

## EVOLUÇÃO DA FORMAÇÃO DO VÓRTICE DE CABO FRIO NOS ANOS DE 2006 A 2009

Santos<sup>1,2</sup>, N. G.; Calado<sup>1</sup>, L.

<sup>1</sup> *Marinha do Brasil - Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM | Rua Kioto, 253 - Praia dos Anjos - Arraial do Cabo – RJ CEP 28930-000*

<sup>2</sup> *Prooceano | Av. Rio Branco, 311 sl. 1205 - Centro - Rio de Janeiro – RJ CEP 20040-009 – n.gomes.santos@gmail.com*

## RESUMO

A Corrente do Brasil (CB) é caracterizada por apresentar uma intensa atividade de mesoescala na região leste e sudeste da costa brasileira. Característica responsável pela formação de meandros que, em muitos eventos, se fecham em vórtices. Um dos maiores e mais recorrentes meandros é o formado na região de Cabo Frio (23°S), RJ, sendo freqüente a sua evolução para um vórtice ciclônico. Este trabalho caracterizou o Vórtice de Cabo Frio (VCF) e avaliou a evolução da formação dos seus ciclos completos. Tais objetivos foram alcançados através da análise dos vórtices emitidos pela CB, digitalizados a partir de imagens orbitais. Como resultado, o estudo revelou uma formação do VCF durante a maior parte dos anos analisados; um maior crescimento, deslocamento e dimensão do VCF no verão; uma quase-estacionaridade na posição do mesmo na primavera; uma direção de deslocamento preferencial para SO; e três eventos de desligamento do VCF da CB.

Palavras chave: Corrente do Brasil, Vórtice de Cabo Frio, imagens orbitais.

## INTRODUÇÃO

A Corrente do Brasil (CB) é caracterizada por apresentar uma intensa atividade de mesoescala na região leste e sudeste da costa brasileira (CALADO, 2006; SOUTELINO, 2008). Característica responsável pela formação de meandros que, em muitos eventos, se fecham em vórtices. Um dos maiores e mais recorrentes meandros é o formado na região de Cabo Frio (23°S), RJ, sendo freqüente a sua evolução para um vórtice ciclônico.

Uma importante consequência da geração dos meandros e vórtices da CB é a sua possível relevância no processo de ressurgência. Segundo Campos *et al.* (2000), é possível que os vórtices ciclônicos, caracterizados por apresentarem núcleo frio, induzam a uma ressurgência de quebra de plataforma, trazendo ACAS para regiões rasas, com prováveis e importantes consequências na produtividade primária da região.

A utilização de imagens orbitais é apontada como uma das ferramentas mais eficientes na visualização e identificação das feições oceanográficas, em função da rápida amostragem e da ampla cobertura espacial disponibilizada. O padrão meandrante da CB e a consequente identificação de sua frente térmica podem ser observados a partir do mapeamento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) (GODOI, 2005).

Além de imagens de TSM, outras fontes orbitais também podem ser utilizadas na identificação dessas feições oceanográficas, como imagens de concentração da Clorofila

Superficial do Mar (CSM), utilizando sensores da cor do oceano, e de elevação da superfície do mar, obtidas a partir de sensores altimétricos. Segundo Kampel (2003), muitas feições oceanográficas mostram grande correlação entre estruturas observadas nas imagens termais e da cor do oceano correspondentes, evidenciando o caráter complementar dos campos de temperatura da superfície do mar e concentração de clorofila.

Atentando para o fato de haver uma descrição pouco detalhada acerca da evolução das feições de mesoescala da CB, principalmente na região de Cabo Frio, este trabalho procurou analisar e caracterizar a evolução da formação do Vórtice de Cabo Frio, a partir de imagens orbitais, considerando um período de 4 anos (2006 a 2009).

## DESENVOLVIMENTO

As análises do vórtice foram realizadas de acordo com as dimensões alcançadas, taxa de crescimento, direção, deslocamento, velocidade média e quantidade de vórtices emitidos pela CB. Para tanto, foram selecionadas imagens de TSM, CSM e, e uma digitalização dos vórtices identificados nas imagens de TSM foi realizada. Cabe ressaltar que as imagens de CSM e de elevação da superfície tiveram a função de apenas auxiliar na melhor identificação da borda dos vórtices nas imagens de TSM.

Os resultados obtidos foram separados em eventos, onde cada evento representou a evolução de um ciclo completo do VCF, desde o dia em que foi possível identificar sua formação até o último dia visível, representado por sua total dissipação. Os eventos, por sua vez, foram divididos por estação do ano: verão – janeiro, fevereiro e março; outono – abril, maio e junho; inverno – julho, agosto e setembro; e primavera – outubro, novembro e dezembro.

Foram identificados e delimitados os vórtices em três casos: a partir da região da CB demarcada pela frente interna onde houve um maior fechamento do meandro, porém não necessariamente havendo seu total estrangulamento; onde foi possível observar um sinal de rotação do fluido, complementado pela intrusão de água fria; e onde ocorreu um estrangulamento do meandro, com a conseqüente liberação de um anel.

A contaminação por nuvens pode ter confundido na identificação do vórtice e, possivelmente, levado a um término prematuro do vórtice rastreado.

## RESULTADOS

No total, foram analisadas 1.461 imagens de TSM, correspondentes ao período de 01 de janeiro de 2006 a 31 de dezembro de 2009, das quais 689 foram selecionadas (47,16% do total de imagens disponíveis). A partir dessa seleção, foram digitalizados 444 vórtices (64,44% das imagens): 105 vórtices em 2006, 119 em 2007, 102 em 2008 e 118 em 2009; que foram divididas de acordo com as estações do ano. Do total de 59 eventos, 9 pertenceram ao verão, 21 ao outono, 20 ao inverno e 9 à primavera.

Na Figura 1 são apresentados todos os vórtices digitalizados e separados por estação do ano. Observou-se uma maior concentração de vórtices posicionada ao sul de Cabo Frio, entre as isóbatas de 200 e 2.000 metros, identificando a região como o sítio de formação do VCF. Esse comportamento corrobora a afirmação de Mello Filho (2006), que menciona que

os vórtices gerados pela CB não possuem a característica de se desligar da região de formação.

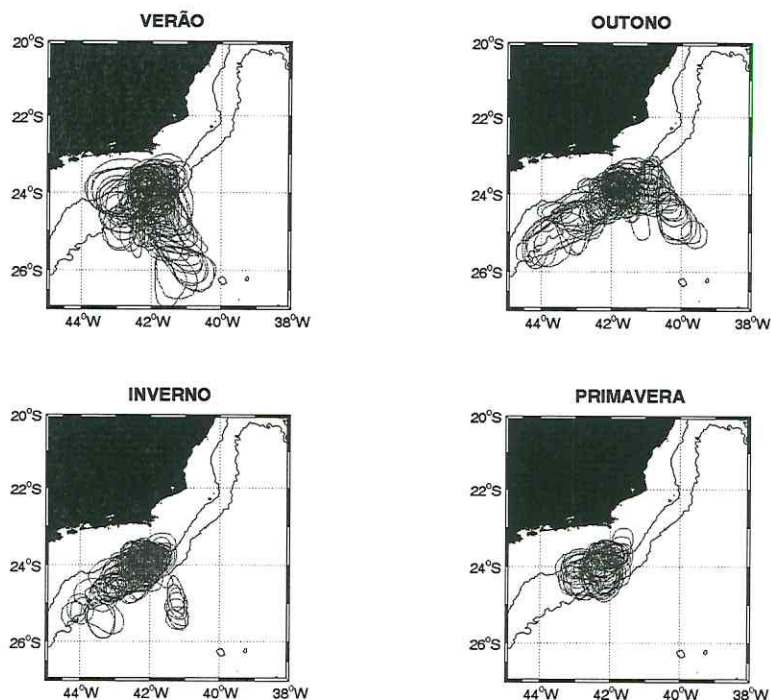


Figura 1: Todos os vórtices digitalizados e separados por estação do ano. As linhas pretas correspondem às isóbatas de 200 e 2.000 metros.

Para analisar as dimensões atingidas pelo vórtice, separou-se o conjunto de dados em dois cenários: inicial e final, referentes ao primeiro e último dia de cada evento, respectivamente. Apesar de o diâmetro médio total encontrado ser de 76,44 (81,77) km no cenário inicial (final), o maior e menor valor obtido foi de 145,84 (219,75) km e 27,91 (32,34) km, encontrados no verão (outono) e outono (inverno), respectivamente.

Calculou-se também o deslocamento, a direção e velocidade média de deslocamento do vórtice. Obteve-se um maior (menor) deslocamento do vórtice no verão (primavera), com um valor médio de 110,8 km (34,11 km). Apesar desse resultado, o maior deslocamento total foi encontrado no outono, com o vórtice se distanciando, cerca de, 277,2 km do seu local de formação. Em relação à velocidade média, a menor calculada para o vórtice foi na primavera, com um valor, em torno de, 8,6 km/dia, isto é, cerca de, 0,1 m/s. A maior velocidade calculada foi de 1,15 m/s, em um evento obtido no outono.

A Figura 2 apresenta uma rosa de direção de deslocamento do VCF, para os 4 anos analisados. A partir dos resultados obtidos, observa-se uma predominância do deslocamento para sudoeste (SO), representado por mais de 50% das ocorrências, com os maiores deslocamentos (>200 km) também apresentados nessa direção, correspondendo a 4% do total. Esses resultados evidenciam a tendência do VCF de se deslocar na direção da quebra da plataforma continental.

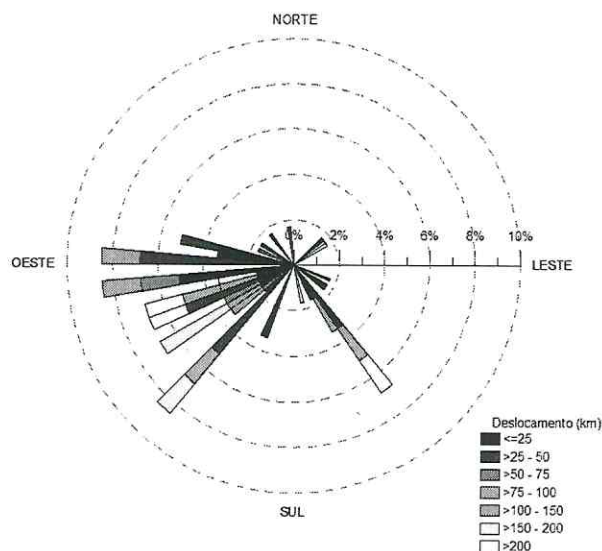


Figura 2: Rosa de direção de deslocamento do vórtice para todo o período analisado. A escala de cor indica o deslocamento total, em km, correspondente à direção, e os círculos internos representam o percentual de ocorrência.

## CONCLUSÕES

Entre as conclusões obtidas, observou-se que, o VCF se forma durante o ano todo, apresentando uma grande concentração de vórtices posicionada ao sul de Cabo Frio, entre as isóbatas de 200 e 2.000 metros. Há uma quase-estacionaridade no crescimento dos vórtices na primavera, e um maior espalhamento no verão e outono. Ocorreu uma predominância do deslocamento do vórtice para sudoeste (SO), representado por mais de 50% dos eventos, ocorrendo desligamento do VCF da CB em 3 eventos. Na primavera, diferente do restante do ano, os vórtices cresceram em direção NO, apresentando as menores taxas de crescimento, deslocamento e velocidade média

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é parte do Projeto REMO (Rede de Modelagem e Observação Oceanográfica). Agradecemos também à Marinha do Brasil, por meio do IEAPM, pela infra-estrutura disponibilizada para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALADO, L. 2006. 184 p. **Dinâmica da interação da atividade de mesoescala da Corrente do Brasil com o fenômeno da ressurgência costeira ao largo de Cabo Frio e Cabo de São Tomé, RJ.** Tese (Doutorado em Oceanografia Física), Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CAMPOS, E. J. D.; VELHOTE D.; SILVEIRA, I. C. A. Shelf break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders. **Geophysical Research Letters**, v. 27, n. 6, p. 751-754. 2000.

GODOI, S. S. 2005. 133 p. **Dinâmica Quase-Geostrófica do Sistema Corrente do Brasil no Embaiamento de São Paulo (23,5°-27°S)**. Tese (Doutorado em Oceanografia Física). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

KAMPEL, M. 2003. 311 p. **Estimativa da produção primária e biomassa fitoplanctônica através de sensoriamento remoto da cor o oceano e dados *in situ* na costa sudeste brasileira**. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELLO FILHO, W. L. 2006. 85 p. **Observação de feições oceanográficas de superfície na costa sudeste brasileira através de imagens termais do sensor AVHRR/NOAA**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos.

SOUTELINO, R. G. 2008. 101 p. **A origem da Corrente do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.