

CARACTERIZAÇÃO CINEMÁTICA E ESTATÍSTICA DOS VÓRTICES NA BACIA OCEÂNICA SE/S DO BRASIL OBTIDOS POR DERIVADORES RASTREADOS POR SATÉLITE DURANTE A PRIMAVERA DE 2007

Fragoso¹, M. R.; Pellegrini¹, J. A. C.; Assireu^{2,3}, A. T.; dos Santos¹, F. A.; Marques da Cruz¹, L. M.

¹PROOCEANO – Av. Rio Branco, 311 sl. 1224, Centro – Rio de Janeiro - RJ, mauricio@prooceano.com.br

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

³Laboratório de Ecologia Aquática – Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora – MG

I. RESUMO

Dados de derivadores oceânicos na região da Bacia Oceânica SE/S do Brasil foram analisados para quantificar e caracterizar os vórtices ali presentes durante a primavera de 2007. Os resultados indicam forte atividade de vórtices tanto ciclônicos, quanto anticiclônicos. A maioria dos vórtices possui diâmetro menor que 100km, o que indica que uma alta resolução espacial faz-se necessária para capturar a maior parte da energia associada à essas feições. Dados altimétricos foram utilizados para reforçar as análises e mostraram resultados coerentes com os dados medidos. As características cinemáticas indicam que os vórtices tendem a ter forma elíptica com semi-eixo principal alinhado com a direção nordeste/sudoeste. Algumas das informações aqui apresentadas são inéditas para essa região

Palavras chave: circulação oceânica, meso-escala, Corrente do Brasil.

II. INTRODUÇÃO

Vórtices de meso-escala influenciam de forma decisiva parâmetros da circulação oceânica como o transporte de volume, velocidade e advecção-difusão. O conhecimento dessas feições é fundamental para a compreensão da dinâmica oceânica e no aprimoramento das previsões dos fenômenos e do transporte de poluentes no mar.

Essas feições são estudadas há anos nessa região através da análise de diversas fontes de dados, como por exemplo, MASCARENHAS et al. (1971) com dados hidrográficos, CAMPOS et al., (2000); FRAGOSO, (2004) por modelos numéricos oceânicos, ASSIREU (2003) analisando dados de derivadores e VIANNA & MENEZES (2005) com dados de altimetria de satélite. Ainda assim, alguns dados básicos sobre essas feições de meso-escala ainda são incipientes para a Bacia SE/S do Brasil.

Nesse trabalho são utilizados dados de derivadores rastreados por satélite lançados pelo Projeto MONDO (PROOCEANO/ENI, 2007), em conjunto com dados de altimetria de satélite do Projeto *Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data* (AVISO, 2008) para estudar os vórtices de meso-escala durante a primavera de 2007. Os resultados obtidos trazem informações até então inéditas sobre tais feições para essa região.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados analisados foram obtidos por 40 derivadores lançados no Projeto MONDO. O primeiro passo da metodologia foi a detecção dos vórtices pelo critério visual, no período entre 20/09 a 21/12/07. A presença de um vórtice foi anotada quando a trajetória descrevia um círculo completo, com diâmetro maior que 20 km e período maior que 48 h, para eliminar feições de menor escala espaço-temporal, como o movimento inercial. A confirmação da existência do vórtice foi feita através de dados de topografia dinâmica, velocidade geostrófica e vorticidade obtidos pelo Projeto AVISO, no mesmo período. Os dados foram sobrepostos e verificou-se se os parâmetros obtidos por altimetria apresentavam feições similares à trajetória circular descrita. Caso todos esses critérios fossem satisfeitos um vórtice era contabilizado e classificado em relação ao sentido de rotação, tamanho e suas características cinemáticas calculadas. Os vórtices que influenciaram a trajetória de mais de um derivador foram contabilizados como apenas um.

Para a determinação das propriedades cinemáticas dos vórtices detectados foi utilizada a formulação proposta por OKUBO (1970), que em essência é a expansão de Taylor da velocidade sobre um determinado local de origem:

$$u = U + (D + A)x/2 + (B - C)y/2 \quad (1)$$

$$v = V + (B + C)x/2 + (D - A)y/2 \quad (2)$$

onde u e v são, respectivamente, os componentes norte e leste da velocidade, x e y são as coordenadas locais, com x positivo para leste e y positivo para norte, U e V são velocidades de translação. $A = (\partial u / \partial x) - (\partial v / \partial y)$, que é a taxa de deformação de estiramento,; $B = (\partial v / \partial x) + (\partial u / \partial y)$, taxa de deformação de cisalhamento, $C = (\partial v / \partial x) - (\partial u / \partial y)$, vorticidade relativa e $D = (\partial u / \partial x) + (\partial v / \partial y)$, a divergência horizontal formam o conjunto e propriedades cinemáticas diferenciais (ASSIREU, 2003).

Para calcular as propriedades cinemáticas usando os dados de derivadores foi assumido que os parâmetros mantêm-se constantes por uma revolução do vórtice. As propriedades cinemáticas foram também calculadas com os dados altimétricos para uma avaliação em relação aos dados medidos.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 mostra resultados estatísticos sobre os vórtices nessa região.

Tabela 1: Quantificação dos vórtices contabilizados usando os dados de derivadores.

	≥ 100 km	< 100 km	TOTAL
Anticiclônicos	7	8	15
Ciclônicos	3	9	12
TOTAL	10	17	27

O número de vórtices anti-ciclônicos é ligeiramente superior ao de ciclônicos (15 contra 12). Outra informação relevante é que a grande maioria dos vórtices (70%) encontra-se entre as latitudes de 28° a 32°. A Tab.2 mostra os parâmetros cinemáticos obtidos pelos derivadores.

Tabela 2: Média dos parâmetros cinemáticos para os vórtices calculados pelos dados dos derivadores. Ω é a velocidade angular, T é o período de rotação e Vel é a velocidade tangencial. Unidade para A,B,C,D e Ω : rad/s.

Tipo	A	B	C	D	Ω	T	Vel
Anticiclônicos	1.24E-06	1.95E-06	9.91E-06	2.5E-06	0.00000495	16 dias	0.45 m/s
Ciclônicos	1.97E-06	-4.13E-06	-1.6E-05	1.68E-06	0.00000819	21 dias	0.35 m/s

A vorticidade relativa ($O(\pm 10^{-5} \text{ s}^{-1})$) é alta (SANDERSON, 1995) e, embora esta seja o componente dominante, existe tendência dos vórtices tornarem-se elipses com semi-eixo principal alinhado com a direção nordeste-sudoeste ($B \sim 2 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ para os anti-ciclônicos e $\sim -4 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ para os ciclônicos). Os dados de vorticidade dos derivadores foram comparados com os de altimetria apresentando boa aderência (erro médio de 5%). Isto evidencia que o uso de dados altimétricos para o estudo dos vórtices nessa região deve apresentar resultados coerentes. A Fig. 2 mostra o resultado do espectro médio de velocidade para as trajetórias com vórtices ciclônicos e anti-ciclônicos.

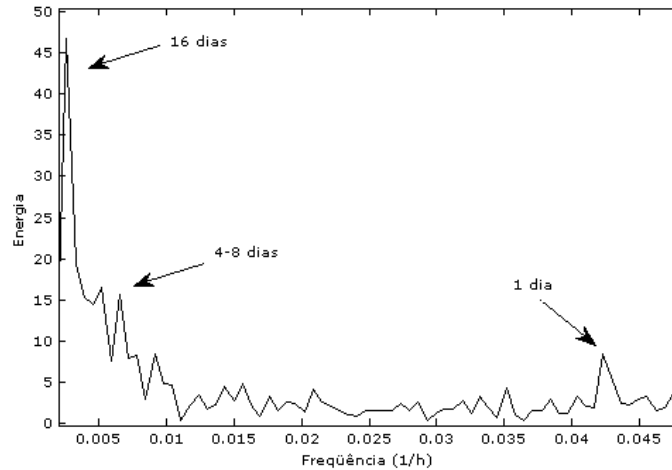


Figura 1: Espectro de energia obtido para os dados de velocidade das trajetórias que continham vórtices.

Os períodos de maior significância são 1 dia e 4 a 8 dias para ambos os tipos e de 16 dias e 21 dias para os anti-ciclônicos e ciclônicos, respectivamente. O período de 4 a 8 dias deve estar relacionado aos ventos incidentes, pois coincide com o período médio da passagem de sistemas frontais na região. O período de 1 dia corresponde ao de oscilação inercial. Os períodos de 16 e 21 dias correspondem ao período médio de revolução dos vórtices. Isso pode ser verificado ao calcularmos a velocidade angular média considerando esse período e a vorticidade correspondente ($\zeta = 2 \times \Omega = 9 \times 10^{-6}$), que é compatível com a vorticidade obtida (1×10^{-5}).

V. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que, aparentemente, não existe uma preferência no sentido dos vórtices na Bacia SE/S do Brasil e que estes possuem vorticidade alta ($O(\pm 10^{-5} \text{ s}^{-1})$). Os vórtices tendem a ser elípticos com semi-eixo principal alinhado com a direção nordeste/sudoeste. O período de rotação encontra-se entre 16 (anticiclônicos) e 21 dias (ciclônicos), com velocidades tangenciais em torno de 0,4m/s.

A comparação dos dados medidos por derivadores e altimétricos mostrou-se satisfatória, o que torna promissor um estudo mais amplo sobre os vórtices com esse tipo de dado.

Ressalta-se que os vórtices contabilizados pelos derivadores devem diferir do número total de vórtices presentes na região, uma vez que foram considerados apenas aqueles detectados pelos derivadores. Provavelmente, como mostram os dados altimétricos, deve existir um maior número de vórtices na região.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ENI Oil do Brasil por tornar públicos os dados do Projeto MONDO.

VII. 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. Universidade de São Paulo.**

AVISO - www.aviso.oceanobs.com, acessado em janeiro de 2008.

CAMPOS, E.J.D.; VELHOTE, D; SILVEIRA, I.C.A., 2000 Shelf break upwelling driven by Brazil Current cyclonic. **Geophys. Res. Let.**, 27(6), 751-754.

ENI/PROOCEANO - www.projetomondo.com.br, acessado em janeiro de 2008.

FRAGOSO, M.R., 2004 – Um Modelo Numérico da Circulação Oceânica para as Bacias Leste e Sudeste do Brasil. **Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.**

MASCARENHAS Jr., A. DS., MIRANDA, L. B., y ROCK, N. J., 1971. A study of the oceanographic conditions in the region of Cabo Frio. **Fertility in the Sea**, Gordon & Breach, vol. 1, pp. 285-308.

OKUBO, A., 1970. Horizontal dispersion of floatable particles in the vicinity of velocity singularities such as convergences, **Deep-Sea Res.**, 17, 445-454.

VIANNA, M.L. & MENEZES V. V., 2005 Circulação Oceânica: Monitoramento por meio de Altimetria de Satélite. Em: de Souza R.B. (Org.). **Oceanografia por Satélite**. Oficina de Textos, São Paulo, SP.