas formas de relação com a água, desde a água das origens dos seres vivos, no substrato hidratado que acomodou a estruturação do DNA, até a definição dos seres vivos como sistemas hidratados delimitados por membranas com diversos graus de organização, porém todos com uma hidratação interna diferenciada de seu meio, quer na forma primária de um citoplasma e de suas organelas quer como sistemas complexos que vivem em locais com alto teor de sais, verdadeiras salmouras que podem desidratar organismos menos preparados. No biótico e no abiótico, a água é parceira, como substância que subsidia climas e formas de vida.

No lado humano, muitas relações são estabelecidas com a água, desde aquelas extremamente naturais e de sobrevivência, como atender aos mecanismos fisiológicos de sede, até as relações de prazer do banho e da natação, ou do transporte, que permitiu muitas descobertas, ocupações territoriais, migrações humanas e embates. Também relações de medo, que criaram vários mitos relacionados à água, como figuras gigantes-cas, deuses, monstros, até figuras mágicas, como sereias, sem falar em civilizações perdidas e grandes animais marinhos, os quais podem às vezes deixar de ser mitos, como foi o encontro da lula-gigante nos dias atuais.

Paleoclimas, surgimento da vida, relações humanas, descobrimentos, mitologia, pesca, riquezas, desenvolvimento, clima, energia de marés, poluição, derretimento das calotas polares, mudanças climáticas, mudança do nível do mar, medos, relações humanas, distúrbios, enchentes, nova ordem e a água. Todas as ciências podem falar da água, e a água pode passar por transformações que absorvem os impactos naturais, sociais, econômicos, culturais e tecnológicos com base em um equilíbrio de propriedades de seus três estados físicos neste planeta cuja crosta, hidrosfera, atmosfera e biosfera o integram. Substância química, que denominação simples para a água, que recurso precioso, que papel fundamental!

Os oceanos possuem um volume de água estimado em $1.322.000 \times 10^{15}$ kg de água espalhado pela superfície do planeta, com participação histórica no aparecimento da vida como berço da formação dos primeiros ácidos nucleicos. A formação do planeta, com seu primeiro mar, o Panthalassa, delimitado por uma depressão que acomodou, no momento inicial, o volume de água condensado e proveniente das reações químicas no planeta e em seu interior, envolveu a massa de terra mais alta, conhecida como Pangea.

A configuração dos vários oceanos e mares se tornou atual com o passar do “tempo geológico”, e atualmente temos a oportunidade de estudar os oceanos e mares dentro da ciência conhecida como oceanografia. Aspectos geológicos, como

a paleoceanografia, a micropaleontologia e a sedimentação marinha; aspectos físicos, como as marés e os processos turbulentos, hidrodinâmica da plataforma continental, circulação oceânica em grande e meso escala, modelagem numérica hidrodinâmica, sensoriamento remoto dos oceanos, interação oceano-atmosfera; aspectos químicos, como ciclos biogeoquímicos dos nutrientes, micronutrientes e traços nos oceanos, gases dissolvidos na água do mar, química orgânica marinha; aspectos biológicos, que fascinam, como a ecologia de peixes, ecologia reprodutiva e recrutamento de peixes, produtividade primária marinha, produção secundária, zooplâncton e ictioplâncton marinho, ecofisiologia de organismos marinhos, ecologia e dinâmica bêntica, aquí-cultura, ecotoxicologia e microfítobentos e ecologia do meiobentos. Nas interfaces com os continentes, atmosfera e sedimentos, a ciência oceanográfica é realizada, bem como nos aspectos econômicos, sociais e políticos que a envolvem e que estão voltados à soberania nacional, como leis ambientais e aspectos culturais. A humanidade, em seu desenvolvimento, estabeleceu relacionamentos com a massa de água salina e salobra que percorreram aspectos tanto de criação de mitos e medos, de sobrevivência, aventura e desafios – como nas rotas e descobrimentos –, quanto de pesquisa de zonas profundas e abissais.

Para realizar pesquisas em uma área tão distinta das ciências, as ferramentas são diversas, partindo de instrumentos simples, como apetrechos de pesca, frascos diversos e tábuas de maré, até equipamentos que mergulham na massa de água trazendo parte dela para análise em laboratório, ou registrando informações em seus *chips*, e observações usando robôs em profundidade, como os ROVs, ou ainda distante, nas altas camadas da atmosfera, como é o caso do uso de satélites. Esses componentes são válidos e muita tecnologia e desenvolvimento básico das ciências afins são esperados para o avanço das pesquisas oceanográficas. Já se tornou de domínio popular que o homem conhece mais sobre o espaço que sobre os mares, o que em parte é verdade, pois, além

do conhecimento, precisa-se dos meios de pesquisa, que não são foguetes.

Sem dúvida, os instrumentos mais marcantes da oceanografia são as embarcações – os meios flutuantes representam equipamentos sofisticados de trabalho. Um importante passo da oceanografia foi marcado pela viagem do HMS Challenger, navio de pesquisa que zarpou da Inglaterra em 1872 e passou a realizar pesquisas em diversos oceanos, observando a massa de água e considerando seus aspectos de profundidade e de limite com os domínios contíguos, como o fundo, e retornou em 1876. Com caráter diferenciado da expedição do HMS Beagle, comandada pelo capitão Robert Fitzroy, e que teve a bordo o naturalista Charles Darwin, que fez observações astutas e uma ampla coleção de exemplares da biota marinha e de rochas, o que muito contribuiu no postulado da evolução dos organismos e da seleção natural, o HMS Challenger percorreu cerca de 125.000 km (~ 77.500 milhas) tentando buscar informações que satisfizessem a controvérsia “se existia ou não vida em profundidades abissais” (>2.000 m), uma vez que, na época, acreditava-se que abaixo de 550 m seria uma zona azóica (sem vida), posição esta sustentada por Edward Forbes, influente naturalista inglês. Junto ao trabalho do HMS Challenger, um grupo de seis cientistas da Royal Society of London determinou a composição química da água do mar e a distribuição das formas de vida em todas as profundidades amostradas. Foram também realizadas observações de correntes costeiras e oceânicas e foi descrita a natureza dos depósitos sedimentares e do fundo oceânico.

Os resultados globais dessa expedição representaram uma etapa fundamental na evolução das ciências marinhas, sendo esta precursora da nova era da pesquisa marinha. Foram observadas cerca de 7.000 espécies marinhas, algumas coletadas a mais de 9 km de profundidade. Cada espécie encontrada foi descrita, catalogada e preservada para análise em laboratório. A equipe do HMS Challenger não queria deixar dúvida sobre a profundidade em que cada organismo fora coletado, sendo constatado que em

baixas temperaturas e em região escura e sob alta pressão existia vida marinha. Cerca de 5.000 novas espécies de organismos marinhos foram identificadas e descritas. A topografia de fundo e a distribuição dos depósitos sedimentares no oceano profundo foram esboçadas. Mais de 23 anos foram necessários para analisar todos os materiais e informações obtidos na expedição do HMS Challenger. Assim nasceu a oceanografia!

Em uma carreira de 23 anos no Instituto Oceanográfico da USP (IO-USP), passando de estagiária, técnica de nível médio, técnica de nível superior, oceanógrafa (que não existe mais), auxiliar de ensino, professora assistente, professora doutora e, hoje, professora associada, tive a oportunidade de realizar muitos cruzeiros oceanográficos, sendo a maioria deles internacional.

A formação acadêmica e profissional que pude aperfeiçoar me permitiu construir uma visão multidisciplinar, o que muitas vezes é importante quando se ocupa uma vaga em uma embarcação, de forma que o auxílio no trabalho geral a bordo é uma necessidade. A formação em Ciências Biológicas, com mestrado em Oceanografia Física – área de Oceanografia Química –, o doutorado em Oceanografia Biológica, com *sandwich* na França, na Université de Bretagne Occidentale, junto à equipe de Oceanografia Química, e o pós-doutorado em Oceanografia Química, junto ao Institut de Recherche et Développement (IRD), me permitiram atuação multidisciplinar e uma dedicação mais especializada em ciclos biogeoquímicos e bioquímica marinha. Conhecimentos em coletas hidrológicas e hidroquímicas, geológicas e biológicas, além de domínio em técnicas analíticas de várias áreas de conhecimento, constituem bons requisitos ao participante de embarques em trabalhos oceanográficos.

A oportunidade de desenvolvimento acadêmico e profissional que tive, e tenho, junto ao Instituto Oceanográfico (IO) da USP é inigualável, de forma que tenho aqui uma oportunidade em agradecer pelo aprendizado e apoio que recebi em todos estes anos. O IO, que representa um importante marco nos estudos oceanográficos do país,

está completando 60 anos agora em 2006, com um histórico que merece algumas lembranças.

O Instituto Oceanográfico da USP foi fundado em 1946 como Instituto Paulista de Oceanografia pelo Decreto-Lei n. 16.685, de 31/12/1946, subordinado à Divisão de Peixes e Animais Silvestres do Departamento da Produção Animal. O Decreto-Lei n. 16.919, de 14/2/1947, modificou o anterior, atribuindo ao Instituto Paulista de Oceanografia o estudo da plataforma continental, dos fatores físicos, químicos e biológicos que influem na produtividade do mar, bem como da flora e fauna marinhas, visando, principalmente, ao seu aspecto econômico.

O cientista francês Wladimir Besnard foi convidado para assumir a direção da nova instituição instalada na cidade de São Paulo, para manter uma proximidade dos meios científicos que iriam apoiá-la junto aos trabalhos de campo e laboratórios localizados em diferentes pontos da costa. Em 1950, foram documentadas as primeiras pesquisas desenvolvidas nos litorais norte e sul do estado de São Paulo, bem como na Ilha da Trindade, expedição esta organizada pelo então ministro João Alberto Lins de Barros, em colaboração com a Marinha Nacional, e chefiada, na parte oceanográfica, pelo prof. Besnard.

Também em 1950, na gestão do reitor prof. Luciano Gualberto, foi pleiteada a pas-

PROJETOS	ANO	MILHAS NÁUTICAS	PERCURSO	NAVIO OCEANOGRÁFICO
Nacionais				
Pavasas	1984	1.520	Rio Grande (RS) – Santos (SP)	Prof. W. Besnard
Proantar VI	1988	3.613	Santos (SP) – Ilha Rei George V (Antártica) – Puerto William (Chile)	Prof. W. Besnard
PADCT 1	1997	1.193	Santos (SP) – Cabo de Santa Marta Grande (SC) – Santos (SP)	Prof. W. Besnard
PADCT 1	2001	1.193	Santos (SP) – Cabo de Santa Marta Grande (SC) – Santos (SP)	Prof. W. Besnard
Internacionais				
Romanche 1 (Woce)	1991	4.610	Dakar (Senegal) – Natal (Brasil) – Dakar (Senegal)	L'Atalante (França)
Cither 1 (Woce)	1993	4.800	Cayenne (Guiana Francesa) – Abidjan (Costa do Marfim) – Ponte Noire (República do Congo)	L'Atalante (França)
Cither 2 (Woce)	1994	5.600	Montevidéu (Uruguai) – Salvador (Brasil) – Martinica	Maurice Ewing (EUA)
Etambot 1 (Woce)	1995	4.193	Cayenne (Guiana Francesa) – Natal (Brasil) – Cayenne (Guiana Francesa)	Le Suroit (França)
Equalant 99	1999	5.554	Salvador (Brasil) – Abidjan (Costa do Marfim)	Thalassa (França)
La Plata	2002	2.170	Mar Del Plata (Argentina) – Itajaí (Brasil)	Puerto Deseado (Argentina)
Beagle	2003	5.800	Santos (Brasil) – Cape Town (África do Sul)	Mirai (Japão)

sagem do Instituto Paulista de Oceanografia para a Universidade de São Paulo, com a denominação de Instituto Oceanográfico, isto por ser a USP a mais alta entidade cultural do estado de São Paulo. Com a inserção, o instituto passaria a usufruir de maior suporte para o desenvolvimento de suas pesquisas e oportunidades para obtenção de bolsas e auxílios para a pesquisa e intercâmbio com órgãos da USP. Em 1951, foi incorporado à USP e adotou seu nome atual, na gestão do reitor Ernesto de Moraes Leme.

Na época da fundação, os objetivos de seus idealizadores apontavam para a necessidade de uma instituição que fornecesse bases científicas à pesca e, numa concepção mais ampla, à exploração de todos os recursos disponíveis ao longo do litoral paulista.

Em 1967, o Instituto Oceanográfico incorporou ao seu patrimônio o navio oceanográfico Prof. Wladimir Besnard, especialmente projetado e finalizado em 1966, o que representou um marco para a instituição.

Em 1970, o instituto transferiu-se para o *campus* da USP, vindo a ocupar um espaço (12.000 m²) que permitiu a instalação de laboratórios, salas de aula, serviços de administração e biblioteca. Em 1975, o IO, como unidade universitária, passou a contar com os departamentos de Oceanografia Biológica (DOB) e Oceanografia Física (DOF), integrando os professores na carreira docente, implementando o ensino de pós-graduação e participando da graduação de outras unidades.

Atualmente (2006), o instituto conta com dois departamentos: Oceanografia Biológica e Oceanografia Física, Química e Geológica; possui 34 docentes e cerca de 150 servidores não-docentes. As atividades de ensino do IO-USP desenvolvem-se em dois níveis: graduação e pós-graduação.

O bacharelado em oceanografia foi criado em 2001, tendo, em 2002, recebido a primeira turma de alunos ingressantes. O curso de graduação insere-se na área de ciências da terra, sendo, porém, fortemente multidisciplinar. A flotilha do Instituto Oceanográfico teve várias embarcações, sendo



Foto: E. S. Braga

o Paiva Carvalho, o Emília e o Ungava algumas delas. Atualmente é formada pelos barcos de pesquisa Veliger II e Albacora (ambos com 14 m de comprimento), além do já referido navio oceanográfico Prof. Wladimir Besnard (49,35 m de comprimento e 700 toneladas), que participou de várias expedições ao continente antártico.

O Prof. Wladimir Besnard merece um destaque especial, pois neste ano de 2006 comemora 40 anos de contato com a água salgada. O navio foi colocado em água em agosto de 1966, em Bergen, na Noruega, e foi trazido ao Brasil para realizar os trabalhos oceanográficos que foram incessantes desde então. Muitos trabalhos de projeção nacional e internacional foram realizados, basta lembrar do Programa Antártico Brasileiro (Proantar), que, desde 1983, com a ida do navio Prof. Wladimir Besnard seis

Navio oceanográfico Prof. W. Besnard deixando o Porto de Santos rumo à região antártica, 1988

vezes à Antártica, vem realizando pesquisas importantes, que asseguraram a participação do Brasil nas decisões sobre o continente antártico. A continuidade de realização de projetos em águas costeiras e a atuação na formação de jovens graduandos em oceanografia também dependem do nosso glorioso navio. Quantas universidades no mundo podem dispor de tão importante equipamento de pesquisa?

Para desenvolvimento de projetos de pesquisa e atividades práticas educacionais, o instituto também dispõe de duas bases oceanográficas: a Dr. João de Paiva Carvalho, na cidade de Cananéia, litoral sul do estado, e a Clarimundo de Jesus, na cidade de Ubatuba, litoral norte do estado, ambas dotadas de infra-estrutura logística para o alojamento dos pesquisadores, laboratórios, oficinas de apoio e meios flutuantes.

A pesquisa oceanográfica tem seu lado mais costeiro, onde sistemas próximos à margem continental são estudados, ainda sobre a plataforma continental, e também muitos estuários. O projeto Nutrientes, interações terrestres, atmosféricas e marinhas – Nitam – foi realizado em dois sistemas costeiros do estado de São Paulo, sendo um

deles considerado oligomesotrófico (região costeira de Ubatuba) e o segundo, eutrófico (complexo estuarino-lagunar de Cananéia), com o objetivo de esclarecer os ciclos biogeoquímicos dos nutrientes, as especiações dos nutrientes, sua sazonalidade e relação com a produção primária e, ainda, com os aportes terrestres, atmosféricos e oceânicos (Água Central do Atlântico Sul – Acas), sobretudo na região de Ubatuba. A metodologia envolveu a realização de análises de nutrientes da forma mais automática possível, contou com o desenvolvimento de equipamento próprio para análise de nitrogênio e fósforo dissolvidos totais, via fotooxidação. Esse produto tecnológico foi gerado e patentado durante o projeto financiado pelo processo Fapesp n. 90/3375-1. Os resultados observam as diferenças sazonais na disponibilidade de nutrientes (N, P e Si) nos dois sistemas e nos processos que ocorrem aí, os quais acarretam diferenças marcantes nas atividades de produção primária fitoplanctônica. Trata-se de dois sistemas com hidrodinâmicas e características diferentes, bem como diferentes processos de fertilização e de produção biológica em seus primeiros níveis tróficos.

Primeiros trabalhos na Baía do Almirantado em 1988. Vista da proa do navio do Instituto Oceanográfico da USP



Foto: E. S. Braga

O sistema costeiro de Ubatuba apresenta uma sucessão de formas nitrogenadas bem marcadas sazonalmente, com significativa reserva de formas refratárias de nitrogênio, suficiente para a manutenção da atividade de produção primária durante todo o ano. O sistema estuarino-lagunar de Cananéia, quanto às disponibilidades das formas nitrogenadas de nutrientes, foi caracterizado pela ocorrência de um máximo da forma inorgânica nitrato, no verão, e de formas de nitrogênio orgânicas, no inverno, sendo que o teor de NTD não apresentou grandes alterações nos dois períodos, mas, sim, diferenças nas formas que o compõem.

A região de Cananéia apresenta características distintas da de Ubatuba, porém, ambas mantêm os valores máximos de produção primária, no verão, e os mínimos, no inverno, com grande diferença na ordem de grandeza de seus valores. Meu trabalho de doutorado, sob a orientação do prof. dr. Clóvis Teixeira (IO-USP), baseou-se no estudo dessa região.

O projeto Valo Grande foi realizado na região de Cananéia quando houve o fechamento do Canal do Valo Grande, alterando, assim, a entrada de água doce no complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape e as condições hidroquímicas e biológicas do sistema. A convite do prof. dr. Luiz Roberto Tommasi, participei do plano de coleta e monitoramento de parâmetros físicos realizados em alguns pontos fixos do sistema. Atualmente o canal foi reaberto e a pesquisa continua nessa região.

No projeto Pavasas (Pontos Anfídromicos e Variações Sazonais), embarcamos, em 1984, no Rio Grande (RS), e finalizamos os trabalhos em Santos (SP). Embora o tema principal fosse físico, o prof. dr. Afrânio Rubens de Mesquita, coordenador do projeto, incluiu os nutrientes no trabalho para atuarem como traçadores de massas de água. Como participante do projeto, fui enviada, acompanhada de duas colegas, para o trabalho de campo, a bordo do navio oceanográfico Prof. W. Besnard. Nosso trabalho, então, constou de análise de oxigênio e coleta de amostras para determinação de nutrientes, sendo os últimos preservados

para análise em laboratório, em terra.

No projeto Integrado (Parâmetros Químicos Ambientais no Ecossistema Costeiro), em Ubatuba (SP) e São Sebastião (SP), em maio e julho de 1986, fui convidada a compor a equipe do prof. dr. Rolf Roland Weber em campanhas realizadas na região de São Sebastião, onde coletamos e extraímos amostras para análise de hidrocarbonetos de petróleo.

O projeto nacional Proantar (Programa Antártico Brasileiro) teve a participação do Instituto Oceanográfico da USP e contou com a colaboração, nas primeiras expedições, de cientistas corajosos e bravos que foram coletar diversos parâmetros oceanográficos naquela região, a bordo do navio Prof. Wladimir Besnard. As amostras de parâmetros hidroquímicos foram trazidas para o Brasil a fim de serem analisadas (exceto o oxigênio dissolvido, que foi determinado a bordo) e trabalhadas. Nossa participação, nessa primeira etapa, foi em terra cuidando das análises das amostras, sobretudo aquelas de nitrato e nitrito. Algum tratamento foi dado aos resultados e isso foi levado às reuniões internacionais para assegurar a participação do Brasil nas decisões sobre o continente antártico.

Em 1988, participei do Proantar VI (Baía do Almirantado – Ilha Rei George V). Embarquei na VI Campanha do Programa Antártico Brasileiro no navio oceanográfico Prof. Wladimir Besnard. Foi a primeira campanha em que a pesquisa foi focada na Baía do Almirantado, onde hoje está instalada a Estação Antártica Comandante Ferraz. Essa emocionante expedição foi a última que o navio oceanográfico Prof. Wladimir Besnard fez à região antártica – esse valoroso navio de pesquisa não é uma embarcação das mais apropriadas para navegação polar, pois não é quebra-gelo nem duplo casco, mas cumpriu sua missão de maneira nobre, com o auxílio da tripulação e pesquisadores do IO-USP.

Outro importante programa nacional é o Revizee (Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva, MMA-MCT-SECIRM). Trata-se de um projeto nacional cujo objetivo principal é o levantamento e a

avaliação do potencial de recursos vivos na zona econômica do Brasil, baseado, sobretudo, em estudos de prospecção pesqueira associados aos demais ramos das atividades biológicas relacionadas aos recursos vivos, e apoiado pela caracterização física, química e geológica de nossas águas.

O programa foi dividido em quatro grupos de trabalho, correspondentes aos *scores* norte, nordeste, centro e sul. Vários parâmetros oceanográficos foram estudados pelos grupos de acordo com a infra-estrutura das equipes dos *scores*. O programa busca, também, a implementação e o aperfeiçoamento do sistema de informação do Revizee (SisRevizee), o qual integrará e disponibilizará as informações já obtidas no programa. Nesse projeto atuei como coordenadora da área de Oceanografia Química do *score* sul e agente aglutinadora dos *scores*, também na área de Oceanografia Química. Importantes publicações foram geradas do trabalho do *score* sul coordenado pela prof^a dr^a Carmen Wongstehowski (IO-USP), as quais estão sendo editadas pela Edusp.

O projeto integrado PADCT (Levantamento de Recursos Vivos e Não-Vivos na Quebra da Plataforma na Região Sudeste do Brasil) – CNPq/Fapesp, 1994-2001 –, coordenado pelo prof. dr. Yasunobu Matsuura, é um projeto multidisciplinar e realizou campanhas entre o Cabo Frio (RJ) e o Cabo de Santa Marta Grande (SC). Foram amostrados pontos sobre a plataforma e na região do talude continental. Três radiais mais longas partiram da costa atingindo profundidades acentuadas, possibilitando a obtenção de dados de mar aberto, para servir de referencial para os principais fenômenos que acontecem na quebra da plataforma, tanto sob o aspecto químico como físico, biológico e geológico.

O projeto Biogeoquiss (Estudo da Dinâmica do Sistema Estuarino de Santos: aspectos biogeoquímicos e influência de efluentes domésticos e industriais no sistema) – Fapesp 2000/00909-9 (2000-2002) –, sob minha coordenação, teve como objetivo o estudo dos ciclos dos nutrientes nos diversos setores do Sistema Estuarino de Santos/São Vicente e Baía de Santos,

estimando os nutrientes principais (N, P e Si) sob diversas especiações químicas, dissolvidas e em suspensão, sob influência da dinâmica local, considerando as marés de sizígia e de quadratura, além da influência sazonal (inverno-verão).

O projeto ainda estudou os teores de diversos poluentes, como detergentes, metais pesados e coliformes fecais, sob as mesmas condições anteriormente citadas, e avaliou a participação de aportes domésticos e industriais nos componentes analisados em cada setor do sistema, apontando zonas de risco ambiental e situações críticas em certos pontos do sistema. Enfim, o projeto fornece diagnóstico da região e apresenta propostas para tomadas de decisões no aspecto ambiental. O projeto foi quase simultâneo ao grande estudo realizado pela Cetesb na Baixada.

O projeto Hidrogeoquimba (Hidrogeoquímica da Baía do Almirantado), coordenado por mim, pertence ao Proantar-Rede 2. Recebeu a colaboração de vários colegas e teve por objetivo realizar um levantamento dos dados pretéritos relativos aos teores de metais pesados nos sedimentos da Baía do Almirantado. Ao mesmo tempo, considerou a dinâmica da coluna de água e as características do ambiente sedimentar da região. Não esquecendo o papel do sistema hídrico adjacente e da hidrodinâmica local, foram avaliadas as características químicas básicas da coluna de água (oxigênio dissolvido e pH), bem como as características tróficas locais (nutrientes e micronutrientes). Nos sedimentos, também foram analisados os foraminíferos, os quais, em sua composição, diversidade, apresentação e anomalias, poderão fornecer maiores informações sobre as condições ambientais da interface água/sedimentos e os impactos sobre a biota associada ao sedimento.

O projeto Mobio (Matéria Orgânica na Avaliação de Impacto Ambiental no Meio Marinho, Bioquímica, Biogeoquímica, Bioacumulação e Biotoxinas) é financiado pela Fapesp, processo 2005/50769-2. Nosso mais recente projeto em coordenação tem por objetivo avaliar algumas expressões da matéria orgânica no ambiente marinho



Foto: E. S. Braga

**Coleta
utilizando
“multi-net”
em trabalho
ao largo da
plataforma
brasileira a
bordo do Prof.
W. Besnard**

costeiro. A relação dessas expressões como causa e/ou efeito de processos ambientais relativos aos ciclos biogeoquímicos da matéria, à bioquímica marinha e suas associações com importantes processos de alteração dos sistemas como aqueles decorrentes dos diversos tipos de contaminação e poluição, contribuindo com as medidas ambientais, legais e políticas de preservação dos ecossistemas costeiros. As ferramentas utilizadas serão: a) o estudo e a indicação de biomarcadores para avaliação da resposta na biota de ambientes fortemente contaminados por metais pesados (destaque ao Hg), em contraste com ambientes com fraca influência antrópica; b) a caracterização do conteúdo orgânico associado ao sedimento, considerado o biorreator de matéria orgânica e registrador das condições ambientais atuais e pretéritas; c) o efeito da matéria orgânica dissolvida como agente desencadeador de multiplicação de invertebrado do grupo de produtores de biotoxinas; e d) o estudo do ciclo do mercúrio na água, sedimento e biota, considerando bioacumulação em peixes e homens.

A pesquisa oceanográfica teve muitos avanços, muitos trabalhos foram desenvolvidos no Atlântico norte e no Pacífico, sendo que na década de 90 um foco especial foi lançado sobre o Atlântico sul. O Atlântico

equatorial também recebeu destaque na década de 90, como, por exemplo, o estudo da variabilidade da circulação das águas intermediárias no boroeste equatorial, baseado em dados dos projetos franceses Cither 1 (Circulation Thermohaline – Atlântico equatorial 7°N e 7°S) e Etambot 1 (Étude du Transport Atlantique Méridional du Bassin Ouest), pertencentes ao programa Woce (World Ocean Circulation Experiment). Nesse estudo foram analisados os dados de nutrientes e oxigênio dissolvidos obtidos nessas duas campanhas oceanográficas citadas – Cither 1 (1993) e Etambot 1 (1995) –, nas quais tivemos a oportunidade de participar da coleta a bordo de embarcações francesas. Os valores de nutrientes analisados em conjunto com dados de temperatura, salinidade e oxigênio puderam identificar os movimentos das massas de água intermediárias no boroeste equatorial.

Dados de clorofluorcarbonos (CFCs) também foram utilizados como traçadores de massas de água nessa região, onde se pôde observar algumas variabilidades de circulação em relação ao período do ano. Distribuições zonais e meridionais de nutrientes e CFCs, adicionadas aos valores de temperatura potencial, oxigênio, salinidade, foram utilizadas para acompanhar o fluxo da água intermediária antártica (AAIW)

**Navio
oceanográfico
francês de
pesquisa
Atalante, do
Ifremer, em
uma das várias
passagens pela
costa do Brasil
em trabalhos
pertencentes ao
programa Woce**

e da porção superior da água circumpolar (UCPW). A AAIW é ventilada e rica em freon, sendo bem distinta da água antiga, rica em nutrientes, como é o caso da UCPW, a qual é pouco ventilada. A entrada da AAIW na zona equatorial, ao longo do limite oeste do Oceano Atlântico e seu espalhamento em direção leste, ilustra um complexo fluxo na região equatorial incluindo variações de baixa frequência, reversões de correntes ou recirculação. Variações sazonais na circulação no oeste do Atlântico equatorial são sugeridas com base nos valores obtidos em dois cruzeiros (Cither 1 – inverno boreal; e Etambot 2 – verão boreal). Essa pesquisa gerou um pôster apresentado na International Conference on the Large Scale Circulation and Dynamics of the Equatorial and South Atlantic Ocean (Woce), Brest-France, June/16-20/1997, e um artigo no *Journal Geophysical Research*.

O projeto Equalant (1999-2000), realizado ao longo do Equador, entre o Brasil e a África, também trabalhou dados equatoriais, cujos resultados foram apresentados em um trabalho intitulado “Atlantic Equatorial Circulation of Intermediate and Deep Waters

Inderred from Tracer and Current Data of Equalant 1999-2000 Cruises”, de C. Andrié, S. Freudenthal, B. Bourlès, B. Baurand e E. S. Braga. O trabalho abordou a distribuição das massas de água através de seções meridionais, esquemas de circulação com base em traçadores químicos (CFCs, salinidade e dados de LADCP) para água UNADW e silicato e oxigênio para água de fundo. Aproveitamos a ocasião para discutir um fenômeno que ocorre a 4.000 m, sobre o cânion do Rio Congo, que acabou gerando, em 2004, o artigo “Congo River Signature and Deep Circulation in the Eastern Guinea Basin”, de E. S. Braga, C. Andrié, B. Bourlès, A. Vangriesheim, F. Baurand e R. Chuchla, na *Deep-Sea Research Part I*.

Um pouco mais sobre os projetos citados:

O projeto Woce-Romanche 1, realizado no Atlântico equatorial 2°N e 2°S e 20°W e 12°W, em 11/8/1991-7/9/1991, que integra o programa Woce, fez um reconhecimento da hidrologia e batimetria das zonas de fratura Romanche (0°N) e Chain (1,5°S), com o objetivo de identificar as passagens da água antártica de fundo (AAF) da bacia



Foto: E. S. Braga

oeste para a bacia leste do Atlântico. Os nutrientes determinados (nitrito, nitrato, fosfato e silicato), associados às características físicas da água, foram utilizados na identificação das massas de água presentes na região. A proporção de AAF presente na parte mais profunda da fractura Romanche oscilou entre 35% e 55%, enquanto na zona de fractura Chain a presença da AAF esteve entre 10-15%.

O projeto Cither 1, pertencente ao programa Woce, realizou-se em longas secções, no Atlântico sul e região equatorial. A estrutura vertical do Atlântico sul é bem mais complexa que um modelo de duas camadas. As medidas de hidrologia e dos traçadores químicos nessa região representam um dos melhores meios para observar a estrutura interna dos oceanos, o que pode ser colocado em prática na escala de uma bacia oceânica.

O programa Cither foi efetuado em cinco longas secções de hidrologia e geoquímica no Atlântico sul subtropical e equatorial. Os principais parâmetros analisados foram a salinidade, o oxigênio dissolvido, os sais nutrientes, os componentes do sistema CO₂, os freons (CFC11 e CFC12) e o par hélio-trítio. Nessa campanha, estive envolvida na determinação do oxigênio dissolvido, trabalhando com um titroprocessador Metrohm, realizando as análises por titulação potenciométrica, como jamais tinha realizado. Os dados obtidos nesse projeto foram associados aos dados do projeto Etambot 1, sendo de grande importância para a elaboração de um artigo sobre os movimentos de água na bacia oeste do Atlântico, na zona equatorial, possibilitando o reconhecimento da água antártica intermediária e da porção superior da água circumpolar (UCPW) na zona equatorial.

O projeto Cither 2 ocorreu em 2-4/1994 e também pertencente ao programa Woce. Esteve localizado na secção A17 desse programa, ao longo da costa leste da América Latina, partindo do Uruguai e indo até a Martinica. Esse projeto permitiu definir alguns aspectos da circulação no limite da fronteira oeste do Oceano Atlântico sul, gerando alguns trabalhos de transporte de calor

e traçadores. Interligado ao projeto Cither 1, que estudou a fronteira norte do Atlântico sul, o projeto Cither 2 estudou a fronteira oeste do sistema. Meu envolvimento nesse trabalho foi, também, realizando as medidas químicas do oxigênio dissolvido, via titulação potenciométrica, as quais, associadas aos dados físicos, funcionaram, sobretudo, como traçadoras de massas de água mais profundas, fazendo o reconhecimento das diversas águas, como, por exemplo, a água intermediária antártica (AIA), a porção superior da água circumpolar (UCPW), a água profunda do Atlântico norte (NADW) e outras.

O projeto Etambot 1 também pertence ao programa Woce, estando dirigido ao estudo do transporte meridional para a bacia oeste do Atlântico equatorial. Esse projeto propôs-se, sobretudo, a estudar a circulação na bacia oeste do Atlântico equatorial, levando em conta as fortes variações sazonais conhecidas na superfície, inicialmente suspeitas, nas águas mais profundas. Nesse estudo, também foram analisados diversos parâmetros físico-químicos da água.

Trabalhados os dados dos projetos Cither 1 e Etambot 1, gerou-se um resumo para apresentação em evento internacional, na França, e uma publicação no *Journal Geophysical Research*, sob o título "On the Crossing of the Equator by Intermediate Water Masses in the Western Atlantic Ocean: Identification and Pathways of Antarctic Intermediate Water and Upper Circumpolar Water", em setembro de 1999.

O projeto Equalant (1999-2000) Atlântico equatorial faz parte do projeto Circulation Océanique Générale: Observations en Atlantique Tropical, do programa Eclat (Étude Climatiques dans l'Atlantique Tropical), em que o objetivo é o estudo da variabilidade da circulação oceânica e das interações oceano-atmosfera no Atlântico equatorial. O Oceano Atlântico é um participante ativo da variação do clima através da circulação de grande escala. De forma particular, a compreensão da transformação das massas de água na zona tropical é essencial para a estimativa da transferência de calor e massa entre os hemisférios. Trata-se

de um projeto multidisciplinar no qual meu interesse reside na atuação dos nutrientes como traçadores químicos junto aos freons, auxiliando a identificação das massas de água abaixo da camada eutrófica, na região equatorial e, ainda, como existiram análises de CO₂ e produção primária, os dados de nutrientes nas camadas mais superficiais permitem a avaliação trófica das massas de água. Os nutrientes estão diretamente associados ao estudo das ressurgências, sobretudo na costa oeste, destino final dessa campanha. No primeiro cruzeiro do projeto, realizado em julho-agosto de 1999, fui responsável pelas análises e dados de nutrientes (nitrato+nitrito, fosfato e silicato). Os estudos realizados junto ao projeto Equalant foram aplicados em dois artigos, sendo um deles sob o título de “Variability of AABW Properties in the Equatorial Channel at 35°W”.

O acordo de cooperação CNPq-Orstom “O Papel do Oceano Atlântico no Clima”, coordenado pela brasileira dr^a Ilana Wainer (IO-USP) e pelo francês dr. Jacques Servain (Orstom), engloba vários objetivos específicos sobre o estudo do clima e a sua relação com a circulação oceânica.

A cooperação entre a Orstom (IRD) e o CNPq, para o estudo do clima, se divide em duas partes complementares. A primeira refere-se aos estudos oceânicos sobre a região do Atlântico tropical; a segunda, ao estudo da convecção atmosférica e os efeitos de continentes e condições de fronteiras interiores na região do Atlântico tropical e o continente brasileiro. E, ainda, parte dessa proposta se enquadra dentro dos objetivos do programa francês para o estudo do clima (Eclat), referido anteriormente. Essa colaboração científica com o programa Eclat favorece o uso adicional de recursos (meios flutuantes, análise de dados *in situ* e de satélites, trabalhos de modelagem numérica e formação de pessoal). Ressalta-se, também, a colaboração de outros países, em particular os EUA (contribuindo via programa Pirata). Esse acordo está possibilitando o intercâmbio de recursos humanos entre os dois países para trabalhar os dados obtidos em projetos conjuntos e aprofundar

o conhecimento do tema principal. Realizamos um estudo mais aprofundado de alguns fenômenos que ocorrem na bacia leste, junto ao Rio Congo, com base nos dados do projeto Equalant.

No projeto “The Effect of UV Radiation on the First Level of the Marine Food Web at Different Latitudes” (instituição coordenadora: Universidade de Rimouski – Canadá; coordenadora da etapa brasileira: prof^a dr^a Sônia Maria Flores Giancesella; financiamento: IAI, National Scientific and Engineering Research Council – NSERC, Canadá), diversos tanques (mesocosmos) foram montados em Ubatuba e submetidos a diversas intensidades de radiação UV, sendo que as características físico-químicas e biológicas de cada mesocosmo eram acompanhadas diariamente, bem como a resposta das populações fitoplanctônica, zooplânctônica e de bactérias expostas às condições UV, somadas às condições naturais de UV da latitude de trabalho. A avaliação dos teores de nutrientes, amônio, nitrito, nitrato, silicato e fosfato foi realizada pela nossa equipe (Labnut-IO-USP), verificando-se esgotamento de formas inorgânicas, regeneração intensa e, depois de um certo período, comportamentos imprevisíveis resultantes de processos de excreção, morte e regeneração já em final de experimento e *stress* do sistema trabalhado.

O projeto Laplata (IAI-Fapesp) – Levantamento Oceanográfico em Larga Escala na Plataforma Continental Sudeste da América do Sul. O Efeito das Descargas Fluviais e da Frente Subtropical de Plataforma (responsáveis: prof. dr. Edmo Dias Campos e dr. Alberto Piola) – visa a acompanhar a influência da pluma do Rio da Plata sobre a plataforma em direção norte. Extensas observações ao longo da plataforma do sudeste da América do Sul estão incluídas no estudo. O trabalho foi realizado entre o Mar Del Plata e Itajaí, contemplando várias radiais. Está sendo realizado com a participação de vários pesquisadores argentinos, uruguaios e americanos.

O projeto Beagle-Woce III-Atlântico sul foi realizado junto a um convênio entre o Japan Marine Science and Technology

Center (JAMSTEC) e a Universidade de São Paulo, cujo objetivo foi a realização de uma investigação oceanográfica no Atlântico sul com o navio oceanográfico Mirai, do JAMSTEC. O trabalho científico foi realizado em estações de amostragens entre o Brasil e a África do Sul, ao longo dos 23°S. Nossa participação ocorreu na coleta e análise de oxigênio dissolvido, que possibilitou a distinção das massas de água, sendo observado um aquecimento mínimo das águas profundas em relação às coletas realizadas no projeto Woce, na década de 90, no mesmo local, pela equipe alemã. Mudanças climáticas e influência antrópica começam a participar mais efetivamente de

modificações em camadas de água profundas, o que representa um sinal de alerta nos padrões de circulação.

Realmente, muito se tem a dizer sobre pesquisas oceanográficas, sendo a minha participação em 23 anos de trabalho no IO-USP parcialmente representada neste artigo. Espero que possa ter servido de incentivo a todos na busca por maiores conhecimentos de outros aspectos dessa ciência multidisciplinar que envolve a física, a biologia, a geologia, além da química. Mais uma vez, espero ter despertado muita curiosidade nesse universo de $1.322.000 \times 10^{15}$ kg de água salgada, que representa o maior compartimento do ciclo hidrológico no nosso planeta.

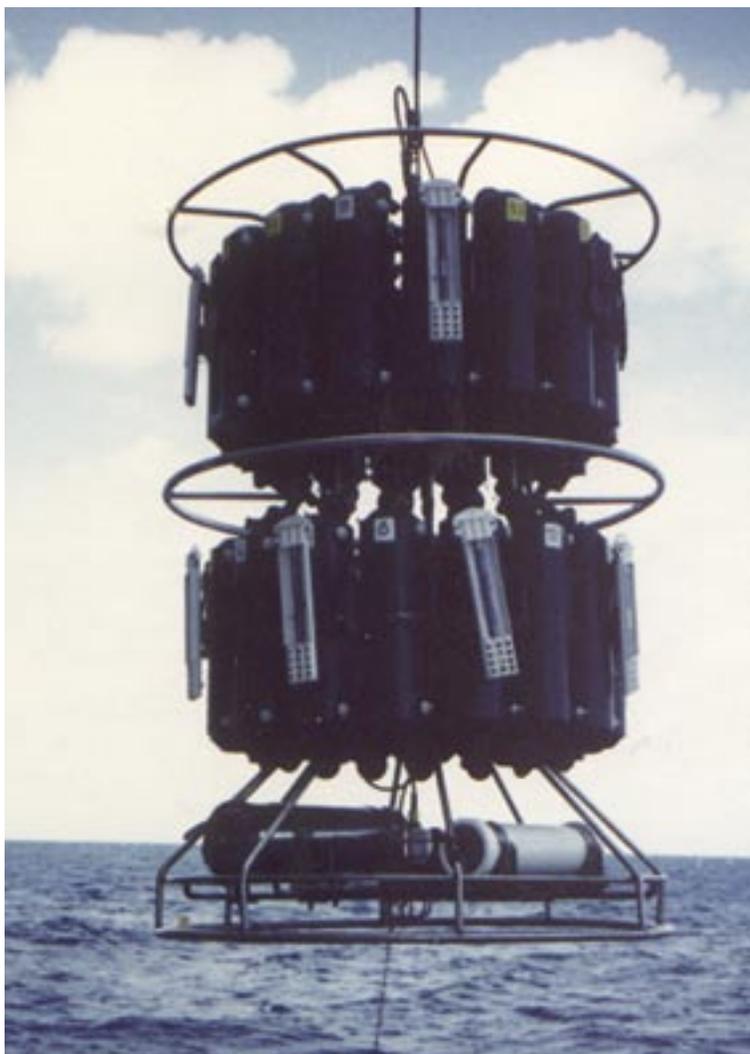


Foto: E. S. Braga

*Rosette;
equipamento
de coleta de
água e registro
de temperatura
e salinidade
em várias
profundidades,
do navio
Atalante*