

# USO DE DERIVADORES RASTREADOS POR SATÉLITE NA DETERMINAÇÃO DE ENERGIAS CINÉTICAS NA COSTA S/SE BRASILEIRA

ARCILAN T. ASSIREU<sup>1</sup>  
MERRITT R. STEVENSON<sup>2</sup>  
JOSÉ L. STECH<sup>1</sup>  
JOÃO A. LORENZZETTI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515, 12201-097 São José dos Campos, SP, Brasil

<sup>2</sup>INPE (em licença de afastamento)  
{arcilan,stech,loren }@ltid.inpe.br  
merrittstev@worldnet.att.net

**Abstract:** Ten Surface drogued (15m depth) satellite tracked drifters were used to determine the surface currents in the S/SE Brazilian continental shelf and slope regions. These currents were then used to calculate the mean and eddy kinetic energies of the flow. On the average, the percent ratio between the eddy and the total (mean + eddy) energy varied from 28% to 69 % in the first semesters of 1993 and 1994, respectively. For the second semester of 1993 this ratio was 93%.

**Keywords:** Kinetic Energy; Satellite Tracked Drifters.

## 1. Introdução

A determinação e o estudo da Energia Cinética de Vórtice (ECV) ou energia cinética turbulenta, de uma forma geral, contribui para o melhor entendimento do regime da circulação oceânica. A energia potencial do escoamento médio pode ser transferida para os vórtices por processos de instabilidade baroclínica (Wyrki *et al.*, 1976). Além disso, outros fatores justificam o cálculo da ECV nos oceanos. Primeiro, as ECVs são muito maiores do que as Energias Cinéticas Médias (ECMs), o que faz com que a circulação seja muito influenciada pelas ECVs (Holland *et al.*, 1983). Segundo, os padrões geográficos das ECVs dão indicações sobre a dinâmica dos oceanos (máximos e mínimos das ECVs auxiliam na identificação de fontes e sumidouros de energias envolvidas) (Richardson, 1983). Terceiro, a distribuição geográfica da ECV fornece subsídios importantes para o desenvolvimento e a validação de modelos mais realísticos de circulação oceânica (Schmitz e Holland, 1982). Quarto, de acordo com Price, citado por Richardson (1983), a mistura turbulenta horizontal é aproximadamente proporcional a ECV.

Inicialmente, as estimativas de ECVs eram feitas baseadas em dados de correntes coletados por navios de oportunidade (navios mercantes), com resultados limitados às regiões de derrotas desses navios e questionáveis quanto à confiabilidade. Atualmente, os derivadores rastreados por satélite despontam como uma alternativa prática, viável e bastante confiável para o monitoramento das correntes oceânicas.

Usando 10 bóias de deriva rastreadas através do sistema ARGOS entre 1986-1987, Stabeno e Reed (1991) mediram parâmetros lagrangeanos da Corrente do Alasca. Baseado nos valores das Energias Cinética Média (ECM) e de Vórtices (ECV), os autores evidenciaram a alta estabilidade do fluxo da corrente do Alasca. Deve ser lembrado que valores baixos da ECV em comparação com a ECM, sugerem estabilidade no ciclo das correntes. Utilizando dados de 130 derivadores com elementos de arrasto a 100m de profundidade lançados no Atlântico Sul entre os anos de 1990 e 1993, Schäfer e Krauss (1995) realizaram cálculos estatísticos sobre os vórtices detectados, e apresentaram estimativas a respeito do ciclo médio e residual das correntes.

Para estudar a recirculação da corrente do Brasil ao sul de 23°S, Stevenson (1996), utilizou dados de cinco Low Cost Drifter (LCDs) lançados na fronteira oeste desta corrente. Os resultados preliminares indicaram a presença de vórtices movendo-se para sul na fronteira oeste da Corrente do Brasil. O autor fez estimativas das energias cinéticas média e residual e concluiu ainda que a recirculação desta parte de Corrente do Brasil variou entre 115 e 161 dias. Assireu (1998) utilizou dados de 12 derivadores para determinar os padrões de corrente de superfície e a energia cinética representativa da costa S/SE do Brasil.

Este trabalho tem como objetivo apresentar alguns resultados sobre as Energias Cinéticas Média e de Vórtice no Atlântico Sudoeste, obtidos a partir dos derivadores do projeto Circulação Oceânica da Região Oeste do Atlântico Sul (COROAS).

## 2. Métodos

Neste trabalho são utilizados dados coletados por 10 derivadores rastreados por satélite, lançados na borda oeste da Corrente do Brasil. A **Tabela 1** apresenta as datas, as posições de lançamento e as temperaturas da superfície do mar na ocasião dos lançamentos.

TABELA 1 - DATA DE LANÇAMENTO, LOCALIZAÇÃO E TEMPERATURAS DA SUPERFÍCIE DO MAR NA OCASIÃO DOS LANÇAMENTOS DOS DERIVADORES.

LCD	DATA DE LANÇAMENTO	Lat. (°S)	Long. (°W)	T (°C)
3178	17-02-93	24,590	44,317	25,57
3179	17-02-93	24,525	44,121	25,62
3180	17-02-93	24,485	43,892	25,33
3185	19-07-93	24,331	44,163	21,51
3187	19-07-93	24,174	44,163	20,52
3188	19-01-94	24,586	44,402	25,37
3189	19-01-94	24,292	44,049	25,47
3190	19-01-94	24,419	44,453	25,62
3191	19-01-94	24,506	44,752	25,12
3192	19-01-94	24,166	44,387	24,92

Como pode ser observado **Tabela 1** os derivadores foram lançados com intervalos semestrais. Desta forma, os cálculos foram feitos sobre os dados de cada grupo de derivador, o que possibilitou avaliar, ainda que qualitativamente, as variações semestrais nos valores das energias destas correntes. O outro procedimento consistiu em distinguir as trajetórias em sentido para Sul e para Norte.

Com o objetivo de melhor descrever a trajetória dos derivadores, e conseqüentemente as correntes associadas, as trajetórias foram divididas em sentido para Sul e para Norte. O critério para esta diferenciação baseou-se na inspeção das séries de posição. O ponto mais meridional foi considerado o marco da separação, pois os derivadores foram lançados na Corrente do Brasil, a qual, na região de lançamento, apresenta sempre um sentido para sul, sendo posteriormente defletidos ou para norte ou para o oceano aberto. Assim, os derivadores tiveram o sentido inicial de sua trajetória para sul.

Um outro procedimento adotado, e que visou dar maior representatividade às análises dos dados, consistiu em assumir a orientação média da costa brasileira como referencial. Lembrando que o sistema ARGOS utiliza as linhas dos meridianos como referencial, foi aplicada uma matriz de rotação sobre as séries de posição, para que os dados ficassem ajustados a este novo referencial, para isto foi utilizada a seguinte matriz de rotação:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \text{sen}\theta \\ -\text{sen}\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

onde:

$x'$  = os valores de posição ortogonais à costa (cm)

$y'$  = os valores de posição ao longo da costa (cm)

$\theta = -48^\circ$ , o que corresponde a girar os eixos em  $42^\circ$  no sentido horário

$x$  = valores de posição originais da série (cm)

$y$  = valores de posição originais da série (cm)

Antes de se utilizar a matriz de transformação, os dados foram convertidos para o plano cartesiano(cm) através das seguintes equações:

$$\Delta X \text{ (cm)} = (\pi \times 6400 \times 10^5 / 180) \times [(\cos(\text{lat}_f) \times \cos(\text{lat}_i) \times (\text{long}_f - \text{long}_i)^2)^{1/2} \times \text{Sinal}(\text{long}_f - \text{long}_i)]$$

$$\Delta Y \text{ (cm)} = (\pi \times 6400 \times 10^5 / 180) \times [(\text{lat}_f - \text{lat}_i)^2]^{1/2} \times \text{Sinal}(\text{lat}_f - \text{lat}_i)$$

Estas equações fornecem, em centímetros, os sucessivos deslocamentos dos derivadores. Feito isso, obteve-se as posições em centímetro, a partir das seguintes equações:

$$X_f = X_i + \Delta X$$

$$Y_f = Y_i + \Delta Y$$

onde:

$X_i, X_f, Y_i, Y_f$  = posições sucessivas inicial e final entre dois pontos.

Com a finalidade de aumentar a vida útil dos derivadores e consequentemente suas coberturas espaciais, os mesmos foram programados para transmitir apenas durante as primeiras oito horas do dia. Assim, foram determinadas, aproximadamente, quatro posições diárias, concentradas entre 0:00 e 08:00 horas, intervalo considerado como representativo do dia. Os dados foram tratados em termos de média diária, removendo-se portanto as flutuações de altas frequências.

## 2.1 Cálculo das Energias Cinéticas Média e de Vórtice

Para o cálculo da Energia Cinética Média (ECM) e da Energia Cinética de Vórtice (ECV) assumiu-se que a velocidade da parcela de fluido, em um determinado momento de sua trajetória é igual à velocidade do derivador.

A Energia Cinética Média da Corrente (ECM) por unidade de massa foi calculada a partir da estimativa da velocidade de corrente média ( $\bar{V}$ ) através da relação:

$$ECM = (1/2)\bar{V}^2 \text{ (cm}^2\text{s}^{-2}\text{)} \quad (2.1)$$

A velocidade média  $\bar{V}$  foi estimada pela inclinação da reta de regressão das posições  $Y_i$  e  $X_i$  dos derivadores em função do tempo.

Para o cálculo da Energia Cinética de Vórtices (das perturbações) - ECV – utilizou-se os resíduos em relação a reta de regressão das séries de tempo de posição dos derivadores. Estes resíduos foram calculados através das seguintes equações:

$$Y_{(i)} = y_{(i)} - [a_1 \times t_{(i)} + b_1] \quad (2.2)$$

$$X_{(i)} = x_{(i)} - [a_2 \times t_{(i)} + b_2]$$

onde  $a_i$  e  $b_i$  são, respectivamente, coeficientes angulares e intercepto das retas de regressão.

$Y_{(i)}$  e  $X_{(i)}$  representam os resíduos da trajetória do derivador em suas componentes ao longo e ortogonal à costa, respectivamente.

Para o cálculo das velocidades instantâneas destendenciadas foram utilizadas as seguintes expressões:

$$u'_{(i)} = (X_{i+1} - X_{i-1}) / (t_{i+1} - t_{i-1}) \quad (i = 2, 3, 4, \dots, n-1; n = n^o \text{ de observ.}) \quad (2.3)$$

$$v'_{(i)} = (Y_{i+1} - Y_{i-1}) / (t_{i+1} - t_{i-1})$$

A partir de (2.3) calculou-se a ECV média por unidade de massa para as séries destendenciadas ao longo e ortogonal à costa através de:

$$ECV (//) = (0,5/n-2) \sum_{i=2}^{n-1} [v'(i)]^2 \quad (2.4)$$

$$ECV (\perp) = (0,5/n-2) \sum_{i=2}^{n-1} [u'(i)]^2$$

A Energia Cinética de Vórtice resultante (ECV) é dada pela soma de suas contribuições nas direções ao longo e ortogonal à costa, na forma:

$$ECV = ECV(//) + ECV(\perp) \quad (\text{cm}^2/\text{s}^2) \quad (2.5)$$

Com base nas estimativas de ECM e ECV calculou-se as Energias Cinéticas Total (ECT) indicadas pelas trajetórias dos derivadores através de:

$$ECT = ECM + ECV \quad (\text{cm}^2/\text{s}^2) \quad (2.6)$$

A razão ECV/ECT indica a importância das perturbações de mesoescala (vórtices e meandramentos) presentes nas trajetórias dos derivadores.

### 3 Resultados e discussão

As trajetórias dos derivadores foram analisadas segundo direções predominantes. Desta forma estarão sendo analisadas correntes com direção ao longo da costa, podendo estas apresentarem sentido para sul e para norte. Estas análises são feitas distintamente para os três semestres relativos aos lançamentos dos derivadores. O mapa da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) (**Figura 1**), obtido da imagem AVHRR/NOAA do dia 20/07/93, mostra a Corrente do Brasil (vermelho) fluindo predominantemente paralela à costa e a intrusão de uma água fria (azul) sobre a plataforma continental, supostamente formada de um ramo costeiro da Corrente das Malvinas.

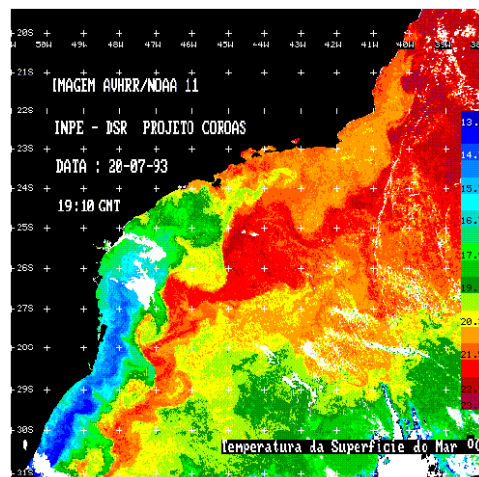


Figura 1 – Mapa da Temperatura da superfície do Mar (TSM) obtido de uma imagem AVHRR/NOAA mostrando a região de estudo.

Esta figura mostra claramente o alto grau de meandramento da corrente do Brasil e a presença de vários vórtices.

### 3.1 - Correntes com Sentido para Sul (1º Semestre de 1993).

A **Figura 2** mostra as trajetórias dos derivadores no 1º semestre de 1993 superpostas sobre as isóbatas de 200, 1000 e 2000m.

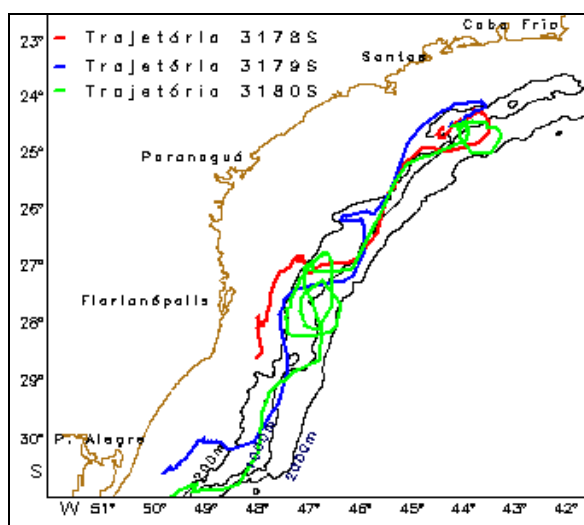


Figura 2 - Trajetória para Sul dos derivadores durante o período de 17/02 a 21/05 de 1993.

As energias cinéticas calculadas estão relacionadas na **Tabela 2**. Como evidenciado na Fig. 2, as trajetórias dos derivadores 3179 e 3180 apresentaram maiores perturbações, elevando consideravelmente a fração ECV/ECT. Para o derivador 3178 observou-se uma quase equipartição entre as energias cinéticas médias e de vórtice. Tal fato evidencia a importância das flutuações de meso-escala para a circulação das águas superficiais locais. Esta relação permite concluir que, apesar das correntes terem sido predominantemente para sul, estas foram pouco estáveis, ou seja, apresentaram fortes perturbações ou variabilidades ao longo de seu deslocamento.

TABELA 2 - VALORES DE ENERGIA ASSOCIADOS ÀS TRAJETÓRIAS PARA SUL NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 1993.

Derivador	ECM ( $\text{cm}^2/\text{s}^2$ )	ECV ( $\text{cm}^2/\text{s}^2$ )	ECT ( $\text{cm}^2/\text{s}^2$ )	ECV/ECT (%)
3178	155	212	367	58
3179	170	418	588	71
3180	112	388	500	78
Valores médios	146	340	485	69
Desvio padrão	25	111	110	10

### 3.2 - Correntes com Sentido para Norte (1º Semestre de 1993)

Na **Figura 3** são mostradas as trajetórias dos derivadores que sofreram deflexão para norte no primeiro semestre de 1993.

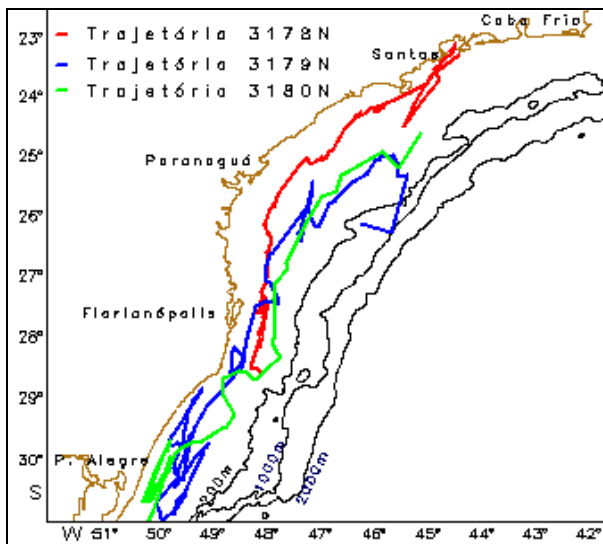


Figura 3 - Trajetórias dos derivadores para norte no período de 06/04 a 30/07 de 1993.

As energias cinéticas calculadas para estas trajetórias, estão listadas na **Tabela 3**. Como sugerido pela figura 3 e confirmado pela análise, observa-se o quanto as correntes com sentido para norte estão condicionadas às flutuações de meso-escala. A relação percentual entre ECV/ECT indica que, embora estas correntes tenham apresentado sentido predominantemente para norte, apresentaram comportamento altamente instáveis, o que indica fortes variabilidades ao longo de seu deslocamento. Note que a relação ECV/ECT é maior para estas correntes do que para as correntes para sul, anteriormente discutidas.

TABELA 3 - VALORES DE ENERGIA ASSOCIADOS ÀS TRAJETÓRIAS PARA NORTE NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 1993.

Derivador	ECM (cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	ECV (cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	ECT (cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	ECV/ECT (%)
3178	50	317	367	86
3179	45	390	435	89
3180	144	780	924	84
Valores médios	79	495	575	86
Desvio padrão	45	249	303	2,5

### 3.3 - Correntes com Sentido para Sul (2º Semestre de 1993)

Na **Figura 4** são apresentadas as trajetórias para sul do segundo semestre de 1993.

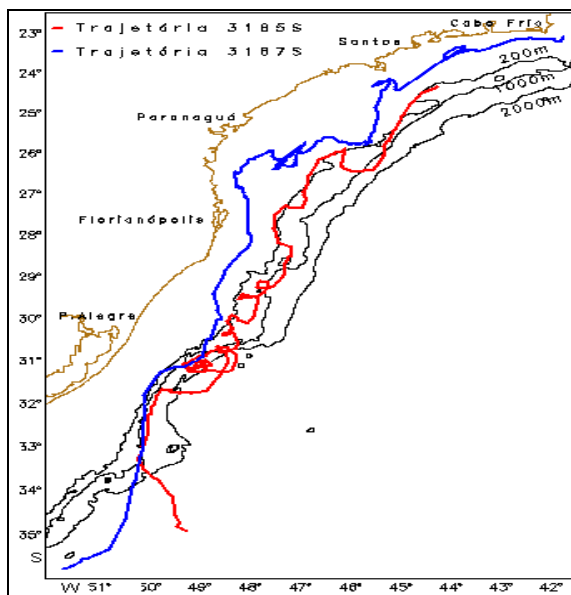


Figura 4 - Trajetórias para sul dos derivadores durante o período de 19/07 a 30/12 de 1993.

As energias calculadas para estas trajetórias estão listadas na **Tabela 4**.

TABELA 4 - VALORES DE ENERGIA ASSOCIADOS ÀS TRAJETÓRIAS PARA SUL NO SEGUNDO SEMESTRE DE 1993.

Derivador	ECM (cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	ECV (cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	ECT (cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	ECV/ECT (%)
3185	63	310	373	83
3187	41	518	559	93
Valores médios	52	414	466	88
Desvio padrão	11	147	131	7

Pela análise dessa tabela e observando os baixos valores das velocidades médias associados a estas correntes neste período, pode-se constatar que as mesmas apresentam-se mais instáveis que aquelas analisadas no primeiro semestre. Isto pode ser observado a partir do fato que as ECVs destas trajetórias foram visivelmente maiores do que para as correntes para sul do primeiro semestre deste ano.



### 3.4 - Correntes com Sentido para Sul (1º Semestre de 1994)

As trajetórias dos derivadores para o período de 19/01-29/03 de 1994 são mostradas na **Figura 5**.

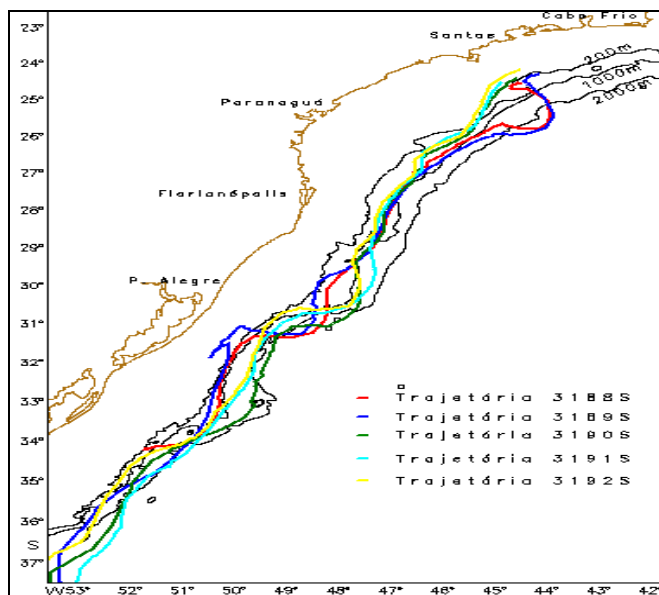


Figura 5 - Trajetória para sul dos derivadores durante o período de 19/01 a 02/03 de 1994.

TABELA 5 - VALORES DE ENERGIA ASSOCIADOS ÀS TRAJETÓRIAS PARA SUL NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 1994.

Derivador	ECM (cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	ECV (cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	ECT (cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	ECV/ECT (%)
3188	812	525	1337	39
3189	623	690	1313	52
3190	1116	275	1391	20
3191	1243	203	1445	14
3192	1330	280	1610	17
Valores médios	1024	395	1419	28
Desvio padrão	266	205	118	16

Um aumento significativo de ECM foi observado para este período. Para os derivadores 31 (90,91 e 92), a contribuição da energia cinética turbulenta para a energia total é pequena, mostrando a estabilidade do escoamento. Para os derivadores restantes, nota-se uma maior contribuição da ECV para a energia total. Estes dois derivadores estiveram predominantemente na fronteira oeste da Corrente do Brasil (CB), região com alta instabilidade

### 3.5 INFLUÊNCIAS SEMI-ANUAIS VERIFICADAS NO SISTEMA DE CORRENTES

A **Tabela 6** apresenta os valores médios das velocidades, direção, ECM, ECV e a relação (ECV/ECT)% para os semestres analisados.

TABELA 6 - VALORES MÉDIOS SEMESTRAIS

Semestre Ano	Sentido das correntes	Média das velocidades (cm/s)	Média das direções (graus)	Média da ECM(cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	Média da ECV(cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	ECV/ECT (%)
1° - 1993	S	17,0 cm/s	219,4	146	340	69
2° - 1993	S	12,6 cm/s	230,1	79	414	93
1° - 1993	N	10,2 cm/s	32,27	52	495	86
1° - 1994	S	45,3 cm/s	210,0	1024	395	28

A relação ECV/ECT indica que as correntes no segundo semestre apresentam-se mais irregulares e instáveis que aquelas do primeiro semestre, embora uma conclusão definitiva sobre isto demande um conjunto mais abrangente de dados. Isto pode ser um indício de que nesta época do ano, as correntes de superfície sofrem maiores efeitos de sistemas frontais atmosféricos que penetram na região. A passagem dos sistemas frontais faz com que o vento típico de NE seja alterado para S/SW (Stech, 1990), podendo causar grande perturbação no escoamento superficial, principalmente nas plataformas interna e média. A **Figura 6** apresenta a distribuição mensal dos sistemas frontais que atuaram nas regiões B, C e D, as quais representam, respectivamente as seguintes faixas de latitude, 35°S/25°S, 25°S/20°S e acima de 20°S.

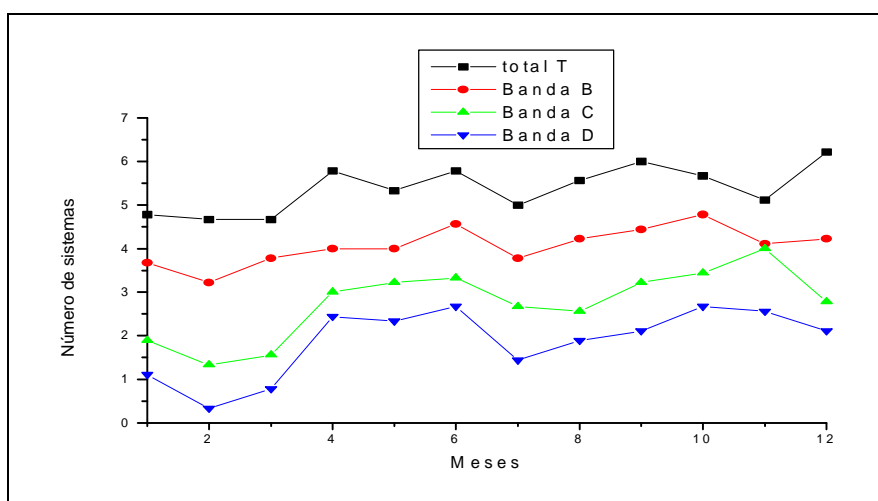


Fig. 6 - Média mensal dos sistemas que atuaram na costa do Brasil entre 1987 e 1995.

FONTE: Lemos e de Calbete (1996).

Como pode ser observado na **Figura 6**, entre agosto e novembro ocorreram as maiores frequências de frentes frias na costa sudeste-sul do Brasil. Castro Filho (1985) também observa, para a mesma região, que a frequência de ocorrência de frentes frias tende a aumentar durante o inverno, alcançando pico na primavera (outubro e novembro). As correntes para sul no primeiro semestre de 1994, em média, apresentaram valores de ECV maiores do que os valores registrados no mesmo período de 1993. As direções médias variaram em apenas 3° e a velocidade média dobrou de 1994 para 1993. Portanto, entre estes dois anos, as correntes não apresentaram homogeneidade em termos de velocidade média, mas apresentaram alta fidelidade quanto ao padrão de direção. As frentes frias que atingiram o Brasil no primeiro semestre de 1993, foram em número inferior à média climatológica e mantiveram-se, preferencialmente, sobre a região Sul do país, Lemos e de Calbete (1993). Isto pode ser uma indicação de que a intensa variação na ECV média destas correntes, entre estes dois anos, seja consequência da anomalia no regime de frentes ocorrida no ano de 1993.

#### **4 Conclusão**

No segundo semestre, período no qual a frequência de entrada de sistemas meteorológicos é maior, o fluxo médio da CB mostrou-se mais perturbado o que reflete em menores valores de velocidades médias. Isto parece indicar que as perturbações de meso-escala, representadas pela passagem de frentes meteorológicas interferem no deslocamento médio da borda oeste da Corrente do Brasil. Os valores de energias cinéticas apresentaram variações semi-anuais, com acentuadas diferenças entre o primeiro semestre de 1993 e primeiro semestre de 1994, o que aponta para prováveis diferenças interanuais no padrão de circulação. O ano de 1993 foi um ano anômalo quanto ao regime de sistemas meteorológicos, o que pode ter sido a causa das variações observadas no padrão médio das energias da CB verificada entre os anos de 1993 e 1994. Isto parece reforçar a hipótese da significativa influência das perturbações de meso-escala para o regime de deslocamento da CB e das águas das plataformas média e interna.

Atualmente, o Programa de Oceanografia do INPE está lançando derivadores programados para transmitir continuamente durante todo o dia, isto é, não somente no intervalo de 0:00 e 08:00 horas como utilizado nos derivadores deste trabalho. Com os dados obtidos através destes novos derivadores será possível observar as flutuações de altas frequências, removidas neste trabalho. Pretende-se utilizar estes novos dados para elaborar uma comparação com os resultados aqui observados.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à FAPESP (contrato N° 91/0542-7) e ao CNPq (contrato N° 403007/91-7) pelo suporte ao Projeto COROAS.

## Referências

- Assireu, A.T. Análise da Circulação Superficial Oceânica na Costa Sudeste-Sul do Brasil, a partir da utilização dos dados de Derivadores Rastreados por Satélite. Tese de mestrado em Sensoriamento Remoto, INPE, 1998.
- Castro Filho, B. M. Subtidal Response to Wind Forcing in the South Brazil Bight during Winter. Tese de doutorado. University of Miami, Coral Gables, 1985, 211 p.
- Holland, W.; Semtner, A.; Harrison, D.E. Eddy resolving general circulation models, in Eddies in Marine Science, edited by A. R. Robinson, Springer-Verlag, New York, 1983.
- Lemos, C.F.; de Calbete, N. O. Sistemas Frontais que atuaram no litoral do Brasil (período: 1987-1995). Climanálise Especial. Edição Comemorativa de 10 anos CPTEC/INPE, outubro de 1996. 1996, pp. 131-135.
- Richardson, P. L. Eddy Kinetic Energy in the North Atlantic From Surface Drifters. J. Geophys. Res. 88(C7): 4355-4367, 1983
- Schmitz, W. J., Jr; Holland W.R. A preliminary comparison of selected numerical eddy-resolving general circulation experiments with observations. J. Mar. Res., 40: 75-117, 1982.
- Schafer, H.; Krauss, W. Eddy statistics in the South Atlantic derived from drifters drogued at 100m. J. of Marine Research, 53 (C7): 403-431, 1995.
- Stabeno, P.L.; Reed, R.K. Recent Lagrangian measurements along the Alaska Stream. Deep-Sea Research, 38 (3):289-296, 1991.
- Stech, J.L. Um estudo comparativo da Dinâmica da Circulação de Inverno entre as Plataformas Continentais das Costas Sudeste do Brasil e dos Estados Unidos utilizando um Modelo Numérico. Tese de Doutorado – Instituto Oceanográfico da USP, São Paulo, 1990.
- Stevenson, M.R. Recirculation of the Brazil Current South 23° S. International WOCE Newsletter, (22): 30-32, 1996.
- Wyrтки, K.; Magaard, L.; Hager, J. Eddy energy in the oceans, J. Geophys. Res., 81, 2641-2646, 1976.