

## CARACTERIZAÇÃO DE FEIÇÕES OCEANOGRÁFICAS NA PLATAFORMA DE SANTA CATARINA ATRAVÉS DE IMAGENS ORBITAIS

Marçal Duarte Pereira<sup>1</sup>, Carlos Augusto França Schettini<sup>2</sup> e Claudia Yuki Omachi<sup>3</sup>

Recebido em 23 maio, 2008 / Aceito em 26 novembro, 2008  
Received on May 23, 2008 / Accepted on November 26, 2008

**ABSTRACT.** The objective of this paper is to characterize surface small and meso-scale oceanographic features in the Santa Catarina continental shelf, Brazil. The features were identified using MODIS satellite imagery of sea surface temperature (SST) and sea surface chlorophyll (SSC). One daily image was selected for each month of the year 2003, excepting December, aiming to search for seasonality. The oceanographic features were identified by visual inspection, applying different levels of contrast and color palettes to improve the visualization. The features identified were distinguished in eddies, meanders, mushroom like features, plumes, filaments, fronts and upwelling areas. The results indicated that during the summer, the continental shelf is homogeneous with few surface features. The most prominent feature during summer period (January to March) was the upwelling area nearby Santa Marta Cape, southern from Florianópolis Island. During the fall and winter seasons there were more surface features, mainly due to the evolution of the Prata Front system, with smaller SST and higher SSC.

**Keywords:** coastal oceanography, satellite imagery, MODIS, sea surface temperature, chlorophyll, ocean color.

**RESUMO.** Este trabalho tem por objetivo identificar e caracterizar as feições oceanográficas de pequena e mesoescala que ocorrem na plataforma continental de Santa Catarina (SC). Foram empregadas imagens de temperatura e concentração de clorofila da superfície do mar (TSM e CSM), obtidas pelo sensor MODIS. Foi selecionada uma imagem diária para cada mês do ano de 2003, excetuando dezembro, onde procurou-se avaliar efeitos sazonais. As feições oceanográficas foram observadas através da aplicação de diferentes níveis de contraste e paletas de cores para realce. Foram identificadas feições como vórtices, meandros, cogumelos, plumas, filamentos, frentes e áreas de ressurgências. Os resultados indicam que no verão a distribuição superficial em mesoescala da temperatura é mais homogênea, levando a um número menor de feições observáveis. O fenômeno de ressurgência costeira em escala localizada ao sul da Ilha de SC e junto à costa foi observado nos meses de novembro, janeiro e fevereiro. Durante o outono e o inverno as imagens apresentaram maior grau de complexidade, principalmente devido à presença da frente costeira do Prata, com características de menor temperatura e maiores valores de clorofila.

**Palavras-chave:** oceanografia costeira, imagens de satélite, MODIS, TSM, clorofila, cor do oceano.

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PPGGeo/UFRGS. C.P. 15001, 91509-900 Porto Alegre, RS, Brasil  
– E-mail: marcalpereira@pop.com.br

<sup>2</sup>Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará – LABOMAR/UFC. Av. da Abolição, 458, Centro, C.P. 360, 60165-081 Fortaleza, CE, Brasil.  
Tel.: 55-85-3366-7021; Fax: 55-85-3366-7002 – E-mails: carlos.schettini@pq.cnpq.br; guto.schettini@gmail.com

<sup>3</sup>Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo – IO/USP. Praça do Oceanográfico, 191, Cidade Universitária, 05508-120 São Paulo, SP, Brasil  
– E-mail: comachi@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A comunidade oceanográfica vem concentrando esforços para estudar sistematicamente o oceano global, pois a compreensão dos fenômenos oceanográficos apresenta importância fundamental em diferentes setores e atividades, como por exemplo: estudos de tempo e clima, dispersão de poluentes, variabilidade da pesca, indústria do petróleo e navegação. Neste sentido o sensoriamento remoto orbital tem sido uma ferramenta extremamente útil para aprimorar o conhecimento oceanográfico, pois apresenta certas vantagens em relação à oceanografia convencional. A maior delas é a cobertura sinóptica bidimensional, além da alta resolução espacial e temporal e do relativo baixo custo (Robinson, 1985).

A compreensão dos processos oceanográficos no Oceano Atlântico Sudoeste é ainda modesto, principalmente em relação à dinâmica de pequena e mesoescala. A grande maioria dos trabalhos com feições oceanográficas estão restritos à região da Confluência Subtropical (e.g., Legeckis & Gordon, 1982; Olson et al., 1998; Souza, 2000; Lentini et al., 2002 e 2006; Souza & Robinson, 2004). Adicionalmente, algumas questões precisam ainda ser abordadas e/ou compreendidas, como: a identificação e a caracterização sazonal das feições mais frequentes, o papel destas estruturas na dinâmica local, assim como suas implicações a nível biológico. Neste sentido, o presente trabalho busca identificar e caracterizar sazonalmente as feições de pequena e mesoescala ao longo do litoral do estado de Santa Catarina.

Neste trabalho foram adotadas as seguintes escalas espaciais: (1) microescala: até 0,5 km; (2) pequena escala: 0,5 a 40 km; (3) mesoescala: 40 a 200 km; (4) macroescala: maior que 200 km. Não há uma determinação exata em quilômetros para os processos oceanográficos, pois os mesmos correspondem dinamicamente aos sistemas atmosféricos. Em geral as escalas temporais para os processos de pequena escala são inferiores há 10 dias, e variam de 10-150 dias para processos de mesoescala (Robinson, 1983).

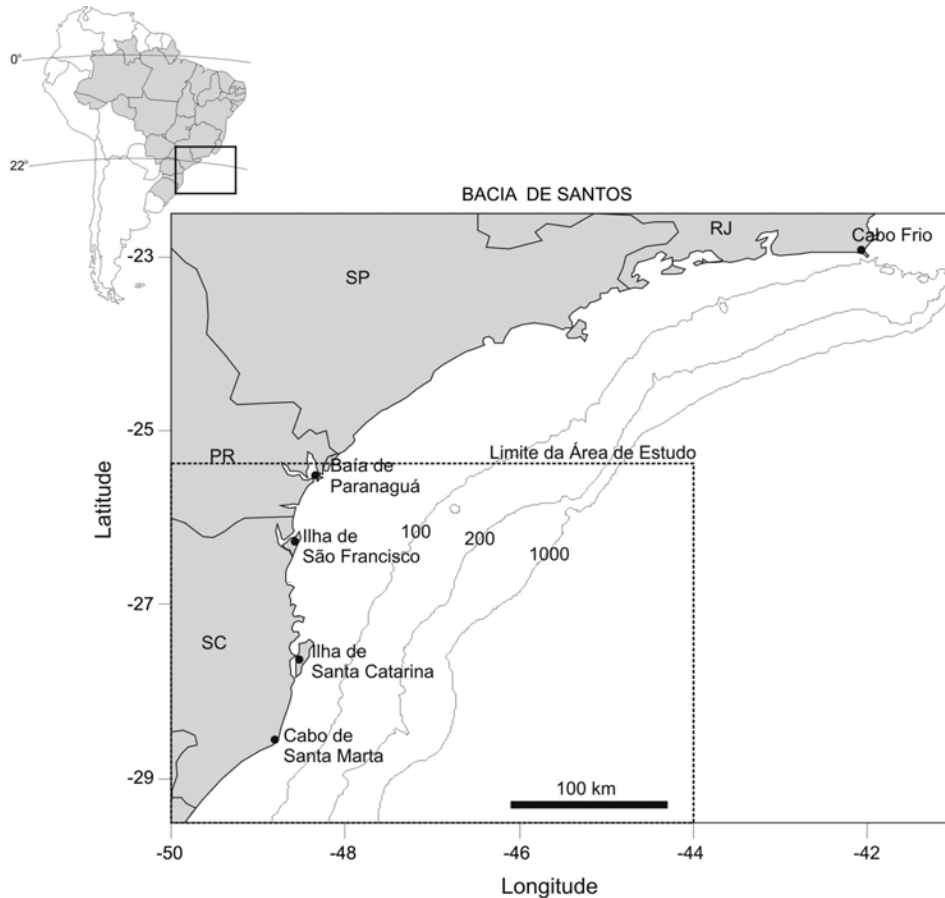
A área compreendida neste estudo consiste da plataforma continental da região definida pelos paralelos de 25° S (próximo a Paranaguá, PR) e 28°40' S (Cabo de Santa Marta, SC), porção meridional da Plataforma Continental Sudeste (PCSE), também denominada de Baía de Santos (Fig. 1). A PCSE é delimitada ao norte por Cabo Frio (23° S), no Rio de Janeiro, e ao sul pelo Cabo de Santa Marta, em Santa Catarina (Castro, 1990). A orientação geral da linha de costa é NE-SW, com exceção para as regiões situadas imediatamente ao sul de Cabo Frio, onde a orientação é E-W, e ao norte do Cabo de Santa Marta, onde a orientação é N-S, que inclui toda a porção do litoral catarinense.

A circulação geral no Oceano Atlântico Sudoeste é caracterizada pelo fluxo da Corrente do Brasil (CB), de origem tropical, com sentido para sul, e pelo fluxo oposto da Corrente das Malvinas (CM), de origem subantártica (Legeckis & Gordon, 1982; Olson et al., 1998). A CB carrega águas quentes e oligotróficas em direção às altas latitudes, acompanhando a linha de quebra da plataforma continental até aproximadamente 36° S. Nesta latitude a CB encontra-se com a CM, criando uma região com fortes gradientes térmicos, conhecida como Convergência Subtropical.

Rezende (2003) apresenta uma síntese das massas de águas presentes na PCSE: (1) Água Costeira (AC): decorre da mistura entre águas costeiras de origem continental e as águas de plataforma. É caracterizada por valores de salinidade baixos. A extensão desta massa de água sobre a plataforma é controlada principalmente pela vazão do Rio da Prata e da Lagoa dos Patos, com máximo efluxo durante inverno-primavera (Lentini, 1997); (2) Água Tropical (AT): flui para S/SW na camada superficial da CB (0-200 m), ao longo do talude continental e próximo à quebra da plataforma continental. Apresenta baixas concentrações de nutrientes e oxigênio dissolvido. A AT é definida por temperatura e salinidade superiores à 20°C e 36,4 respectivamente (Miranda, 1982); (3) Água Central do Atlântico Sul (ACAS): subjacente à AT, é também transportada para S/SW pela CB entre 200 e 500 m de profundidade, ao longo do talude continental e próximo à quebra da plataforma continental. É uma massa de água rica em nutrientes inorgânicos, com maiores concentrações de oxigênio. A ACAS é definida por temperatura e salinidade inferiores a 20°C e 36,4 respectivamente (Miranda, 1982). Alguns autores consideram ainda uma quarta massa de água, a Água de Plataforma (AP), com características físico-químicas distintas, que resulta de processos de mistura entre AC, ACAS e AT (Emilson, 1961; Silva, 1995).

A interação e mistura incompleta entre as diferentes massas de água produzem feições oceanográficas marcantes, denominadas de frentes oceanográficas. Estas frentes são regiões que apresentam uma grande abundância biológica devido à produtividade local (Fournier et al., 1979) ou por acúmulo mecânico devido a processos físicos (Olson, 1991). Segundo Zanella et al. (1998), as frentes oceanográficas podem ser classificadas como: (1) frentes na quebra de plataforma; (2) frentes de ressurgência e; (3) frentes devido a plumas de rios.

Andrade (1996) postula que a frente de quebra de plataforma na PCSE é formada pela diferença existente entre as águas de plataforma e do talude continental, na região do Atlântico Sul Ocidental. A localização média desta frente está intimamente associada à isóbata de 200 m, que corresponde à interface entre as águas mais



**Figura 1** – Área de estudo com indicações das isobatimétricas de 100, 200 e 1000 metros.

frias e de menor salinidade da plataforma, e as águas quentes e mais salgadas da Corrente do Brasil (CB) (Garfield, 1990).

O fenômeno de ressurgência costeira é observado em Cabo Frio (RJ) e no Cabo de Santa Marta (SC). Segundo Castro (1996), o fenômeno da ressurgência na região de Cabo Frio apresenta um caráter sazonal. A ressurgência costeira no Cabo de Santa Marta também ocorre principalmente na primavera e no verão, quando predominam ventos de nordeste, que facilitam a penetração da ACAS na plataforma continental em profundidade (Acha et al., 2004; Saraiva & Möller Jr., 1998).

As frentes de ressurgência e as frentes devido a plumas de rios são geralmente feições localizadas de pequena escala. No entanto estas frentes apresentam grande importância local. Na região adjacente à Cabo Frio, por exemplo, as plumas de ressurgência são consideradas um dos mais significantes mecanismos responsável pelo incremento da produção biológica na região (Kampel et al., 2005). Segundo Piola et al. (2005), a plataforma brasileira ao sul de Cabo Frio é ocupada pela água subtropical de plataforma diluída pela mistura com águas do rio da

Prata. Estes autores sugerem que as alterações mais importantes ao longo de uma faixa costeira de aproximadamente 1.000 km se devem à influência variável da dispersão da pluma do Rio da Prata, influenciada principalmente pelo regime de ventos.

Além das frentes oceanográficas, a interação entre correntes oceânicas produzem também vórtices. Vórtices são fluxos fechados e aproximadamente circulares onde as partículas giram em torno de um ponto, ainda que este se desloque no espaço. Apresentam contornos delimitados por intensos gradientes de propriedades físicas em superfície e em subsuperfície, em geral ocorrem associados a correntes instáveis (Olson, 1991). Campos et al. (1996) afirmam que os vórtices na Baía de Santos, tanto ciclônicos como anticiclônicos, são formados em lados opostos ao eixo da CB e aparentemente não se desprendem da corrente.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram empregadas imagens diárias de temperatura da superfície do mar (TSM) e concentração de clorofila da superfície do mar (CSM), obtidas pelo sensor *Moderate Resolution Imaging*

*Spectroradiometer* (MODIS) para a região da Baía de Santos. O sensor MODIS está instalado nos satélites TERRA e AQUA do *Earth Observing System* (EOS). As imagens utilizadas são dados diários em nível 2 de processamento, apresentam resolução espacial de 1 km e estão disponíveis em <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>.

### Análise das imagens

Tendo em vista a caracterização de feições oceanográficas, foi estabelecido o critério de selecionar uma imagem diária para cada mês ao invés de imagens médias mensais. Desta forma, os detalhes das estruturas oceanográficas foram mantidos e puderam ser analisados. A análise sucessiva das imagens mensais permitiu traçar a evolução sazonal das feições oceanográficas. Foram utilizados os produtos de TSM e CSM de cada imagem, uma vez que feições de cor do oceano indicadas pela clorofila podem não necessariamente estar presentes nas imagens de temperatura, e vice-versa. Bem como, a presença de uma feição em ambos os produtos caracteriza mais eficientemente uma massa de água, como a de ressurgência, por exemplo.

Dado que feições oceanográficas de pequena e mesoescala são extremamente dinâmicas, governadas por escalas temporais que variam de horas a dias (Robinson, 1983), são necessárias imagens com grande resolução temporal e espacial para identificá-las. A seleção das imagens foi realizada por inspeção visual de todo o banco de dados do ano de 2003. Foi obtida ao menos uma imagem de boa qualidade para cada mês, com exceção de dezembro (Tab. 1).

**Tabela 1** – Relação das imagens selecionadas para o presente estudo.

Mês	Data da imagem
Janeiro	07/01/2003
Fevereiro	06/02/2003
Março	30/03/2003
Abril	17/04/2003
Mai	08/05/2003
Junho	23/06/2003
Julho	20/07/2003
Agosto	19/08/2003
Setembro	04/09/2003
Outubro	31/10/2003
Novembro	23/11/2003

As imagens foram analisadas através do programa SeaDAS (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/seadas>). Os procedimentos de análise foram:

- (1) avaliação visual detalhada da cobertura de nuvens;
- (2) recorte conforme a área de interesse;
- (3) retificação na Projeção de Mercator;
- (4) inserção de grade geográfica;
- (5) aplicação de máscara de terra e linha de costa; e
- (6) identificação das feições oceanográficas por inspeção visual, que foram realçadas através da aplicação de um contraste por reescalonamento dos níveis digitais ("stretch") e diferentes paletas de cores.

Uma vez identificadas as feições oceanográficas, foram elaboradas figuras esquemáticas apenas com os contornos das mesmas para melhor representar os resultados.

Além de identificadas, as feições oceanográficas foram caracterizadas utilizando o programa ENVI 4.0, conforme o tipo de feição:

- (1) vórtices;
- (2) cogumelos;
- (3) frentes;
- (4) ressurgência costeira;
- (5) meandros;
- (6) plumas ou filamentos.

Na caracterização dos vórtices as coordenadas da região central (núcleo) correspondem a sua localização. A partir desta posição foi calculada a distância até a linha de costa. Para o cálculo do diâmetro a feição foi transposta por um perfil, que inicia nos limites externos da feição passando pelo seu núcleo. Os vórtices com diâmetros inferiores a 40 km (pequena escala) foram considerados como micro-vórtices.

As feições do tipo cogumelo foram caracterizadas em dois eixos, um principal e um secundário. A posição desta feição corresponde às coordenadas do ponto onde os dois eixos cruzam-se, e a partir deste ponto foi calculada a distância até a linha de costa. A localização das frentes oceanográficas foi relacionada com as linhas isobatimétricas e a distância aproximada em relação à costa. Foram identificadas as massas de água que as formavam, assim como os gradientes encontrados entre as massas de água com características distintas.

Nas feições do tipo meandro não foram realizadas medidas diretas para a obtenção das suas dimensões, pois não foi

possível determinar um padrão que pudesse ser aplicado a todas as feições, que apresentaram diferentes formas. Na região delimitada pela ressurgência costeira de Santa Marta foram obtidos os gradientes de TSM e CSM entre a região definida pela ressurgência e as águas adjacentes, assim como as massas de água relacionadas. Filamentos foram definidos como feições com forma alongada, que apresentam características físicas (TSM) e/ou biológicas (CSM) distintas em relação à massa de água onde se encontram. Os filamentos foram caracterizados quanto a CSM e TSM, dimensões de comprimento assim como a sua direção e sentido quando possível.

## RESULTADOS

### Janeiro

A imagem do mês de janeiro apresentou a região oceânica ocupada por águas tropicais (AT) associadas à CB, com TSM em torno de  $26^{\circ}\text{C}$  e CSM inferiores a  $0,07\text{ mg.m}^{-3}$ . A plataforma continental é amplamente ocupada por águas de maior TSM,  $28^{\circ}\text{C}$ , e com CSM superior a  $0,3\text{ mg.m}^{-3}$ . Um filamento com maior concentração de clorofila, de  $0,6\text{ mg.m}^{-3}$ , ocorreu na região entre a Ilha de SC e o Cabo de Santa Marta (F1; Fig. 2a). Este filamento inicia junto à costa e se prolonga por 95 km de comprimento ao sul, com TSM média de  $24,5^{\circ}\text{C}$ , enquanto que a TSM adjacente é da ordem de  $27,5^{\circ}\text{C}$ . Os menores valores de TSM e maiores de CSM indicam que esta região corresponde à área de ressurgência costeira, estendendo a partir do sul da Ilha de SC até o Cabo de Santa Marta, e até aproximadamente 27 km da costa, com uma área total de  $1.800\text{ km}^2$  (Rc; Fig. 2a). A concentração média de CSM nesta área foi de aproximadamente  $0,8\text{ mg.m}^{-3}$ .

Na imagem de CSM é identificado um vórtice ciclônico, centrado nas coordenadas  $26,46^{\circ}\text{S}$  e  $45,7^{\circ}\text{W}$ , com aproximadamente 100 km de diâmetro e a 200 km da costa (V1, Fig. 2a). Esta feição não é claramente notada na imagem de TSM devido ao pequeno gradiente térmico com a região adjacente ( $< 1,2^{\circ}\text{C}$ ). A TSM no núcleo do vórtice é de  $26,5^{\circ}\text{C}$  e a CSM é de  $0,14\text{ mg.m}^{-3}$ , e as águas adjacentes apresentam TSM e CSM de  $27,7^{\circ}\text{C}$ ;  $0,07\text{ mg.m}^{-3}$ , respectivamente.

Ao longo de toda a imagem de CSM ocorre uma frente oceanográfica entre as águas da plataforma continental, com maiores valores de clorofila, e as águas oceânicas (Fr1; Fig. 2a). Ao longo desta frente ocorrem diversos meandros e duas feições do tipo cogumelo. Os dois cogumelos apresentaram características semelhantes, com aproximadamente 50 km de extensão longitudinal e valores de clorofila inferiores ( $0,09\text{ mg.m}^{-3}$ ) às águas adjacentes

( $0,2\text{ mg.m}^{-3}$ ). Um dos cogumelos está posicionado a 126 km da costa, com orientação para nordeste, nas coordenadas  $26,33^{\circ}\text{S}$  e  $47,3^{\circ}\text{W}$  (C1; Fig. 2a). O segundo cogumelo estava centrado em  $27^{\circ}\text{S}$  e  $48^{\circ}\text{W}$ , orientado na direção E-W, distante 45 km da costa (C2; Fig. 2a).

### Fevereiro

Similarmente ao observado para as imagens de janeiro, uma pluma costeira ocorre junto à Ilha de SC, com maiores concentrações de clorofila ( $1,2\text{ mg.m}^{-3}$ ) e menor temperatura ( $22,2^{\circ}\text{C}$ ) em relação à região de entorno. Esta feição inicia no norte da Ilha de SC, e se estende por 20 km a partir da linha de costa (F1, Fig. 2b). A TSM nesta área é  $4^{\circ}\text{C}$  menor do que na região adjacente, e é um forte indicio da ressurgência costeira de Santa Marta (Rc, Fig. 2b). Um vórtice ciclônico ocorre em  $27,73^{\circ}\text{S}$  e  $46,4^{\circ}\text{W}$ , com diâmetro de 72 km e a 150 km da costa. Este vórtice apresentou núcleo com menor temperatura e maior concentração de clorofila,  $26,5^{\circ}\text{C}$  e  $0,14\text{ mg.m}^{-3}$  respectivamente, em relação às águas adjacentes,  $27,5^{\circ}\text{C}$  e  $0,07\text{ mg.m}^{-3}$ . Esta feição já se encontra em região oceânica em profundidades superiores a 1000 m (V1, Fig. 2b).

Uma extensão da água de plataforma com maiores concentrações de clorofila formou um grande filamento com orientação N-S, estendendo-se da plataforma continental (isóbata de 100 m) até as proximidades da isóbata de 1000 m (F2, Fig. 2b). Este filamento, com comprimento de 280 km, a 180 km da costa e pareceu estar sendo advectado para o interior do vórtice descrito anteriormente.

### Março

Um vórtice ciclônico ocorre na região oceânica localizado nas coordenadas  $26,4^{\circ}\text{S}$  e  $45,9^{\circ}\text{W}$ , semelhante ao vórtice observado na imagem de janeiro nesta mesma posição. O vórtice apresenta diâmetro de 140 km, distante aproximadamente 200 km da costa (V1, Fig. 2c). Este vórtice foi delimitado por águas com maior concentração de clorofila e temperatura de  $26,5^{\circ}\text{C}$ , cerca de um grau a menos do que a região circundante. Similar ao observado em janeiro há também um filamento com cerca de 180 km de extensão que se une ao vórtice, e parece estar sendo advectado para o interior deste. A presença deste vórtice sugere um avanço de águas da plataforma continental para a região oceânica, além da isóbata de 200 m (F1, Fig. 2c).

## Abril

Observa-se a penetração de uma água de menor temperatura sobre a plataforma continental, com TSM de aproximadamente 22°C, próximo ao Cabo de Santa Marta, e 24°C em um filamento na porção terminal, próximo a São Francisco do Sul (F1, Fig. 2d). As águas de menores temperaturas observadas ao sul da área de estudo são interpretadas como o avanço da frente estuarina do rio da Prata (Piola et al., 2000, 2005a,b) e é denominada aqui de Contra Corrente Costeira (CCC) por se tratar de uma corrente costeira que flui no sentido contrário da CB. A massa de água mais fria permanece junto à costa até a porção norte da Ilha de SC, a partir deste ponto passa a distanciar da costa. A presença desta água ocasiona um significativo incremento na concentração de clorofila, com valores variando em torno de 1,5 mg.m<sup>-3</sup> junto ao Cabo de Santa Marta, e 0,6 mg.m<sup>-3</sup> próximo a São Francisco do Sul. A presença da CCC está associada com um complexo sistema de interação com as águas circundantes, representado por micro-vórtices. Três micro-vórtices estão presentes entre o Cabo de Santa Marta e a Ilha de Santa Catarina, a partir deste ponto até a porção final alcançada pela massa de água de menor temperatura ocorreu um fluxo com padrão meandrante (S, Fig. 2d).

Um vórtice ciclônico centrado em 26,96°S e 45,3°W, a 230 km da costa é observado na área oceânica, possivelmente relacionado com a CB. Esta feição apresentou forma elíptica, com cerca de 92 km por 47 km de diâmetro, máximo e mínimo respectivamente (V1, Fig. 2d). O vórtice foi delimitado por águas quentes (26,5°C) com um núcleo de menor temperatura (25,5°C).

## Mai

É observada novamente a presença da CCC, com TSM variando entre 21°C próximo à Ilha de SC e máximo de 23°C próximo a Baía de Paranaguá. A partir da Ilha de Santa Catarina o fluxo da CCC apresentou a formação de meandros (S, Fig. 2e). A CCC em maio ocupa uma porção maior da plataforma continental do que o observado em abril, bem como as concentrações de clorofila associadas também foram superiores. A CCC chegou a atingir menores latitudes (25°S), evidenciando o avanço da mesma para o norte. Valores de CSM associados a CCC foram superiores a 1 mg.m<sup>-3</sup>, com concentrações máximas em torno de 3 mg.m<sup>-3</sup> próximo a Ilha de Santa Catarina.

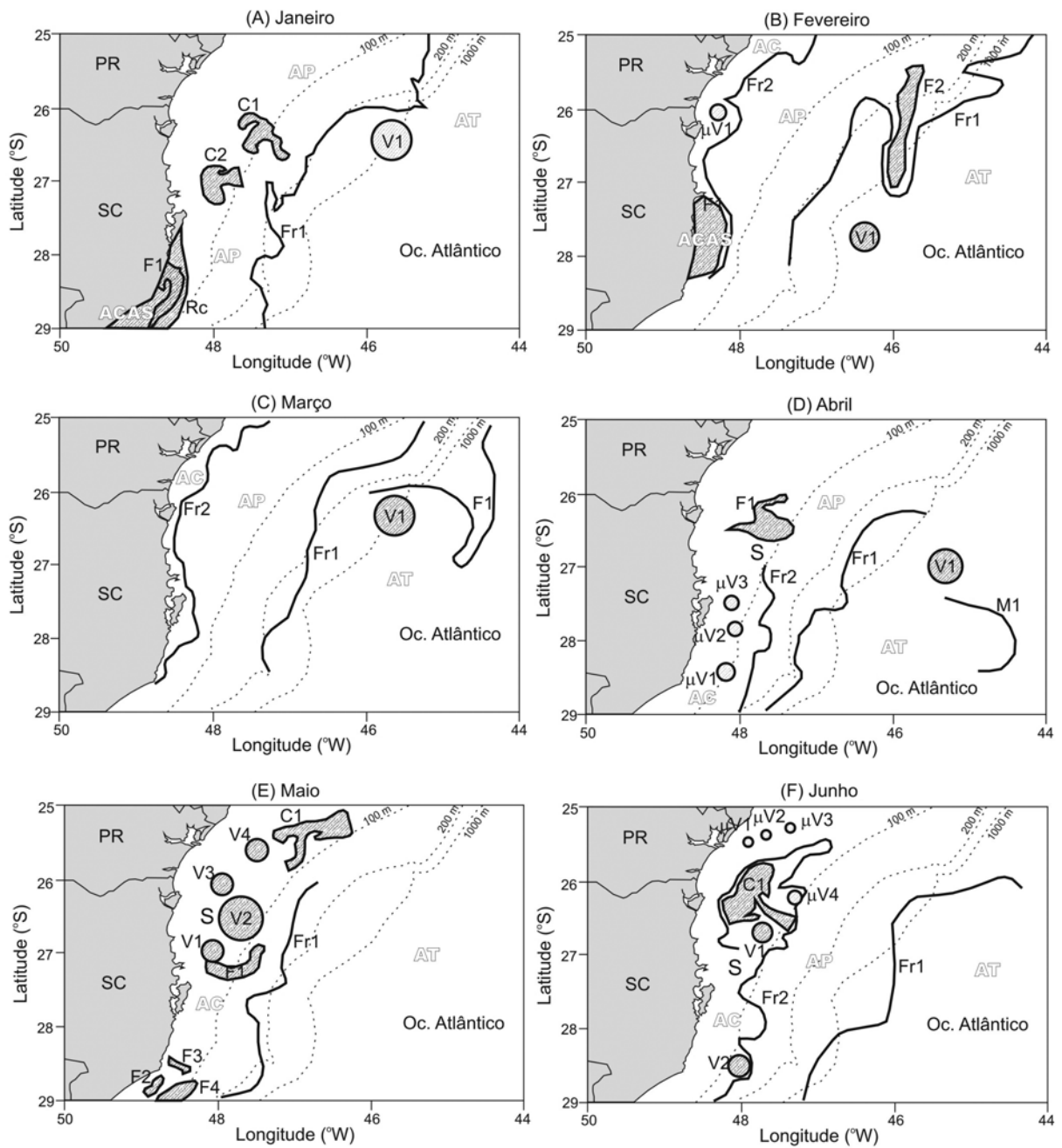
Três vórtices e uma feição do tipo cogumelo são identificados na porção terminal da CCC, ao norte. Os três vórtices são anticiclônicos, o primeiro deles localizado nas coordenadas 26,9°S e 48,13°W, apresentando diâmetro de 45 km (V1, Fig. 2e). Este

vórtice apresentou núcleo com TSM ligeiramente superior em relação às águas circundantes e concentração de clorofila na ordem de 1,3 mg.m<sup>-3</sup>. O segundo vórtice foi centrado em 26°S e 48°W, com diâmetro de 44 km e a 42 km da costa (V2, Fig. 2e). O terceiro vórtice, centrado em 25,6°S e 47,5°W, possui diâmetro de 50 km, distante 56 km da costa (V3, Fig. 2e). Seu núcleo apresenta TSM ligeiramente superior ao da água circundante e CSM da ordem de 0,8 mg.m<sup>-3</sup>. O cogumelo formou-se na posição de 25,2°S e 46,44°W, com comprimento em torno de 72 km, distante cerca de 80 km da costa (C1, Fig. 2e). Este cogumelo, aparentemente em processo de dissipação, corresponde à menor latitude atingida pela CCC nesta imagem.

## Junho

É observado novamente como feição predominante próxima da costa a CCC, com largura de ~15 km na região do Cabo de Santa Marta. Ao norte da Ilha de SC esta massa de água fria apresenta a tendência de afastamento da costa, chegando a distância de 40 km em relação à mesma, e com uma largura de ~17 km e padrão meandrante (S, Fig. 2f). Tanto a TSM quanto a CSM apresentaram acentuados gradientes entre a CCC e as águas de plataforma (Fr1, Fig. 2f). Os gradientes térmicos atingiram até 4°C, e valores de CSM da CCC alcançam concentrações até 10× superiores em relação às águas adjacentes. Os valores de TSM associados à CCC variaram de 16,5°C próximo ao Cabo de Santa Marta a 19,5°C na sua porção setentrional, em 25°S. Valores CSM chegaram a 2,5 mg.m<sup>-3</sup>. As águas da CCC ocuparam praticamente toda plataforma continental interna ao sul da Ilha de SC.

Um vórtice mais evidente, ciclônico, ocorre em 26,67°S e 47,7°W, com 48 km de diâmetro (V1, Fig. 2f). O TSM em seu núcleo é em torno de 20°C, e valores de CSM de 0,7 mg.m<sup>-3</sup>. Três micro-vórtices ciclônicos ocorreram na frente formada entre a CCC e a água de plataforma ( $\mu$ V1,  $\mu$ V2,  $\mu$ V3, Fig. 2f). Estes vórtices apresentaram características semelhantes, com aproximadamente 20 km de diâmetro e núcleo ligeiramente mais quente. Um micro-vórtice anticiclônico foi caracterizado com aproximadamente 27 km de diâmetro, centrado em 26,2°S e 47,3°W, a 130 km em relação à costa ( $\mu$ V4, Fig. 2f). Outro vórtice está localizado na região próxima ao Cabo de Santa Marta, no eixo principal da CCC, com TSM de 17°C no seu núcleo. Esta feição estava sob efeito de uma circulação anticiclônica, centrado em 28,7°S e 48,4°W, com diâmetro aproximado de 45 km, distante cerca de 30 km da costa (V2, Fig. 2f).



**Figura 2** – Representação esquemática das feições oceanográficas caracterizadas para as imagens dos meses de janeiro até junho de 2003. Legenda: AC = Água Costeira; ACAS = Água Central do Atlântico Sul; AP = Água de Plataforma; AT = Água Tropical; C = cogumelo; F = filamento; Fr = frente oceanográfica; M = meandro;  $\mu V$  = micro-vórtice; Rc = ressurgência costeira; S = padrão meandrante; V = vórtice.

**Julho**

Novamente a presença da CCC é a feição mais saliente em toda a área de estudo, e agora ocupando uma maior área, chegando até 80 a 100 km da costa. A TSM desta massa de água é da ordem de 17,5°C, próximo do Cabo de Santa Marta, e 20°C na altura

da Baía de Paranaguá. Fortes gradientes são observados entre a CCC e as águas circundantes (Fr1, Fig. 3a). Os gradientes térmicos chegam a 4°C e concentrações de clorofila, e os valores de CSM na CCC chegam a ser 6x superiores em relação às águas adjacentes.

Dois vórtices associados à penetração da CCC foram caracterizados. O primeiro vórtice ciclônico está localizado ao sul da Ilha de Santa Catarina, em 27,8°S e 47,97°W, distante 38 km da costa (V1, Fig. 3a). Este vórtice apresenta diâmetro de 41 km, e valores de TSM e CSM no núcleo de 19,5°C e 0,4 mg.m<sup>-3</sup>, respectivamente. O segundo vórtice anticiclônico apresenta diâmetro de 46 km, localizado em 26,5°S e 48°W, na altura de São Francisco do Sul, distante 32 km da costa (V2, Fig. 3a).

Na porção setentrional da CCC ocorrem duas feições do tipo cogumelo. O primeiro cogumelo ocorre em 26,2°S e 46,8°W, distante 110 km da costa, com CSM de 1,5 mg.m<sup>-3</sup> e TSM em torno de 19°C (C1, Fig. 3a). Este cogumelo apresentou seu eixo principal com sentido oposto ao fluxo da CCC, sugerindo uma retroflexão para sudeste, com uma extensão de 42 km. O segundo cogumelo, centrado em 25,5°S e 46,5°W, que correspondeu à menor latitude atingida pela CCC no mês de julho, tem seu eixo principal no sentido NE, com cerca de 63 km de extensão e distante 100 km da costa (C2, Fig. 3a).

Um vórtice ciclônico centrado em 27,8°S e 45,5°W, com 100 km de diâmetro e distante 160 km da costa é observado na frente oceanográfica formada entre a as águas de plataforma e a AT (V3, Fig. 3a). Esta feição apresentou núcleo com CSM de 0,3 mg.m<sup>-3</sup> e TSM em torno de 22°C.

### Agosto

A presença da CCC continua sendo a feição mais marcante na área de estudo, contudo, já ocupa menores porções da plataforma continental, com limite setentrional de 26°S (F1, Fig. 4b). As temperaturas associadas à CCC são similares às observadas em julho, variando entre 16°C, próximo ao Cabo de Santa Marta, e 19,5°C próximo à Baía de Paranaguá. Os valores de CSM continuam elevados, de até 5 mg.m<sup>-3</sup> junto ao Cabo de Santa Marta. São observados dois meandros ao sul da Ilha de SC (M1 e M2 Fig. 3b). O padrão da CCC repete-se, com seu afastamento da costa a partir de Florianópolis, chegando a 50 km ao largo de São Francisco do Sul.

Um vórtice anticiclônico ocorre centrado em 26,7°S e 47,8°W, com diâmetro de 48 km e distante 54 km da costa (V1, Fig. 3b). O núcleo apresentou CSM em torno de 1 mg.m<sup>-3</sup> e TSM de 20°C, ligeiramente maior em relação à região adjacente. A partir da posição deste vórtice para o norte a intrusão da massa fria perde intensidade e os gradientes tornaram-se menores.

### Setembro

A penetração da CCC alcançou a latitude de 26°S. Esta massa de água ocupou praticamente toda a plataforma continental até

a isóbata de 200 m, com a ocorrência de meandros (S, Fig. 3c). Os menores valores de TSM ocorreram entre a Ilha de Santa Catarina e o Cabo de Santa Marta, de 16°C, bem como os maiores valores de CSM, de 3 mg.m<sup>-3</sup>. Próximo do Cabo de Santa Marta a CCC apresenta tendência de afastamento da costa, atingindo 80 km. Na imagem de agosto esta tendência também foi observada, porém ocorrendo mais ao norte. Ao norte da Ilha de SC ocorrem alguns filamentos de menor temperatura ricos em clorofila, indicando a dissipação da CCC (F, Fig. 3c). Três micro-vórtices ciclônicos com aproximadamente 20 km de diâmetro foram observados nesta região ( $\mu$ V1,  $\mu$ V2 e  $\mu$ V3, Fig. 3c). Uma feição do tipo cogumelo ocorre em 26,5°S e 47,3°W, com comprimento de 160 km e orientação na direção nordeste (C1, Fig. 3c). Esta feição localizada a cerca de 110 km da costa apresentou CSM em torno de 2 mg.m<sup>-3</sup>. Um vórtice anticiclônico ocorre centrado em 28,1°S e 47,6°W (V1, Fig. 3c). Este vórtice possui diâmetro de 52 km e a região do núcleo apresentou concentração de clorofila de 0,9 mg.m<sup>-3</sup>.

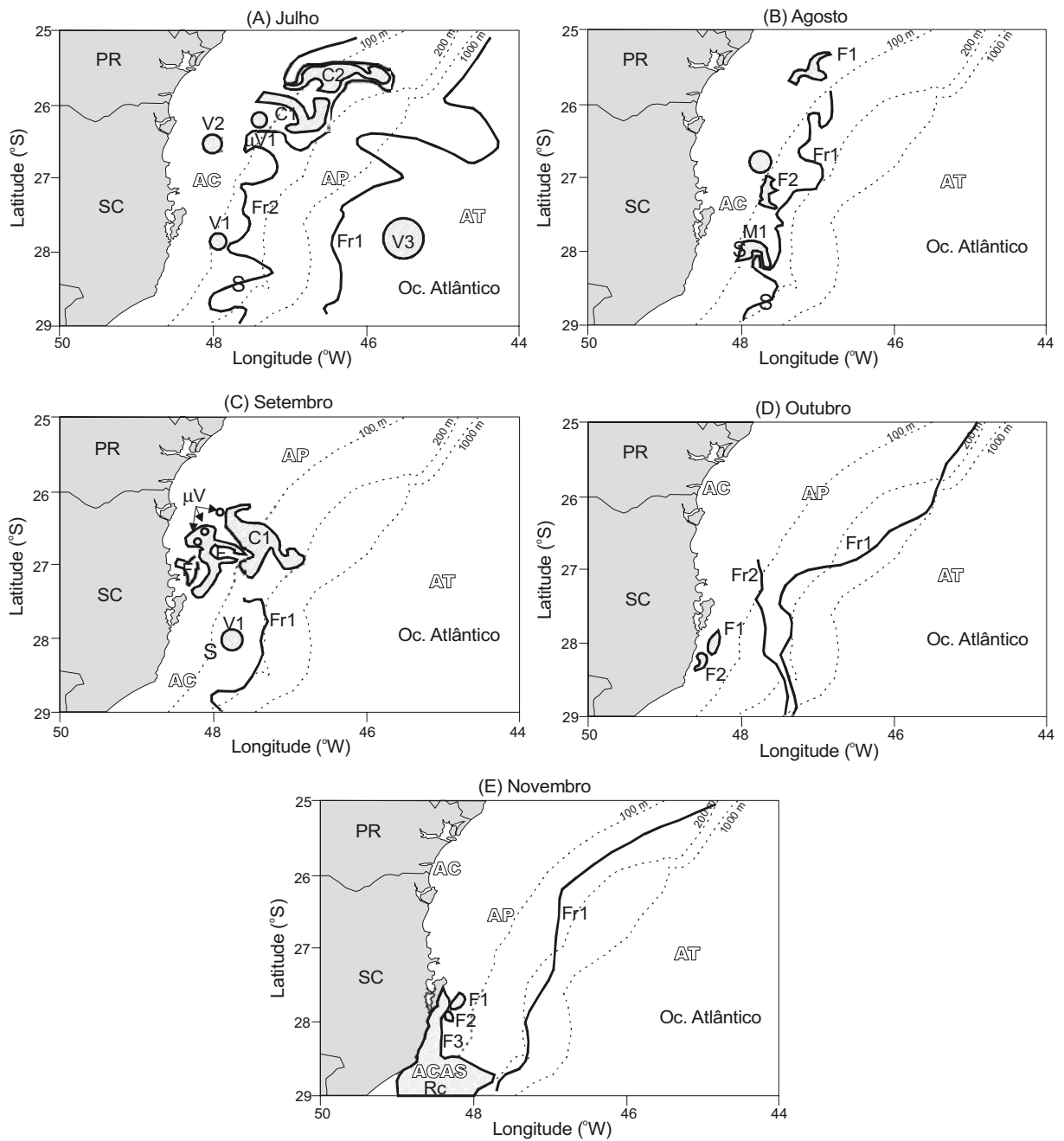
### Outubro

O padrão desta imagem é diferenciado das imagens dos meses anteriores, onde a presença da CCC não é mais tão evidente. Ao longo de toda a plataforma continental é possível perceber que a única região com maiores concentrações de clorofila está próximo da costa e próximo a Ilha de Santa Catarina, com valores de CSM da ordem de 1 mg.m<sup>-3</sup> associadas a AC. Nesta região ocorreram dois pequenos filamentos ricos em clorofila a partir da costa, com aproximadamente 35 km de extensão, e concentração de clorofila de 1 mg.m<sup>-3</sup> (F1 e F2, Fig. 3d). Ao sul da latitude de 27°S ocorreu uma massa de água com menor temperatura sobre a plataforma continental, porém essa corresponde ao filamento terminal da CCC que se encontra mais ao sul da área de estudo. Os gradientes de TSM e CSM em toda a área de estudo foram pequenos, não indicando a presença de feições oceanográficas relevantes.

### Novembro

Em termos gerais as condições observadas em novembro foram similares às observadas em outubro, sem a presença de feições de mesoescala significativas. Os valores de CSM foram da ordem de 0,15 mg.m<sup>-3</sup>, e os gradientes térmicos foram pequenos. Foram observados três pequenos filamentos com maiores valores de CSM na região costeira próxima à Ilha de SC. Estes filamentos apresentaram 20 km de extensão com CSM de 1,4 mg.m<sup>-3</sup> (F1, F2 e F3, Fig. 3e). Embora a presença de águas frias





**Figura 3** – Representação esquemática das feições oceanográficas caracterizadas para as imagens dos meses de julho até novembro de 2003. Legenda: AC = Água Costeira; ACAS = Água Central do Atlântico Sul; AP = Água de Plataforma; AT = Água Tropical; C = cogumelo; F = filamento; Fr = frente oceanográfica; M = meandro;  $\mu V$  = micro-vórtice; Rc = ressurgência costeira; S = padrão meandrante; V = vórtice.

associadas com a CCC não seja mais notada, passa a ser observado o resfriamento da área junto da costa na altura do Cabo de Santa Marta, onde os valores de TSM estão em torno de 16,5°C (Rc, Fig. 3e). Esta massa de água parece estar sendo advectada para leste, caracterizando um processo de divergência costeira.

**DISCUSSÃO**

A interpretação das imagens de TSM e CSM ao longo de 2003 para a área da plataforma continental catarinense permitiu identificar algumas características mais relevantes quanto à variabilidade superficial e sazonal destas propriedades. O padrão geral anual

pode ser resumido como uma condição mais homogênea durante o verão alternando com uma maior riqueza de feições durante o inverno. Contudo, mesmo durante o verão existem alguns padrões observados. O mais importante é o surgimento de um núcleo de águas mais frias entre o Cabo de Santa Marta e a Ilha de SC, localizado junto à costa. Foram observadas também frentes oceanográficas, sendo uma muito próxima da costa, e outra acompanhando a quebra de plataforma. A primeira certamente está relacionada ao aporte local de uma série de pequenos rios que deságuam ao longo do litoral catarinense, não necessariamente produzindo gradientes térmicos, mas produzindo uma água costeira rica em nutrientes e material orgânico (Schettini et al., 1998, 2005).

A segunda frente oceanográfica é observada pela presença da AT advectada para o sul pela CB e as águas presentes na plataforma continental. O efeito desta advecção é o surgimento de vórtices maiores observados em águas mais profundas e distantes da costa, com pequenos gradientes térmicos entre o núcleo e as águas circundantes. Souza & Robinson (2004) sugerem que o cisalhamento entre os fluxos de direções opostas, entre a CB e a penetração de águas costeiras, induz a formação de vórtices (~100 km de raio) por processos de instabilidade baroclínica. O desprendimento de vórtices frios (ciclônicos), originados de águas costeiras em plataforma para a Corrente do Brasil, é um importante mecanismo para prover nutrientes para as águas tropicais oligotróficas transportadas pela CB.

Durante o inverno ocorre um aumento expressivo nas feições oceanográficas observadas de meso e pequenas escala. Isto se deve ao avanço da frente da pluma do Prata para o norte. Essa frente foi claramente evidenciada nas imagens pelo forte gradiente entre as águas da pluma e as águas da plataforma circundante, tanto termal como de clorofila. Foi possível observar o avanço desta frente a partir de abril, atingindo seu ápice em julho e agosto, e perdendo intensidade até desaparecer em outubro. Durante este período, ocorrem diversos vórtices de pequenas dimensões (~40 km) mais próximos da costa, e feições em forma de cogumelo. Ambos os processos denotam um forte cisalhamento entre o deslocamento da frente com a água da plataforma circundante, mais quente e menos rica em clorofila. A Figura 4 apresenta as imagens para janeiro e junho de 2005, para distribuição de CSM e TSM a título de exemplo de condições típicas de verão e inverno.

A ressurgência costeira na região do Cabo de Santa Marta é um fenômeno conhecido, porém ainda pouco estudado em comparação a ressurgência de Cabo Frio no Rio de Janeiro. Referências a este fenômeno já foi feita por Matsuura (1986), e sua

ocorrência é atribuída principalmente ao regime de ventos. Segundo Castro (1996), o sistema de ventos predominantes durante o verão é do quadrante NE-E, que é favorável a penetração da ACAS em subsuperfície e possibilitando a ocorrência de ressurgências costeiras na PCSE. A presença da ACAS em subsuperfície na plataforma catarinense já foi reportada para regiões mais ao norte (Schettini et al., 1998; Carvalho et al., 1998), onde a plataforma é mais extensa. Na região de Santa Marta a plataforma estreita-se, e juntamente com o efeito meteorológico possibilita a presença da ACAS em superfície e sua observação através de sensores remotos. A presença de ACAS em superfície foi bastante notável nas imagens de janeiro, fevereiro e novembro, recordando que não foi analisada nenhuma imagem de dezembro. Esta massa de água fria forma uma pluma que alcançou até a porção norte da Ilha de Santa Catarina. Ao longo de toda esta pluma de água de menor temperatura e maiores concentrações de clorofila, da ordem de  $3 \text{ mg.m}^{-3}$ . Nas águas circundantes os valores de clorofila são normalmente inferiores a  $1 \text{ mg.m}^{-3}$ .

A Contra Corrente Costeira (CCC) é um fenômeno em escala maior do que a ressurgência da Santa Marta, tanto em termos espaciais quanto temporais do ponto de vista de superfície do oceano observável por sensores remotos. Em termos de coluna de água a presença de ACAS na PCSE e a intrusão da frente do Prata são possivelmente fenômenos equiparados. Castro & Miranda (1998) apresentaram evidências históricas deste evento na Plataforma Continental Sudeste e a ocorrência de águas frias e de baixa salinidade que caracteriza a CCC e a distingue da ACAS, já foi reportada para latitudes próximas à cidade do Rio de Janeiro, na latitude  $24^\circ\text{S}$  (Campos et al., 1996).

Segundo Campos et al. (1996), a penetração de águas frias oriundas da região da Confluência Subtropical na plataforma continental brasileira alcança limites setentrionais médios em torno de  $28^\circ\text{S}$ , próximo ao Cabo de Santa Marta. Somente em condições anômalas a CCC alcançaria menores latitudes. Contudo, Souza & Robinson (2004), utilizando imagens termal (TSM) e dados de deslocamento lagrangeano obtidos por derivadores afirmam que a penetração da CCC até as proximidades de  $24^\circ\text{S}$  não se trata de um fenômeno anômalo, e sim um processo que ocorre comumente na costa brasileira durante o inverno. Os resultados de TSM e CSM para 2003 apresentados neste trabalho corroboram a afirmação de Souza & Robinson (2004).

## CONCLUSÕES

Neste trabalho foram identificadas e caracterizadas sazonalmente feições oceanográficas de pequena e mesoescala na Plataforma

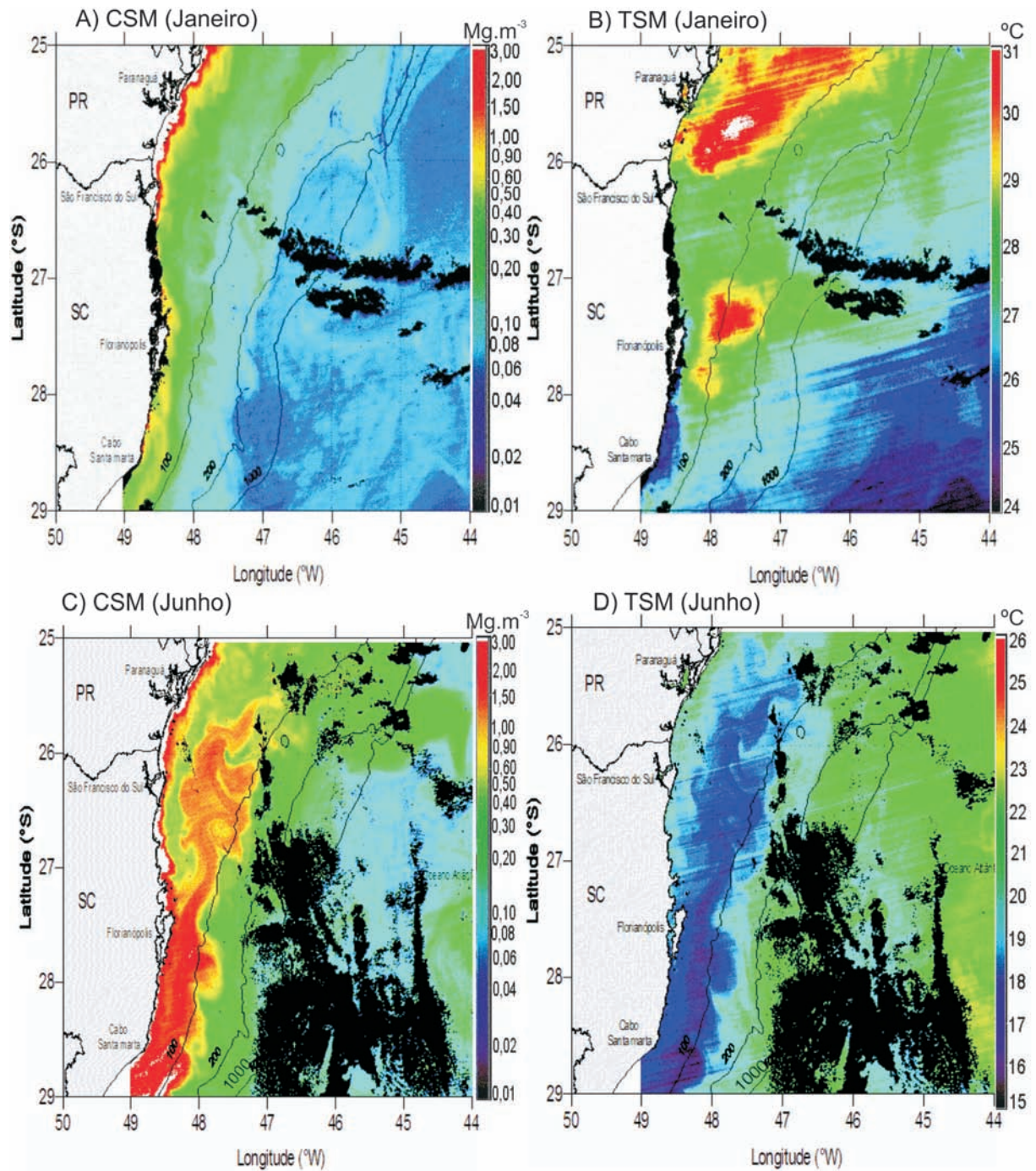


Figura 4 – Imagens de CSM (à direita) e TSM (à esquerda) dos meses de janeiro (em cima) e junho (em baixo) de 2003.

Continental Sudeste, através do uso combinado de imagens de temperatura superficial do mar (TSM) e de clorofila na superfície marinha (CSM), obtidas pelo sensor MODIS. Este sensor mostrou grande potencialidade para monitorar simultaneamente os campos bidimensionais de temperatura e concentração de clorofila na superfície marinha em condições de baixa nebulosidade. Esta

metodologia permitiu comparar simultaneamente a variabilidade biológica (pigmentos) e física (termal), facilitando a identificação das áreas de feições oceanográficas.

A utilização de imagens com alta resolução espacial (1 km<sup>2</sup>) e temporal (diária) foi um fator determinante para a identificação e caracterização das feições oceanográficas. A grande maioria das

feições oceanográficas caracterizadas apresentaram extensões compreendidas entre 20-100 km, e mostraram-se extremamente dinâmicas. Caso contrário, se tivessem sido empregadas imagens médias semanais ou mensais, estas feições oceanográficas seriam mascaradas.

A maior limitação encontrada foi a constante presença de nuvens sobre a área de estudo, o que inviabiliza a obtenção de imagens consecutivas com boa qualidade. Assim como a escassa bibliografia disponível, especificamente sobre os processos de formação e caracterização de feições oceanográficas de pequena e mesoescala.

## AGRADECIMENTOS

Claudia Y. Omachi agradece a bolsa de pós-doutorado do CNPq (150028/2004-0). Os autores agradecem os valiosos comentários dos revisores anônimos. Bolsa PQ CNPq – 306217/2007-4.

## REFERÊNCIAS

- ACHA EM, MIANZAN HW, GUERRERO RA, FAVERO M & BAVA J. 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America: Physical and ecological processes. *Journal of Marine Systems*, 44: 83–105.
- ANDRADE HA. 1996. Distribuição, abundância relativa e migração do *Katsuwonus pelamis* (Scombridae) em relação à temperatura superficial do mar e a dinâmica oceanográfica na costa Sudeste-Sul do Brasil. Rio Grande. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica). Universidade do Rio Grande, RS. 148 pp.
- CAMPOS EJD, IKEDA Y, CASTRO BM, GAETA SA, LORENZETTI JA & STEVENSON MR. 1996. Experiment studies circulation in the Western South Atlantic. *EOS Transactions Am. Geophys. Union*, 77(27): 253–259.
- CASTRO BM. 1990. Estado Atual do Conhecimento dos Processos Físicos das águas da Plataforma Continental do Brasil. In: II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Estrutura, Função e Manejo. Águas de Lindóia, São Paulo, 1: 1–19.
- CASTRO BM. 1996. Correntes e massas de água da plataforma continental norte de São Paulo. São Paulo, Tese (Livre Docência) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 245 pp.
- CASTRO BM & MIRANDA LB. 1998. Physical oceanography of the Western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S, coastal segment (4,W). In: ROBINSON AR & BRINK KH. *The Sea*. 209–251.
- CARVALHO JLB, SCHETTINI CAF & RIBAS TM. 1998. Estrutura termohalina do litoral centro-norte catarinense. *Notas Técnicas da Facimar*, 2: 181–197.
- EMILSON I. 1961. The shelf and coastal waters off Southern Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico. São Paulo*, 17(2): 101–112.
- FOURNIER RO, VAN DET M, WILSON JS & HARGREAVES NB. 1979. Influence of the shelf-break front off Nova Scotia on phytoplankton standing stock in winter. *J. Fish Res. Board Canada*, 36: 1228–1237.
- GARFIELD N. 1990. The Brazil current at subtropical latitudes. Dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy in oceanography. University of Rhode Island-USA. 122 pp.
- KAMPEL M, GAETA SA, LORENZETTI JA & POMPEU M. 2005. Estimativa por satélite da concentração de clorofila a superficial na costa sudeste brasileira, região oeste do Atlântico Sul: Comparação dos algoritmos SeaWiFS. *Anais XII SBSR, Goiânia, Brasil*. 3633–3641.
- LEGECKIS R & GORDON AL. 1982. Satellite observations of the Brazil and Falkland currents – 1975 to 1976 and 1978. *Deep-Sea Research*, 29: 375–401.
- LENTINI CAD. 1997. Estudo das variabilidades da temperatura da superfície do mar na plataforma sudoeste da América do Sul. São Paulo: Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física) – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 133 pp.
- LENTINI CAD, OLSON DB & PODESTÁ G. 2002. Statistics of Brazil Current rings observed from AVHRR: 1993 to 1998, *Geophysical Research Letters*, 29(16): 58-1:58-4.
- LENTINI CAD, GONI GJ & OLSON DB. 2006. Investigation of Brazil Current rings in the confluence region. *Journal of Geophysical Research*. 111, C06013, doi:10.1029/2005JC002988.
- MATSUURA Y. 1986. Contribuição ao Estudo sobre Estrutura Oceanográfica da Região Sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). *Ciência e Cultura*, 38(8): 1439–1450.
- MIRANDA LB. 1982. Análise de massa de água de plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) à Ilha de São Sebastião (SP). São Paulo. Tese (Livre Docência) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 194 pp.
- OLSON DB. 1991. Rings in the ocean. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 19: 283–311.
- OLSON DB, PODESTÁ G, EVANS RH & BROWN OB. 1998. Temporal variations in the separation of Brazil and Malvinas Currents. *Deep-Sea Res.*, 35(12): 1971–1990.
- PIOLA AR, CAMPOS EJD, MÖLLER Jr OO, CHARO M & MARTINEZ C. 2000. Subtropical shelf front off eastern South America. *Journal of Geophysical Research*. 105(C3): 6565–6578.
- PIOLA AR, MATANO RP, PALMA E, MÖLLER Jr OO & CAMPOS EJD. 2005a. The influence of the Plata river discharge on the western South Atlantic Shelf. *Geophysical Research Letters*, 32: 1–4.

- PIOLA AR, MÖLLER Jr OO & ELBIO DP. 2005b. O impacto do rio da Prata no Oceano Atlântico. *Ciência Hoje*, 36: 30–37.
- REZENDE JHM. 2003. Intrusões da Água Central do Atlântico Sul na Plataforma Continental durante o verão. São Paulo. Tese (Doutorado em Oceanografia Física) – Universidade de São Paulo. 120 pp.
- ROBINSON AR. 1983. *Eddies in Marine Science*. Berlin: Springer-Verlag. 609 pp.
- ROBINSON IS. 1985. *Satellite Oceanography – an introduction for oceanographers and remote-sensing scientists*. Chichester: Ellis Horwood Ltd. 450 pp.
- SARAIVA AMR & MÖLLER Jr O. 1998. Caracterização do processo de ressurgência na região do Cabo de Santa Marta (SC). In: XI Semana Nacional de Oceanografia, Rio Grande. Anais da XI Semana Nacional de Oceanografia, 363–365.
- SCHETTINI CAF, KUROSHIMA KN, PEREIRA FILHO J, RÖRIG LR & RESGALLA Jr C. 1998. Oceanographic and ecological aspects of the Itajaí-Açu river plume during a high discharge period. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70: 325–334.
- SCHETTINI CAF, RESGALLA Jr C, PEREIRA FILHO J, SILVA MAC, TRUCCOLO EC & RÖRIG LR. 2005. Variabilidade temporal das características oceanográficas e ecológicas da região de influência fluvial do rio Itajaí-Açu. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 9(2): 93–102.
- SILVA MP. 1995. Caracterização Físico-Química das Massas de Água da Bacia de Santos durante o Projeto COROAS: Verão e Inverno de 1993. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 135 pp.
- SOUZA RB. 2000. Satellite and Lagrangian observations of mesoscale surface processes in the Southwestern Atlantic Ocean. Dissertação (Doutorado) – University of Southampton, Southampton, UK. 239 pp.
- SOUZA RB & ROBINSON IS. 2004. Lagrangian and satellite observations of the Brazilian Coastal Current. *Continental Shelf Research*, 24: 241–262.
- ZANELLA JFI, GONÇALVES GA & MÖLLER Jr OO. 1998. Análise da variação espaço-temporal das frentes térmicas de quebra de plataforma e feições associadas no Oceano Atlântico Sul-Occidental entre 25°S e 37°S. In: Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, INPE, 861–871.

## NOTAS SOBRE OS AUTORES

**Marçal Duarte Pereira.** Oceanógrafo formado pela Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) em 2006. Atualmente é bolsista de mestrado (CNPq) do curso de Geociências (Geologia Marinha) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atua principalmente nos seguintes temas: oceanografia física costeira e hidrodinâmica de estuários.

**Carlos Augusto França Schettini.** Oceanógrafo formado pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG) em 1991; Mestre em Geociências pela Universidade Federal Fluminense (UFF) em 1994; Doutor em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 2001. Docente pesquisador do Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar da Universidade do Vale do Itajaí (CTTMar/UNIVALI) no período de 1994 a 2009, atuando na graduação em Oceanografia e Engenharia Ambiental, e pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental; Professor colaborador no Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGGEO) da UFRGS desde 2006. Atualmente Professor Adjunto no Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará (LABOMAR/UFC). Áreas de interesse: oceanografia física estuarina e costeira.

**Claudia Yuki Omachi.** Oceanógrafa formada pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG (1996), mestre em Sensoriamento Remoto pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS (1999), doutora em Ciências Marinhas pela Universidade de Plymouth em colaboração com o Plymouth Marine Laboratory, Reino Unido (2003) e com pós-doutorado em florações de algas na Universidade do Vale do Itajaí (2006). Atualmente é bolsista de PRODOC-CAPES (150028/2004-0) no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física da Universidade de São Paulo. Áreas de interesse: oceanografia bio-óptica e biológica.