

UM MÉTODO AUTOMÁTICO PARA A CARACTERIZAÇÃO DE VÓRTICES OCEÂNICOS EM IMAGENS DE SATÉLITE DA CONFLUÊNCIA BRASIL-MALVINAS

Gigliotti¹, E. D.; Silva² F. C.; Souza¹, R. B.; Fonseca², L. M. G.; Korting², T. S.

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE Divisão de Sensoriamento Remoto. {edsilva, ronald}@dsr.inpe.br;

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE Divisão de Processamento de Imagens. {felipe,leila,tkorting}@dpi.inpe.br
Endereço: Av. dos Astronautas, nº 1758, Jardim da Granja, São José dos Campos - SP, Brasil. CEP 12227-010

RESUMO

Vórtices oceânicos são geralmente representados em imagens de satélites como objetos elípticos ou quase-circulares destacados das feições vizinhas. Este trabalho propõe identificar o padrão da temperatura da superfície do mar (TSM) registrado em um vórtice oceânico de mesoescala na Confluência Brasil-Malvinas. O padrão observado nestas feições pode ser explorado como um indicador importante de processos oceânicos e usados como base para um método de monitoramento automático dessas estruturas no oceano. Para automatizar o processo, o vórtice oceânico é identificado automaticamente usando técnicas de segmentação, extração de atributos e classificador baseado em árvore de decisão.

PALAVRAS-CHAVES: vórtices oceânicos de mesoescala, temperatura da superfície do mar, sensoriamento remoto.

INTRODUÇÃO

Na região do oceano Atlântico Sudoeste está localizada a Confluência Brasil-Malvinas (Falkland) (CBM), definida pelo encontro da Corrente do Brasil (CB) com a Corrente das Malvinas (Falkland) (CM). A CB é a corrente de contorno oeste que compõe o giro subtropical do Atlântico Sul, fluindo do Equador em direção a região subantártica ao longo da margem continental do Brasil. Já a CM é uma corrente de água fria, formada por meandramentos da Corrente Circumpolar Antártica, que percorre a linha da quebra da plataforma continental argentina até atingir a região da CBM. A interação das águas da CB com as águas da CM resulta em frentes termohalinas bem definidas e gera processos de instabilidade oceanográfica caracterizados na formação de vórtices oceânicos de mesoescala.

Os vórtices são produzidos devido à transferência de energia em regiões de frentes oceânicas de fluxo intenso, e geralmente estão associados a correntes de contorno oeste. A instabilidade baroclínica dessas frentes converte energia, que estaria sendo armazenada na forma de energia potencial disponível, em energia turbulenta, provocando o aumento do fluxo médio até um limiar hidrodinâmico fazendo com que ocorra a formação dos vórtices (ROBINSON, 1983).

A formação dos vórtices apresenta importante contribuição na redistribuição de propriedades como nutrientes, massa, calor e momento nos oceanos, sendo esses vórtices responsáveis por muitos processos de transporte entre águas adjacentes. A elevação da termoclina, devido à ocorrência de vórtices de núcleo frio, por exemplo, tornam as águas ricas em nutrientes, e podem até promover o aumento da produtividade primária local (ANGEL E FASHAM, 1983).

Souza et al (2006) analisando a temperatura da superfície do mar sobre a CBM por imagens de satélite detectou um vórtice que apresentou uma forma geométrica semelhante ao longo de seu tempo de vida. A proposta deste trabalho é desenvolver um método automático que caracterize vórtices oceânicos através de atributos geométricos extraídos do mesmo conjunto de imagens usadas por Souza et al. (2006), para permitir o reconhecimento de outros vórtices semelhantes de maneira automática.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram obtidas 12 imagens que contém dados da média semanal (8 dias) da TSM medida pelo sensor MODIS/Aqua, no período entre 6 de Setembro a 10 de Dezembro de 2002, entre as latitudes de 30° a 50° S e longitudes de 40° a 60° W (Fig. 1). As imagens foram obtidas em <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/> e foram usadas para modelar e testar o classificador.

A metodologia baseou-se no processamento dos dados de TSM. As seguintes etapas de processamento foram realizadas usando o sistema PlugMiner (SILVA *et al.*, 2007) que envolve as

seguintes etapas: segmentação, extração dos atributos, mineração de dados, treinamento e classificação (Fig. 2).

O sistema PlugMiner caracterizou a forma dos objetos registrado nas imagens e, através da extração de seus atributos geométricos, realizou o treinamento e a classificação dos vórtices. Após o modelamento do classificador, a metodologia foi aplicada em uma série temporal de TSM entre 2003 a 2006 com o objetivo de testar e avaliar o método.

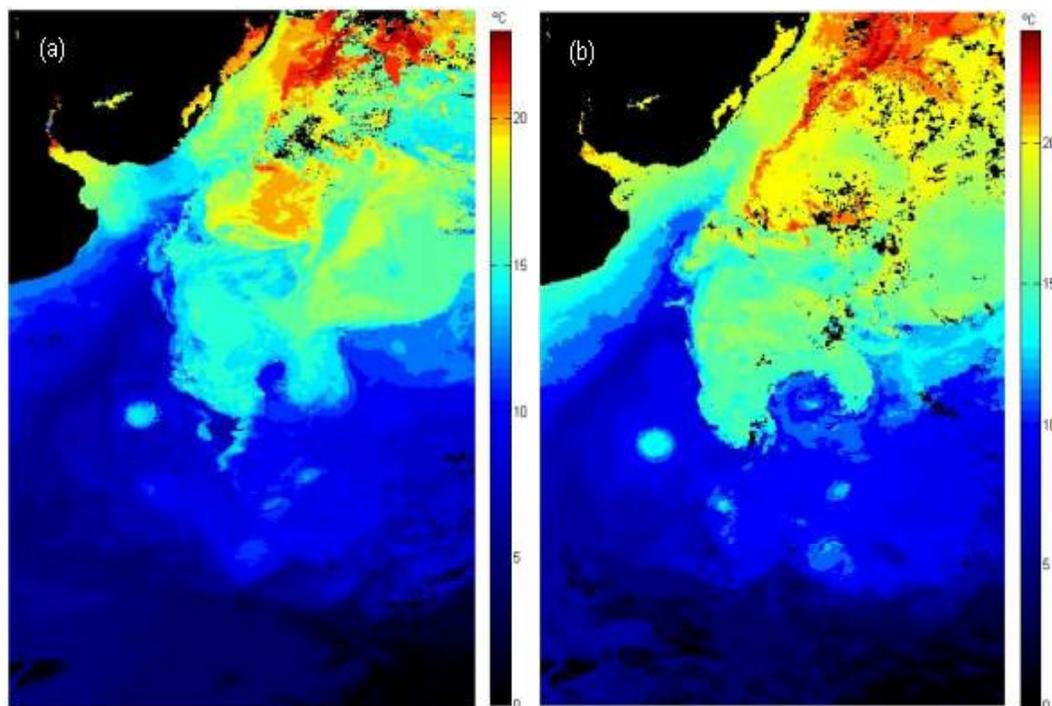


Figura 1 - Imagens da temperatura da superfície do mar (TSM) média obtidas pelo sensor MODIS sobre a Confluência Brasil-Malvinas de (a) 7 a 15 de Outubro e (b) 1 a 8 de Novembro de 2002.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A segmentação das imagens foi dividida em dois grupos: (1) atributos extraídos das imagens ímpares (1, 3, 5, 7, 9, 11) e (2) atributos extraídos das imagens pares (2, 4, 6, 8, 10, 12) da série total. O treinamento das amostras foi realizado separadamente para cada grupo de modo que não ocorresse ambigüidades nos resultados das classificações.

Assim, as imagens do grupo 1 foram classificadas usando os dados de treinamento do grupo 1, e as imagens do grupo 2 foram classificadas com os dados de treinamento do grupo 1. Neste caso, a taxa de acerto foi igual a 100 %, em ambos os casos, comprovando que a eficiência do método na identificação do vórtice. Um terceiro classificador foi modelado com o treinamento dos atributos ímpares e pares reunidos em um conjunto amostral, o que aumentou sua sensibilidade. Porém, quando esse classificador foi aplicado à série temporal de 2003 a 2006, apenas 30% dos vórtices foram reconhecidos.

O desempenho ruim do classificador ocorreu, principalmente, porque os vórtices selecionados na série temporal de TSM não apresentaram uma forma semelhante à seqüência dos vórtices que modelou o classificador.

CONCLUSÕES

A caracterização da forma dos polígonos dos segmentos e a extração dos atributos representativos de cada classe foram suficientes para identificar um padrão nas imagens de TSM e indicar alguns dos prováveis vórtices que ocorreram no período entre 2003 a 2006. Para melhorar a eficiência do método é necessário que as formas representativas dos vórtices sejam selecionadas na fase do treinamento para que o classificador aprenda a reconhecer as formas.

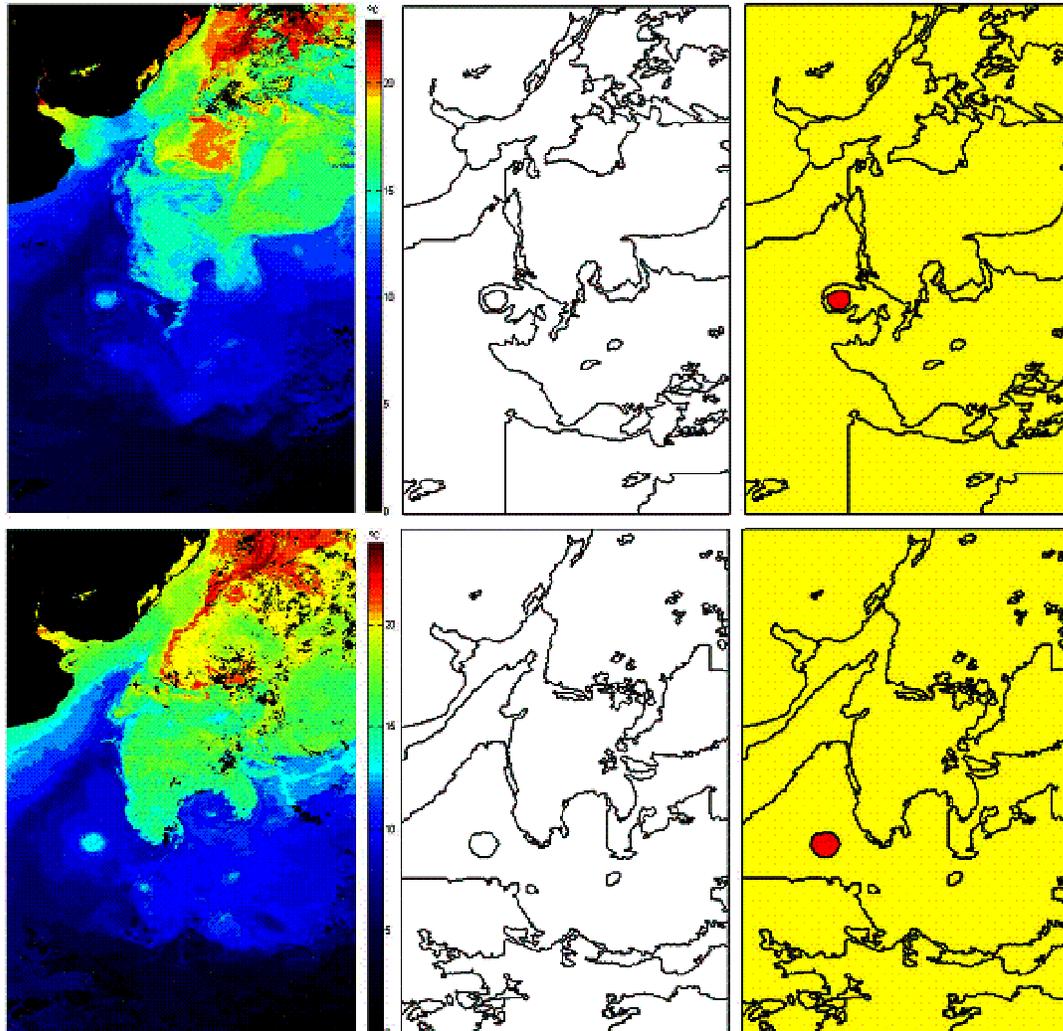


Figura 2 – Metodologia aplicada nas imagens de satélite: segmentação, extração dos atributos, treinamento e classificação. Como resultado o vórtice é separado do restante da imagem.

REFERÊNCIAS

- ANGEL, M. V.; FASHAM, M. J. R. 1983 Eddies and biological processes. In: ROBINSON, A. R. (Ed.) **Eddies in marine science (Springer-Verlag)**, Berlin Heidelberg, p. 492-524.
- PLUGMINER Software. 2007. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/geodma/plugminer>.
- ROBINSON, A. R. 1983. Overview and summary of eddy science. In: ROBINSON, A. R. (Ed.) **Eddies in marine science (Springer-Verlag)**, Berlin Heidelberg, p. 1-15.
- SILVA, F. C.; KORTING, T. S.; FONSECA, L. M. G.; ESCADA, M. I. S. 2007. Deforestation pattern characterization in the Brazilian Amazonia. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, p. 6207-6214.
- SOUZA, R. B.; MATA M. M.; GARCIA C. A. E.; KAMPEL M.; OLIVEIRA E. N.; LORENZETTI J. A. 2006. Multi-sensor satellite and in situ measurements of a warm core eddy south of the Brazil-Malvinas Confluence region. **Remote Sensing of Environmental**, n. 100, p. 52-66, 2006.