

## ESTIMATIVA DA DIFUSIVIDADE E DAS ESCALAS INTEGRAIS LAGRANGEANAS NA BACIA SUDOESTE DO ATLÂNTICO A PARTIR DE DERIVADORES.

Cerrone<sup>1</sup>, B. N.; Dos Santos<sup>1</sup>, F. A.; Assireu<sup>2,3</sup>, A. T.

<sup>1</sup>PROOCEANO – Av. Rio Branco, 311 sl. 1224, Centro – Rio de Janeiro - RJ, bruna@prooceano.com.br

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Av. dos Astronautas, 1758, Jardim da Granja, São José dos Campos-SP

<sup>3</sup>Laboratório de Ecologia Aquática – Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora – MG

### I. RESUMO

Neste trabalho são apresentadas estimativas da difusividade turbulenta e das escalas integrais lagrangeanas na região sudoeste do Atlântico, particularmente na costa sudeste/sul do Brasil.

Foi utilizado um conjunto de dados de derivadores, lançados pelo Projeto MONDO (PROOCEANO/ENI, 2007), para estimar a difusividade e as escalas integrais temporais na camada superficial da Corrente do Brasil. A metodologia utilizada baseia-se na teoria de Taylor para escoamentos turbulentos homogêneos e estacionários. Os resultados mostraram que a difusividade varia entre  $2,0 \times 10^8$  -  $2,8 \times 10^8$  cm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>, enquanto que as escalas integrais temporais são aproximadamente 3,4 – 3,8 dias.

**Palavras chave:** dados lagrangeanos, coeficientes de difusividade.

### II. INTRODUÇÃO

O transporte de traçadores passivos no oceano depende da interação de um número muito grande de escalas do movimento sendo, por isso, um fenômeno complexo para descrever e prever (BAUER, 1998). A aplicação direta da equação de advecção-difusão ao estudo dos processos de dispersão que se observam na natureza é, na prática, complicada devido à impossibilidade de se conhecer os campos de velocidade instantânea do fluido. Uma forma de resolver este problema consiste em separar os campos instantâneos em campos médios  $\bar{u}$  e em campos turbulentos  $u'$ . Segundo a teoria de Taylor, este é o fundamento para a equação de advecção-difusão e para a parametrização da atividade turbulenta em termos da difusividade turbulenta  $k$ . A validação do uso desta teoria (a decomposição da velocidade em uma parte média e outra turbulenta,  $u = \bar{u} + u'$ ) para a região de estudo pode ser feita comparando-se a trajetória do centro de massa do grupo de derivadores com aquela descrita por um movimento médio (SCHÄFER & KRAUSS, 1995).

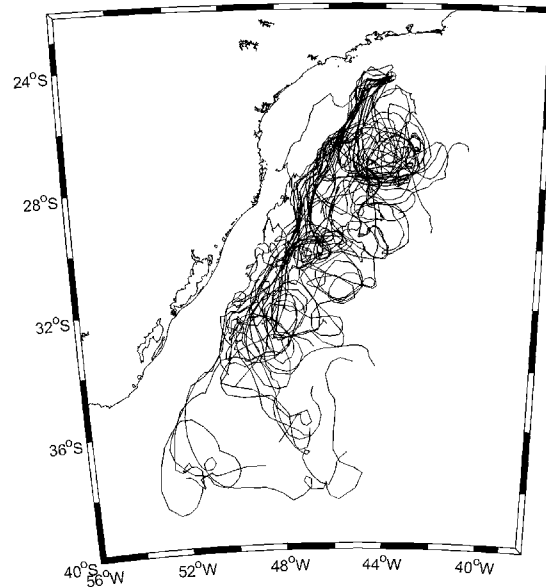
O objetivo deste estudo é estimar a difusividade turbulenta e as escalas integrais lagrangeanas temporais na bacia sudoeste do Atlântico Sul.

### III. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho, foram utilizados dados de derivadores lagrangeanos de superfície do projeto MONDO (Monitoramento por Derivadores Oceânicos), disponíveis ao público na internet ([www.prooceano.com.br/mondo](http://www.prooceano.com.br/mondo)). Foi lançado um total de 40 derivadores entre setembro e novembro de 2007. Dois tipos de lançamentos foram efetuados: um derivador a cada três dias e um grupo de cinco derivadores a cada doze dias. A resolução espacial dos dados é de aproximadamente 10 m e a resolução temporal de 3 h. Neste estudo foram utilizados somente os derivadores com mais de 30 dias de dados até o momento da análise, em um total de 35. A trajetória destes derivadores pode ser observada na Figura 1.

A estrutura desses derivadores permite que sejam transportados principalmente pelas correntes marinhas. Conhecendo as sucessivas posições no tempo é possível calcular então as velocidades da corrente na qual ela está inserida. As velocidades estimadas pelos derivadores representam o movimento do oceano em várias escalas, incluindo efeitos de oscilações inerciais e de marés, por exemplo. Entretanto, pelo curto período da série temporal (aprox. 3 meses), o princípio da estacionariedade foi assumido nas estatísticas realizadas no estudo.

ASSIREU (2003) ao estimar parâmetros cinemáticos na mesma região, afirma que a consideração de que o escoamento médio para a região de estudo pode ser caracterizado por uma única velocidade, é bastante suspeita. Porém, este tipo de tratamento pode ser útil por fornecer uma idéia inicial e geral, possibilitando o refinamento dos resultados. A partir desta suposição, as flutuações de alta frequência foram removidas através de médias diárias  $u$ . Em seguida foi determinado o valor característico da velocidade média da região  $\bar{u}$ . A velocidade residual foi assumida sendo a velocidade turbulenta  $u'$



**Figura 1: Trajetória dos 35 derivadores utilizados.**

Considerando a região como estacionária (não variando no tempo) e homogênea (não variando no espaço), a atividade turbulenta pode ser parametrizada em termos da difusividade turbulenta  $k$  como:

$$k = \lim_{t \rightarrow \infty} k^*(t), \quad k^*(t) = \int_0^t R(\tau) d\tau$$

sendo  $R(\tau)$  a autocovariância lagrangeana de  $u'$  e dada por:

$$R(\tau) = \langle u'(t) u'(t + \tau) \rangle$$

As escalas integrais lagrangeanas temporais para a região foram determinadas seguindo BAUER (1998):

$$T = \frac{1}{\sigma^2} \int_0^{\infty} R(\tau) d\tau$$

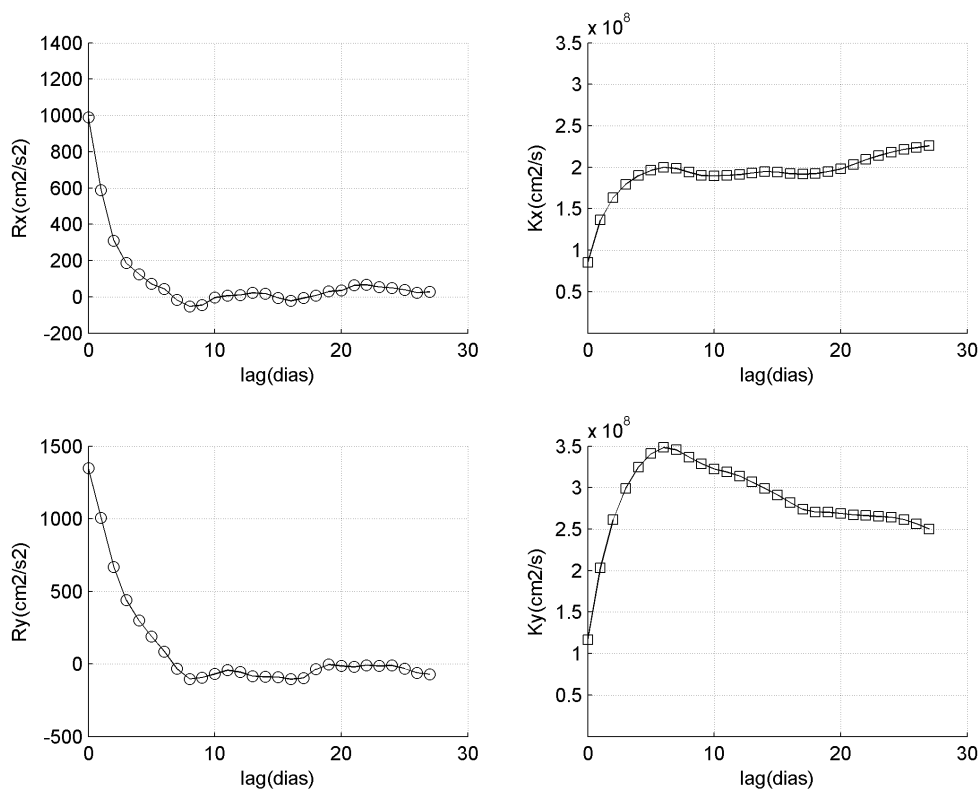
sendo  $\sigma^2$  a variância de  $u'$ .

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados para as funções de autocovariância e estimativas da difusividade podem ser observados na Figura 2. As componentes da velocidade foram analisadas separadamente. Nota-se que tanto a função de autocovariância zonal quanto a meridional se aproxima de zero com uma variação quase-exponencial.

A difusividade zonal apresenta-se melhor definida sendo, aproximadamente,  $2 \times 10^8 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . A componente meridional da difusividade diminui com o *lag* de tempo (comportamento assintótico não atingido) o que torna indefinida esta componente da difusividade (Fig. 2-d). Isto indica que a consideração da homogeneidade e estacionariedade, assumidas neste trabalho, têm maiores implicações para a componente meridional do que para a zonal.

As escalas integrais de tempo foram estimadas em  $\sim 3,4$  dias e 3,8 dias para a componente zonal e a componente meridional, respectivamente.



**Figura 2: Estimativas da autocorrelação para as componentes zonal (a) e meridional (c) e da difusividade para as componentes zonal (b) e meridional (d).**

## V. CONCLUSÕES

Uma das principais dificuldades em se estimar a difusividade turbulenta no oceano se deve a não homogeneidade e estacionariedade do meio. No entanto, a utilização da teoria de Taylor fornece uma análise preliminar para a identificação da difusividade e das escalas integrais lagrangeanas envolvidas. A presença de oscilações de baixa frequência (ondas de Rossby, por exemplo) no fluxo médio foi notada nos gráficos de autocorrelação, que apresentaram um comportamento quase-exponencial e, principalmente, nos gráficos de difusividade, que teve um perfil assintótico melhor definido na componente zonal. Isto parece indicar que a não estacionariedade e não homogeneidade do escoamento se fazem sentir principalmente na componente meridional.

Os valores de difusividade obtidos mostram que a difusividade zonal é de, aproximadamente,  $2,0 \times 10^8 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , enquanto que a meridional é cerca de  $2,8 \times 10^8 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . As escalas integrais temporais são de 3,4 dias para a componente zonal e de 3,8 dias para a componente meridional.

## VI. REFERÊNCIAS

ASSIREU, A. T. 2003. Estudo das características cinemáticas e dinâmicas das águas de superfície do Atlântico Sul Ocidental a partir de derivadores rastreados por satélite. **Tese de doutorado**. Instituto Oceanográfico – Universidade de São Paulo.

BAUER, S., SWENSON, M. S., GRIFFA, A., MARIANO, J. A., OWENS, K. 1998. Eddy-mean flow decomposition and eddy-diffusivity estimates in the tropical Pacific Ocean. **Journal of Geophysical Research**, 103 (C13), 30855-30871.

SCHÄFER, H., KRAUSS, W. 1995. Eddy statistics in the South Atlantic as derived from drifters drogued at 100 m. **Journal of Marine Research**, 53 (3), 403-431.