

RETROSPECTIVA E PERSPECTIVA NO BRASIL DAS BÓIAS DE DERIVA RASTREADAS POR SATÉLITES DE ÓRBITA BAIXA

C.L. da Silva Jr., M.R. Stevenson e P.R.A. de Carvalho
Instituto de Pesquisas Espaciais
Secretaria Especial da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515
12201 - São José dos Campos, SP
BRASIL

RESUMO

O INPE, através do Projeto MEDICA (Medição da Corrente Antártica) em meados dos anos 80, desenvolveu e lançou seu primeiro protótipo de boia de deriva posicionado por satélites de órbita polar, via Serviço ARGOS, no Brasil. O ponto de partida desta nova fase da instrumentação oceanográfica nacional, esta diretamente ligada ao desenvolvimento pelo INPE, da PCD (Plataforma de Coleta de Dados) e sua respectiva homologação pelo Serviço ARGOS. Este trabalho descreve a evolução deste tipo de tecnologia no Brasil ao longo dos últimos 6 anos assim como, seu desempenho em coletar dados oceanográficos e meteorológicos tanto em águas locais, quanto em águas antárticas, em tempo quasi-real. A qualidade dos dados obtidos a partir deste sistema Lagrangeano, fornece ampla base para uma futura participação significativa dos oceanógrafos brasileiros, em programas internacionais, tais como TOGA e WOCE. Esses programas tratam de estudos da variabilidade climática em escala global, onde se fará uso de modelos numéricos do tempo, calibrados a partir de dados coletados por plataformas móveis localizadas em regiões remotas do oceano.

ABSTRACT

During the middle of the 1980's, INPE, through Project MEDICA (Medição da Corrente Antártica), developed and produced its first prototype drifting buoy, positioned by satellites in polar orbit, via Service ARGOS in Brazil. The starting point of this new phase of national oceanographic instrumentation was directly connected to the development by INPE, of a DCP (Data Collection Platform) and its subsequent certification by Service ARGOS. This work describes the evolution of this type of technology in Brazil during the past 6 years, as well as its performance in collecting oceanographic and meteorologic data, in both local and Antarctic waters, in quasi real-time. The quality of data obtained from this Lagrangian system provided a strong background for the significant future participation of Brazilian oceanographers in international programs, such as TOGA and WOCE. These programs focus on studies of the climatological variability on a global scale, in which use will be made of numerical models of the weather, calibrated from data collected by movable platforms placed in remote regions of the ocean.

1. RESUMO HISTÓRICO DAS BÓIAS DE DERIVA

Medidas com derivadores Lagrangeanos são provavelmente um dos métodos mais antigos, para se obter valores de corrente próxima à superfície do oceano. Stommel (1954), deu o passo inicial para a fase contemporânea de estudos de circulação, pois foi o primeiro pesquisador a fazer uso de bóias Lagrangeanas posicionadas remotamente, via rádio transmissão. Um breve relato da evolução dos derivadores Lagrangeanos, ao longo das últimas 3 décadas, foi reportado por Silva Jr. (1989).

Com a advento da era espacial foi desenvolvida uma nova geração de derivadores Lagrangeanos. No ano de 1974, a NASA (National Aeronautics and Space Administration) lançou o satélite meteorológico NIMBUS-F, que carregava

a bordo um sistema sofisticado de comunicação, o RAMS (Random Access Measurement System), criado para localizar e obter sinais dos parâmetros ambientais, transmitidos pelas BTTs (Buoy Transmit Terminal). Desenvolvido pelo NDBO (NOAA Data Buoy Office), a BTT transmitia em UHF com frequência de 401,20MHz, usando sensores analógicos ou digitais de coleta de dados ambientais. Esta nova ferramenta foi logo utilizada pela comunidade oceanográfica, para descrever a circulação em larga escala do lado leste do Pacífico Norte (Kirwan et alii, 1978a,b; McNally, 1981 e McNally et alii, 1983), e Atlântico Norte (Richardson, 1981 e 1983). O sistema RAMS, permitia duas posições fixas por dia para cada boia, com um erro rms de posicionamento de 1-2km (Richardson et alii, 1979) até 5km (McNally et alii, 1983). O sucesso do RAMS foi decisivo para a criação de um sistema glo

bal de coleta de dados ambientais a nível orbital: o Serviço ARGOS.

Este projeto cooperativo foi firmado em 10 de dezembro de 1974, entre o CNES (Centre National d'Études Spatiales), a NASA e a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, USA), e seu início operacional foi no ano de 1978, oferecendo duas vantagens sobre sistema RAMS. Primeiro, o ARGOS é servido por dois satélites operacionais da série TIROS-N ao invés de um, podendo assim, fornecer duas vezes mais posições fixas por dia para cada PCD (Plataforma de Coleta de Dados); este número de posições aumenta, à medida que cresce a latitude desta plataforma. Segundo, o ARGOS fornece posições fixas com um erro rms de 0.1-0.2km (Richardson, 1983), em contraste ao RAMS.

Durante o First GARP (Global Atmospheric Research Program) Global Experiment (FGGE) em 1978 e 1979, objetivou-se estudar a circulação superficial dos oceanos do Hemisfério Sul (20°S e 65°S), a partir do uso de 368 bóias de deriva (ARGOS, 1984). Medidas de posicionamento, temperatura superficial do oceano e pressão barométrica, foram obtidas por estas bóias ao longo deste experimento, demonstrando assim, uma aplicabilidade global satisfatória, tanto para fins operacionais, quanto o da pesquisa (Kozak e Partridge, 1986). Dados arquivados durante o FGGE foram usados para preparar mapas da circulação superficial média, e da distribuição da energia cinética dos vórtices em larga escala do oceano do Hemisfério Sul, Garrett (1981), Amonsky et alli (1983), Peterson (1985), Hofmann (1985) e Piola et alli (1987).

Durante o período de 1981 até 1988 foi feito um estudo da circulação no Atlântico Norte, usando bóias rastreadas pelo ARGOS. Os resultados para o fluxo médio foram apresentados em larga escala (Krauss, 1986) e em mesoescala (Krauss and Kase, 1984; Krauss and Boning, 1987), assim como, maré e correntes inerciais.

O TOGA (Tropical Ocean Global Experiment), teve seu início em janeiro de 1985, como parte do World Climate Research Programme (WCRP), devendo ter continuidade por 10 anos. O TOGA foi concebido e planejado a fim de prever as variações da circulação atmosférica global, sobre períodos que variam entre meses a anos, usando modelos numéricos acoplados aos oceanos tropicais, à superfície da terra e à atmosfera global. Estes modelos serão em parte calibrados por um grupo de derivadores, a serem lançados durante o projeto.

Durante 1984 e 1985, o TOGA lançou 64 bóias, que mediram: pressão barométrica, temperatura do ar, temperatura da superfície do mar, inclusive é claro, os campos de corrente.

Por fim, a comunidade oceanográfica internacional está preparando-se para um ambicioso experimento: o WOCE (World Ocean Circulation Experiment). Com início previsto para 1990, o

WOCE fornecerá a primeira pesquisa global das propriedades físicas dos oceanos. O grupo de dados resultantes deste experimento será usado para testar modelos numéricos da circulação oceânica, necessários para previsão das trocas climáticas ao longo da década (WCRP, 1986).

Dentro da proposta original do WOCE, espera-se lançar num período de 5 anos, pelo menos 3000 derivadores posicionados pelo sistema ARGOS. Uma das características marcantes deste projeto será a disseminação de um grande volume de dados via GTS (Global Telecommunication System), submetidos a um alto controle de qualidade, arquivamento e com uma distribuição de maneira operacional.

Atualmente, as bóias de deriva rastreadas por satélites veem sendo alvo de um esforço permanente do desenvolvimento instrumental na área de Oceanografia, em certas partes do mundo. Baseada nesta afirmação, é possível entender o porquê da realização de dois eventos em um curto espaço de tempo, igualmente importantes, mas com objetivos distintos, que foram: "Meeting of WOCE/SVP (Surface Velocity Program) for Atlantic Sector" e "Fifth Session of the Drifting Buoy Co-operation Panel" realizados, respectivamente, em Toulouse entre 9-12 de outubro e Genebra entre 17-20 de outubro de 1989. Uma gama de assuntos relacionados com as bóias de deriva foram discutidos por especialistas de vários países, incluindo o Brasil, além dos representantes e observadores das grandes organizações e programas internacionais de Oceanografia e Meteorologia.

Paralelamente no Brasil, o INPE ao longo destes últimos 6 anos, vem desenvolvendo uma tecnologia nacional na fabricação de bóias de deriva, rastreadas via ARGOS. A tecnologia, assim como o desempenho das bóias, serão tratados em resumo nas próximas seções.

2. A BÓIA BRASILEIRA

O Projeto MEDICA (Medição da Corrente Antártica) vem desenvolvendo e lançando bóias oceanográficas de deriva, localizadas por satélites, via Serviço ARGOS, na Antártica. Este tipo de tecnologia é pioneira no Brasil, e foi criada com o objetivo de amenizar a deficiência tecnológica na área de coleta de dados oceanográficos. O ponto inicial de todo esse projeto está diretamente ligado ao desenvolvimento pelo INPE da PCD (Plataforma de Coleta de Dados), usada anteriormente em áreas continentais e já homologada pelo ARGOS, França.

Para trabalhar em um ambiente como o Antártico, utilizou-se um casco de bóia com uma geometria bi-cônica, a base de fibra de vidro (tecnologia "sanduiche"), obtendo assim, uma boa estabilidade vertical e boa resistência ao gelo. Este material foi usado, segundo Stevenson e Alonso (1986a), devido a sua alta razão força por peso do material, além do que, a bóia feita desse material pode ser fabricada facilmente em série.

As especificações gerais do casco, segun do Stevenson e Barbosa (1986), são as seguintes:

- 187cm de largura;
- 75cm de diâmetro (parte mais larga);
- 40cm de diâmetro (base do casco);
- 72kg de peso, somente para o casco;
- 170kg incluindo PCD, "rack", antena e caixa de força;
- cor laranja internacional.

No interior deste protótipo, um "rack" metálico foi utilizado para fixação dos componentes internos da bóia. Presos à estrutura deste "rack" encontram-se: a fonte de força, a PCD transmissora, caixa de condicionamento de sinal e a antena.

A tensão necessária à alimentação da carga útil da bóia está entre 24,0 e 12,5 Volts. Este conjunto de pilhas (mais de 600) foi selado do dentro de uma caixa de pvc.

A PCD é um sistema eletrônico com capacidade de transmitir, via satélite, parâmetros ambientais que possam ser convertidos em um sinal elétrico. O conjunto PCD (transmissor, interface para sensores e fonte de alimentação), transmite em UHF, na frequência de 401,650MHz, em intervalos pré-programados (Motta et alii 1978).

Durante a transmissão deste protótipo, os quatro canais analógicos foram convertidos a digital em 8 bits, ou seja 0-255. A antena transmissora é do tipo hélice-quadrifilar, fixada sobre um disco de metal na parte superior do "rack". O esquema contendo a antena, bem como, todos os componentes do protótipo de bóia, podem ser vistos na Figura 1.

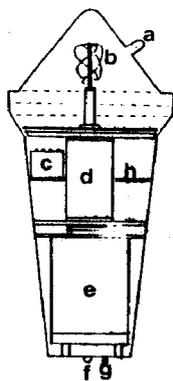


Fig. 1 - Os componentes da bóia do INPE: a) sensor de ar, b) UHF antena, c) caixa de condicionamento de sinal, d) PCD, e) caixa de bateria, f) conector para o "drogue", g) conector elétrico e h) rack.

Para melhorar o acoplamento da bóia à profundidade desejada (e.g. 10m), foi selecionada uma vela de nylon retangular com 6m² de área,

para ser usada como elemento de arrasto. Todo o sistema arrasto tem um peso total de 90kg na água (Stevenson e Alonso, 1986a).

Apesar da PCD ARGOS permitir até 32 canais de dados, o protótipo de bóia desenvolvido pelo INPE, quando testado pela primeira vez, usou apenas 4 canais: 1 para tensão de bateria; 1 para temperatura do ar e 2 para temperatura d'água nas respectivas profundidades (1 e 10m).

Termistores, fornecidos pelo IPQM (Instituto de Pesquisas da Marinha), foram escolhidos como sensores térmicos da bóia devido ao seu tamanho compacto e baixo custo. O método pelo qual a variação de resistência do termistor representa o valor de medida de temperatura é apresentado em Stevenson e Carvalho (1989).

Esta primeira configuração da bóia do INPE foi lançada em 6 experimentos consecutivos, sendo 2 em águas locais e 4 nas Expedições Brasileiras à Antártica, as de número III, IV uma vez cada e por duas vezes na V Expedição.

A partir da VI Expedição Antártica, uma nova configuração de bóia foi requerida com a adição de uma torre compacta com sensores meteorológicos (Figura 2) e modificações sofridas na parte telemétrica deste derivador.

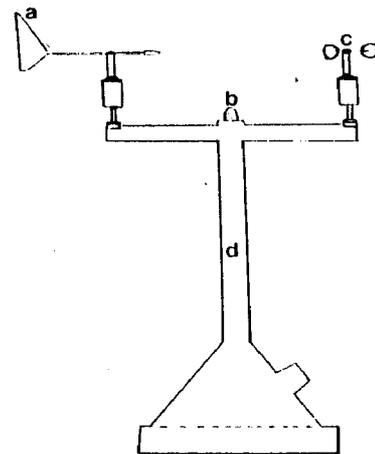


Fig. 2 - Os componentes da torre: a) sensor de direção de vento, b) sensor de temperatura do ar, c) sensor de intensidade de vento, d) mastro da torre.

As especificações gerais da torre, são as seguintes:

- altura 158cm;
- diâmetro da base 81cm;
- travessão horizontal 91cm;
- sensor de direção e intensidade de vento, e
- sensor de temperatura.

Uma bússola foto-eletrônica foi colocada sobre o "rack", no interior de bóia, possibilitando assim, correções nas medidas de direção de vento.

As limitações apresentadas pelo antigo sistema telemétrico são discutidas em Carvalho e Stevenson (1989), e tais deficiências estimularam a criação de uma nova versão, mais eficiente, que suportasse um maior número de sensores e medidas e, ainda com consumo mínimo de energia. A nova versão suporta as seguintes medidas:

- 5 tensões: bateria/regulada/referência;
- 4 sensores de temperatura;
- 1 sensor de intensidade de vento;
- 1 sensor de direção de vento; e
- 1 bússola eletrônica.

Sendo que foi explicado ao longo desta seção, parte da tecnologia envolvida na construção de bóias cabe a nós na próxima seção, fazer um resumo do desempenho delas tanto em águas locais como em águas Antárticas.

3. DESEMPENHO DAS BÓIAS DO INPE

O primeiro protótipo de derivador Lagrangeano desenvolvido no Brasil e rastreado por satélites, foi lançado no dia 09 de março de 1985, no Estreito de Bransfield na região Antártica (Figura 3). Durante 58 horas, este protótipo foi posicionado via Serviço ARGOS, o que possibilitou inferir uma corrente média para área do teste de 27cm/s na direção 042° (Stevenson et alii, 1989). Durante o experimento com o protótipo, uma rede de estações hidrográficas foi completada, usando o NAp0c (Navio de Apoio Oceanográfico) Barão de Teffé, quando foram coletados dados de temperatura e salinidade,

com a profundidade. Em seguida foi possível estimar a corrente geostrofica a 10m de profundidade, tendo como nível de referência 250 dbar, onde foi obtido o valor 5cm/s na direção 020°.

Quando comparadas as temperaturas do ar medidas pela protótipo com as medidas de bulbo seco feitas a bordo do navio, estas mostraram que a temperatura medida pela bóia foi sistematicamente mais fria, isto é:

$$T_n = 1.47 T_b + 5.48 \quad (1)$$

onde,

T_n = temperatura do ar medida pelo navio (medida a 12 metros acima da linha d'água) e

T_b = temperatura do ar medida pela bóia (medida a 0,5 metros acima da linha d'água).

A diferença entre as duas medidas de temperatura é consistente, isto devido ao fato de que, durante o verão austral, a temperatura do ar pode ser mais quente que a temperatura da água de superfície (Stevenson et alii, 1986a).

O primeiro lançamento da bóia propriamente dita, ocorreu em novembro de 1985, e foi realizado na altura da Ilha de São Sebastião, no litoral norte do Estado de São Paulo, a bordo do Navio Oceanográfico Almirante Saldanha. Através de uma sequência de posicionamento foi feita uma avaliação da exatidão da localização da bóia; para tanto, estas posições (6 por dia em média) foram comparadas com uma série de medidas de radar feitas simultaneamente e com medidas fixas realizadas em terra obtidas antes do embarque da bóia.

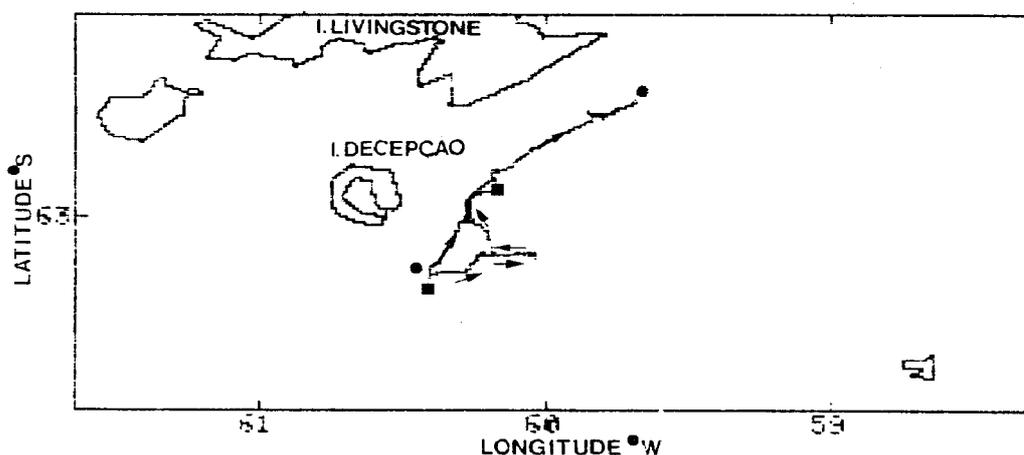


Fig. 3 - Representa as respectivas trajetórias do protótipo e da bóia "Vilma" durante os experimentos ocorridos respectivamente em março de 1985 e 1986.

Os círculos e quadrados representam o início e fim da trajetória do protótipo e da bóia "Vilma", respectivamente.

A precisão de localização depende fundamentalmente da qualidade dos cristais das PCDs carregado pelas bóias. Os resultados deste experimento mostraram que a exatidão de posicionamento da bóia do INPE foi de $\pm 285\text{m}$ de distância (0.0026° em latitude) e $\pm 810\text{m}$ de distância aproximadamente 0.008° em longitude (Stevenson e Alonso, 1986b).

A série temporal de posições consecutivas da bóia via Serviço ARGOS foi usada na determinação da velocidade média da corrente para a área do teste. Estas medidas foram comparadas com as medidas obtidas pelo radar do navio. As diferenças de velocidade e direção foram respectivamente da ordem de 1.1cm/s e 1° , ou seja, consideradas não significativas (Stevenson e Alonso, op. cit.).

No segundo experimento em águas Antárticas, usou-se a bóia "Vilma", que foi lançada em março de 1986, no Estreito de Bransfield, nas proximidades do lançamento do protótipo, no mesmo período do ano anterior (Figura 3). Esta bóia foi rastreada pelos satélites NOAA-6 e NOAA-9, até o recolhimento. A trajetória da bóia "Vilma" quando comparada com o protótipo, mostrou uma trajetória bem variada com pelo menos 4 direções preferenciais. Somente a primeira e última partes da trajetória foram semelhantes aquela apresentada pelo protótipo que não teve, ao longo de seu percurso, nenhuma indicação de mudança brusca em sua direção de deslocamento (Figura 3). A passagem de um forte sistema frontal pela região foi considerada a principal causa da mudança brusca na trajetória da bóia "Vilma".

Simultaneamente ao lançamento da bóia "Vilma", uma rede de estações hidrográficas foi realizada e estes dados criaram subsídios para a determinação do campo de corrente geostrofica a profundidade a 10 metros, usando como profundidade de referência 1000 dbar. A circulação forçada pelo vento (corrente de Ekman) a 10 metros foi também determinada. Os resultados destas comparações podem ser vistos na Tabela 1.

Os resultados desta tabela, demonstram que a corrente resultante da trajetória desse derivador, quando comparados com valores obtidos pelos métodos indiretos, corrente geostrofica e corrente de Ekman, foram respectivamente de 3.8 e 6.7 vezes menores que a corrente determinada pela bóia (Silva Jr. e Stevenson, op.cit.).

Um aspecto interessante identificado na circulação oceânica desta região, está relacionado a localização de uma frente divergente não descrita anteriormente na literatura consultada. Além das distribuições verticais e horizontais de temperatura, salinidade e sigma-t, apresentadas em Silva Jr. (1989), as quais demonstraram nitidamente tal estrutura oceânica, a própria trajetória da bóia "Vilma" não só indica, como também delimita esta frente. Segundo Silva Jr. (op. cit.), esta frente tem caráter não permanente por este motivo; a mesma não foi encontrada na bibliografia sobre a região e nem na deriva do protótipo no ano anterior. Estes resultados demonstram a eficiência deste derivador, como traçador bidimensional da circulação oceânica de uma região.

Uma análise dos dados de temperatura do ar recolhidos pela bóia "Vilma" durante a IV Expedição Brasileira a Antártica, mostra que uma aproximação estatística pode ser usada para eliminar a grande parte dos dados contaminados pelas ondas ou "spray" do oceano, que frequentemente podem umedecer este sensor de temperatura, principalmente sob condições adversas de estado do mar. Em Stevenson e Silva Jr. (1988), os autores explicam um método estatístico adaptado, onde são eliminadas uma grande parte dessas medidas de temperatura do ar contaminadas pelo umedecimento do sensor.

TABELA 1
ESTATÍSTICAS DE CORRENTE MÉDIA

| Etapa | Bóia | | Geostrofica | | Ekman | |
|-------|--------|------------------|-------------|------------------|--------|------------------|
| | V(m/s) | Dir | V(m/s) | Dir | V(m/s) | Dir |
| 1 | 55.5 | 077 ^o | 7.3 | 090 ^o | 3.7 | 085 ^o |
| 2 | 29.6 | 092 ^o | 8.8 | 050 ^o | 5.8 | 099 ^o |
| 3 | 20.7 | 271 ^o | 8.5 | 017 ^o | 4.2 | 129 ^o |
| 4 | 13.6 | 004 ^o | 7.2 | 002 ^o | 8.0 | 145 ^o |

FONTE: Silva Jr. e Stevenson, (1989)

Aplicando-se tal método em séries temporais de temperatura do ar, observou-se uma diminuição no valor do desvio padrão desse grupo de dados da ordem de 66.3% e 58.4% respectivamente, sobre a série de dados não tratadas pelo método. Isto significa dizer, que durante a passagem do satélite sobre o horizonte da bóia (11 minutos para bóia "Vilma"), é possível identificar se esse grupo de dados de temperatura de bulbo seco transmitidos pela bóia, estão ou não contaminados pela ação do estado do mar.

Recentemente, Stevenson e Stech (1989), descreveram a circulação superficial para as regiões central e leste do Mar de Bellingshausen. Localizado a oeste da Península Antártica, esta área foi estudada a partir do lançamento das bóias de deriva "Alda" e "Fátima", ambas rastreadas no período de janeiro-abril 1987, como parte da V Expedição Brasileira a Antártica. Esses 2 derivadores tiveram suas trajetórias comparadas a 3 bóias do Programa FGGE, lançadas no início de 1979 nesta mesma área.

Os resultados das 5 trajetórias demonstram uma alta velocidade média (27cm/s) ocorrendo na parte central do Mar de Bellingshausen. As trajetórias também demonstraram, que existe um fluxo para leste que atravessa a área central e leste de Bellingshausen próximo a 64-65°S. Além disso, existe uma forte evidência que tal fluxo de caráter zonal, desvia para Sul, próximo a Península Antártica, tornando-se uma corrente costeira. Contudo, este fluxo zonal pode retornar para Norte, próximo a costa e entrar no Estreito de Bransfield.

Uma comparação entre as duas bóias brasileiras e a circulação geostrofica no Mar de Bellingshausen foi feita por Stevenson e Silva Jr. (1990). Também neste trabalho foi determinado que a bóia "Fátima", lançada fora da costa, manifestou de 6-18 vezes mais movimento associado com a vorticidade, do que a bóia "Alda" lançada próxima a costa.

Com a construção de uma torre para suportar sensores meteorológicos, a nova bóia do INPE de nome "Livia" foi lançada na Passagem de Drake, como parte dos trabalhos realizados durante a VI Expedição Brasileira a Antártica (1987/88). Este derivador foi lançado em dezembro de 1987, na Frente Polar da Corrente Circumpolar Antártica. A bóia foi rastreada por mais de 30 dias, quando foi obtida uma velocidade média de 26cm/s na direção 080°.

Nesta seção foi feito um resumo dos experimentos realizados até 1989, com as bóias do INPE. É aparente que foi possível completar vários estudos de interesse nacional nestes últimos anos, demonstrando assim, uma melhoria da tecnologia nacional na fabricação de bóias oceanográficas e por conseguinte, da instrumentação nacional. Uma previsão de uso futuro desta tecnologia, será apresentada na próxima seção.

4. PERSPECTIVAS DAS BÓIAS BRASILEIRAS

No Brasil, o instituto com vocação natural para os assuntos espaciais seria o INPE. Dentro deste Instituto, o Projeto MEDICA seria a parte interessada no desenvolvimento de uma legítima tecnologia nacional na construção e operação de bóias oceanográficas rastreadas por satélites. Financiado pelo PROANTAR e apoiado pelo INPE, o MEDICA vem nesses últimos 6 anos aperfeiçoando uma metodologia de vanguarda para estudar e descrever a estrutura dinâmica da circulação em meso-escala dos vórtices existentes dentro da Corrente Circumpolar Antártica e da circulação regional associada e ao redor da Península Antártica, incluindo a parte noroeste do Mar de Weddell.

Para esta tarefa foi desenvolvido todo o "hardware" referente as bóias (descrito na Seção 2), além da construção e calibração de novos componentes, incluindo sensores meteorológicos adaptados ao sistema. Um grande esforço no sentido de minimizar a dependência de componentes importados foi feito pelo projeto, principalmente com respeito as medidas de temperatura (i.e. termistores, elementos de platina). Hoje, cogita-se a possibilidade de se fabricar no INPE, elementos resistivos usando fio de níquel, os RTD (Resistive Temperature Detector), que apesar de ter uma resposta não tão linear quanto os elementos de platina, eles apresentam um alto coeficiente de temperatura (garantindo uma larga troca de resistência em resposta a troca de temperatura), além de ter ótima estabilidade.

Com o objetivo de fabricar bóias instrumentais a menor custo, foi criado um novo tipo de torre, que substitui o desenho original (ver Seção 2). Uma torre com "aero-leme" que faz parte do próprio corpo da torre foi criada eliminando assim, o sensor de direção de vento e seu alto custo associado. Na mesma forma foi adaptado um sensor de intensidade de vento do tipo "copinho" diminuindo assim, o custo final por bóia.

Outro importante passo a ser dado pelo Projeto MEDICA, seria o de adaptar as bóias brasileiras dois importantes tipos de sensores; o primeiro seria um transdutor de pressão para medidas da pressão atmosférica e um piranômetro, sendo que este segundo viria a ser a grande inovação em bóias instrumentadas, isto porque, medidas de radiação solar em alto mar obtidas por bóias de deriva são raras historicamente.

Paralelamente ao trabalho que ora vem sendo desenvolvido, criou-se o SADO (Sistema de Aquisição de Dados Oceanográficos), que teria um conjunto de "software" elaborado para arquivar, processar e analisar dados, recolhidos em experimentos de campo pelo MEDICA. O primeiro "software" escrito para o SADO foi um programa gráfico (Stevenson & Souza, 1989), que desenha um mapa (com escala variável) da região da Pe

nínsula Antártica e as linhas adjacentes, bem como as posições de estações oceanográficas, trajetória de bóias, etc. Outro "software", criando uma base de dados recolhidos pelas bóias foi desenvolvido. No entanto, para alcançar os objetivos do projeto, ainda será necessário criar vários programas para processar e ajudar na interpretação dos dados já recolhidos, bem como os novos dados a serem obtidos nas próximas expedições.

Apesar da crise econômica por qual passando o Brasil no decorrer desses últimos anos, o Projeto MEDICA, adquiriu uma capacitação tecnológica em bóias instrumentadas, suficiente para ser reconhecida pela comunidade oceanográfica internacional. Isto é, um pré-requisito para colaborar nos programas TOGA e WOCE (ver Seção 1).

Em relação as bóias brasileiras, a proposta do WOCE/Brasil seria ancorar duas bóias meteorológicas, para estudar o campo de vento e o fluxo de calor entre o mar e o ar, na região de Ubatuba. Nesta mesma região, 6 derivadores do tipo "low cost drifters" (LCD's) serão lançados radialmente em relação a costa duas vezes por ano. O LDC é um tipo de bóia desenvolvida pelo e para uso no WOCE e que possui um pequeno transmissor em UHF compatível com o Sistema ARGOS, tendo função de transmitir o posicionamento da bóia e a temperatura da água de superfície. Uma das propostas que vem sendo considerada pelo WOCE em relação a participação brasileira, diz respeito a construção pelo MEDICA das partes mecânicas dos LCD's, enquanto os componentes eletrônicos seriam fornecidos pelos gerentes do WOCE. Espera-se com isto, que o Brasil ao final de 4 anos tenha 50 LCDs para serem usados no experimento anteriormente descrito. A finalidade de toda esta estrutura, seria estimar de maneira sazonal e em mesoescala as características dos vórtices observados na Corrente do Brasil, em frente ao Estado de São Paulo.

Outro interesse da Oceanografia Brasileira, seria o de participar no TOGA/Brasil, usando as bóias do INPE. O objetivo, seria estudar a região da bifurcação da Corrente Sul Equatorial, até as proximidades da costa do Estado da Bahia. Para este fim, até 10 bóias do INPE, seriam lançadas de maneira sazonal e recolhidas para serem usadas novamente.

Os dados dos dois experimentos serão transmitidos via GTS de maneira operacional e usados na calibração de modelos numéricos de circulação, que seria mais uma etapa dos projetos dentro do Programa TOGA e WOCE/Brasil.

No final, o objetivo deste trabalho foi apresentar um breve histórico, de mais uma técnica em que se usa o sensoriamento remoto orbital e que é desenvolvida pelo INPE. No que diz respeito as bóias oceanográficas, em que pese sua pouca idade, estas tem mostrado resultados alentadores na área de instrumentação oceano-

gráfica, bem como, resultados significativos da circulação oceânica na região de interesse do Brasil na Antártica. No entanto, há muito que se fazer, principalmente em se tratando de um País com pouca tradição oceanográfica como é o caso do Brasil.

AGRADECIMENTOS: Gostaríamos de agradecer o suporte financeiro fornecido ao Projeto MEDICA, pelo Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR) órgão ligado a Comissão Interministerial para Recursos do Mar (CIRM).

Uma palavra de reconhecimento aos nossos colegas de trabalho de campo Eduardo M.B. Alonso e Reynaldo Solewicz, sem falar da tripulação do navio de apoio oceanográfico Barão de Teffé.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMONSKY, E.L.; SARUKHANI, E.I.; SMIRNOV, N.P. Surface circulation in Southern Ocean from FGGE drifting buoy data. *Oceanology*, 27(2):447-451, 1983.
- ARGOS. Location and data collection satellite system user's guide. Toulouse, NASA. NOAA. CNES, 1984. 36p.
- CARVALHO, P.R.A.; STEVENSON, M.R. Sistema PCD-ARGOS para bóia oceanográfica. São José dos Campos, INPE, 1989, 33p. (INPE-4799-NTI/291).
- GARRETT, J.F. Oceanographic features revealed by FGGE drifting buoy array. In: COSPAR/SCOR/IUCRM SYMPOSIUM ON OCEANOGRAPHY FROM SPACE, Venice, May 26-30, 1980. *Oceanography from space; proceedings*. New York, NY, Plenum.
- HOFMANN, E.E. The large-scale horizontal structure of the Antarctic Circumpolar Current from FGGE drifters. *Journal of Geophysical Research*, 90(C4):7087-7097, 1985.
- KIRWAN JR., A.D.; McNALLY, G.J.; PASAN, S. Wind drag and relative separations of undrogued drifters. *Journal Physical Oceanography*, 8(12):1146-1150, 1978a.
- KIRWAN JR., A.D. McNALLY; REYNA, E.; MERRELL Jr., W.J. The near-surface circulation of Eastern North Pacific. *Journal of Physical Oceanography*, 8(6):937-945, Nov. 1978b.
- KOZAK, R.P.; PARTRIDGE, R.M. The role of drifting buoys in the Tropical Ocean Global Atmosphere (TOGA) Program. Bay St. Louis, MS. National Data Buoy Center, 1986.
- KRAUSS, W. The North Atlantic Current. *Journal Geophysical Research*, 91(C4):5061-5074, 1986.
- KRAUSS, W.; BONING, C.W. Lagrangian properties of eddy fields in the northern North Atlantic as deduced from satellite-tracked buoys. *Journal Marine Research*, 45:259-291, 1987.

- KRAUSS, W.; KASE, R.H. Mean circulation and eddy kinetic energy in eastern North Atlantic. *Journal Geophysical Research*, 89(C3):3407-3415, 1984.
- MOTTA, A.G.; ALMEIDA, F.C.; MOLION, L.C.B.; BARBOSA, M.N.; CARVALHO, P.R.A. O programa nacional de plataforma de coleta de dados - - Informações técnicas aos usuários. São José dos Campos, INPE, 1978. (INPE-3137-NTE/219).
- PETERSON, R.G. Drifter trajectories through a current meter array at Drake Passage. *Journal Geophysical Research*, 90(C3):4883-4893, 1985.
- PIOLA, A.R.; FIGUEROA, H.A.; BIANCHI, A.A. Some aspects of the surface circulation south of 20°S revealed by FGGE. *Journal of Geophysical Research*, 92(C5):5101-5114, 1987.
- SILVA Jr., C.L.; 1989. Comparação da circulação obtida através da trajetória de uma boia de deriva rastreada por satélites e dados hidrográficos no Estreito de Bransfield. São José dos Campos, MSc. Tese INPE, 1989, 169p. (INPE-4946-TDL/387).
- SILVA Jr., C.L.; STEVENSON, M.R. Comparison of satellite-tracked buoy trajectory with geostrophic and wind-forced circulation in Bransfield Strait, Antarctica. In: THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY, Buenos Aires, 13-17 nov. 1989. *Annals*. Boston, Mass. American Meteorological Society, 1989. p. 269-270.
- STEVENSON, M.R.; ALONSO, E.M.B. Development of satellite-tracked oceanographic drifting buoy for Brazilian Antarctic Program. São José dos Campos, INPE, 1986a, 19p. (INPE-3793-PRE/888).
- STEVENSON, M.R.; ALONSO, E.M.B. Near surface current determined from INPE's satellite-tracked buoy, during 6-26 November, 1985. In: IV SIMPOSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO, VI REUNION PLENÁRIA SELPER, Gramado, 10-15 ago. 1986. *Anais*. (São José dos Campos) INPE/SELPER/SBC, 1986b. p. 494-500.
- STEVENSON, M.R.; BARBOSA, M.N. Brazil test oceanographic buoy (System ARGOS) in Antarctic. *ARGOS Newsletter*, (25):Apr., 1986d. Special Oceanographic.
- STEVENSON, M.R.; CARVALHO, P.R.A. Meteorological measurements made using Brazilian drifting buoys: Technical aspects and first results. In: I SEMINÁRIO SOBRE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS E ESPACIAIS DO PROGRAMA ANTÁRTICO BRASILEIRO. São José dos Campos, 27-29 abril, 1988. *Anais* (São José dos Campos) INPE/SBFF, 1989. 215-230p.
- STEVENSON, M.R.; INOSTROZA, V.H.M.; STECH, J.L.; ALONSO, E.M.B. Variations in temperature, salinity, density and circulation in Bransfield Strait, 9-14 march, 1985. *Pesq. Antárt. Bras.*, Academia Brasileira de Ciência, 1(1):45-53, 1989.
- STEVENSON, M.R.; SILVA Jr., C.L. Analysis of marine air temperature measurements obtained from Brazilian buoys tracked by polar orbiting satellites. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal, 11-15 out., 1988. *Anais* (São José dos Campos) MCT/INPE/SELPER, 1988. p. 589-594.
- STEVENSON, M.R.; SILVA Jr., C.L. Comparison of geostrophic circulation with trajectory measurements of satellite tracked buoys in the eastern Bellingshausen Sea, Antarctica. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON PRIMARY DATA ACQUISITION, Manaus, 24-29 jun., 1990. (no prelo).
- STEVENSON, M.R.; SOUZA, R.B. An Apple-II compatible program to draw maps containing Oceanographic Station positions, buoy trajectories and the coastal margins of the Antarctic and Nearby Isl. INPE-4805-RPE/588., 1989.
- STEVENSON, M.R.; STECH, J.L. Surface circulation in the Bellingshausen Sea estimated from satellite-tracked drifting buoys. In: THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY, Buenos Aires, American Meteorological Society, 1989. p. 263-264.
- STOMMEL, H. Serial observations of drift currents in the Central North Atlantic Ocean. *Tellus*, 6(1):203-204, 1954.
- WCRP. The Scientific Plan for the World Climate Research Programme. World Meteorological Organization, WCRP Publication Series No 2, 1986, 99p.