

UTILIZAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO NO SUPORTE À PESCA ESPORTIVA E INDUSTRIAL NA COSTA BRASILEIRA: SUPERANDO LIMITAÇÕES

MANLIO FERNANDES MANO¹
FERNANDA MARTINS HARGREAVES¹
PEDRO MARQUES SÃO THIAGO¹
GUSTAVO DE ARAÚJO CARVALHO¹

¹OCEANSAT – Tecnologia Espacial para Monitoramento Ambiental S/C Ltda.
Rua 2 s/n, Incubadora de Empresas, sl 15 – Cidade Universitária – Ilha do Fundão – 21945-970
Rio de Janeiro – RJ, Brasil
{manlio, fernanda, pedro.saothiago, gustavo.carvalho}@oceansat.com.br

Abstract. The best points for fishing big pelagics in the Brazilian coast are those where Brazil Current (BC) waters – migration current – are close to waters presenting higher primary productivity – where pelagics' food is concentrated. Since 1996 Oceansat has used only Sea Surface Temperature (SST) information to estimate these fishing points localization. This methodology, however, presented limitations, especially concerning to the BC localization in the northeast coast and to the duration of high primary productivity due to the upwelling process. This work allowed the improvement of the methodology for satellite fishing, through case studies in the Cabo Frio region and in the northeast coast. The combined use of SST and chlorophyll-a concentration information contributed to maximize the productive areas identification and define in a more precise way the BC limits.

Keywords: remote sensing, satellite fishing, AVHRR, MODIS, sst, chlorophyll-a, brazil.

1. Introdução

A Oceansat vem atuando desde janeiro de 1996 na área de pesca por satélite, com resultados bastante positivos. O principal objetivo desta abordagem é potencializar o aumento da captura de peixes de interesse, a partir da localização de áreas que apresentam indicações oceanográficas favoráveis à presença dos cardumes.

Existe, para cada espécie de peixe, uma faixa de temperatura considerada ótima para seu metabolismo. As sardinhas, por exemplo, adaptam-se melhor às águas mais frias, com menos de 23°C; enquanto atuns e afins habitam águas mais aquecidas, tolerando temperaturas acima de 25°C. Assim, a localização de determinada espécie de peixe depende principalmente da temperatura da água do mar (Matsuura, 1997).

Os grandes pelágicos de interesse industrial ou para a pesca esportiva, como albacora, bonito, espadarte, marlim, entre outros, são peixes encontrados principalmente na quebra da plataforma continental, onde se localiza o limite oeste da Corrente do Brasil (CB), que é a principal corrente de migração destes peixes. A CB se caracteriza por altas salinidades e temperaturas e por ser pobre em sais nutrientes. Além disso, a alta profundidade da termoclina ao longo de sua extensão dificulta a presença destes sais na zona eufótica, tornando a produtividade bastante baixa. Revisões bibliográficas sobre as principais características da CB podem ser vistas em Dias-Neto e Mesquita (1998), Matsuura (1995) e Paiva (1997).

Estas migrações normalmente estão associadas à reprodução e à própria sazonalidade das propriedades físicas da água. A área de desova dos atuns e bonitos, por exemplo, é próxima ao Equador. Quando crescem, estes peixes migram em direção ao sul, em busca de alimento. No verão, as águas aquecidas chegam até o Rio grande do Sul, e os peixes migram até a região da convergência subtropical, rica em nutrientes. Já nos meses de Agosto, Setembro e Outubro, tem-se o período considerado de entressafra para a pesca de atuns no litoral sul/sudeste, devido ao recuo das águas quentes.

Considerando todas estas características da oceanografia pesqueira, a Oceansat buscou desenvolver uma metodologia capaz de monitorar, via sensoriamento remoto, as condições de temperatura da superfície do mar (TSM) e a distribuição das áreas de maior concentração de clorofila-a (indicadora de produtividade primária), a fim de mapear as faixas ótimas de temperatura de cada espécie, os limites da CB e as áreas onde há maior disponibilidade de alimentos.

No Brasil, a utilização de dados de satélite aplicados à pesca teve início no final da década de 70, quando foram utilizadas imagens do satélite NOAA-5, no auxílio à determinação de zonas propícias à pesca da sardinha (Maluf, 1978). Um histórico da utilização do sensoriamento remoto na pesca nacional pode ser visto em Silva Junior e Maluf (1993), onde já era apontada a necessidade da combinação de dados de TSM e clorofila-a, para uma maior precisão na localização de cardumes. Estudos recentes de Ciotti e Kampel (2001) mostram a importância da combinação destes parâmetros no estudo de fenômenos físicos e biológicos na costa sul/sudeste brasileira.

2. Área de Estudo

Para este estudo, foram destacadas duas áreas de interesse: região de Cabo Frio e um trecho do litoral do nordeste.

O lado oeste dos oceanos é, de uma forma geral, caracterizado por baixa produtividade primária. Esta condição é desfeita nas regiões de ressurgência costeira, onde as águas frias do fundo afloram, enriquecendo a superfície com sais nutrientes. A principal região de ressurgência costeira do litoral brasileiro é Cabo Frio, o que justifica a importância desta área para um estudo de caso. Além disso, trata-se de uma área com presença semi-permanente de meandros e vórtices ciclônicos, que, muitas vezes, induzem o aparecimento de ressurgências de quebra de plataforma.

As regiões Sudeste e Sul, devido à influência de ressurgências e da Corrente da Malvinas, são as mais ricas em recursos pesqueiros. Considerando o período de 1980 a 1994, Paiva (1997) obteve a seguinte média de participação regional na produção estuarino-marinha nacional: Sudeste – 38,6%; Sul – 34,1%; Norte – 15,6% e Nordeste – 11,7%. A fim de aumentar a produtividade da região Nordeste (extensivo à Norte também), foi testado o emprego de cartas de concentração de clorofila na região entre as latitudes de 8° e 11,5°S. Adicionalmente, a escolha de uma área no nordeste foi motivada pela grande dificuldade em detectar os limites da corrente oceânica a partir de imagens de TSM, uma vez que as características termais do litoral norte e nordeste são bastante homogêneas.

3. Metodologia

Para a área de Cabo Frio, foi feito o acompanhamento da TSM e concentração de clorofila-a ao longo de um evento de ressurgência, durante o período de 12 a 22 de janeiro de 2001. Também foi obtido o campo de vento na região, devido ao seu papel preponderante nos eventos de ressurgência, entre os dias 04 e 22 de janeiro, período este de duração dos ventos do quadrante N-E, favoráveis à ressurgência.

Para a área do Nordeste, foi feita a comparação entre os campos de TSM e concentração de clorofila para os dias 04 e 05/11/2002

A elaboração das cartas de TSM foi feita a partir dos dados do sensor AVHRR (Advanced Very-High Resolution Radiometer), a bordo dos satélites NOAA-12 e 14, recebidos na própria antena HRPT da Oceansat e processados, com 1,5 km de resolução, utilizando os algoritmos NLSST (Non Linear Sea Surface Temperature), para cálculo de TSM.

Os dados de concentração de clorofila-a são do sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), a bordo do satélite Terra. As imagens de concentração de

clorofila são pré-processadas no GFSC/NASA (Goddard Space Flight Center) e disponibilizadas aos usuários no formato HDF, através do DAAC (Distributed Active Archive Center). Para Cabo Frio, foram adquiridas médias diárias, com resolução espacial de 4 km. Para o nordeste, decidiu-se por uma passagem *along-track* com 1 km de resolução. Os valores são derivados do algoritmo semi-analítico do MODIS para obtenção da concentração.

O campo de vento foi monitorado a partir dos dados do Seawinds, escaterômetro de vento a bordo do satélite Quikscat, com resolução de 25 km e acurácia de 2 m/s, nas medições de intensidade, e 20°, na direção. A cada dia, foram processados os dados referentes a uma passagem diurna (entre 08:00 e 10:00 GMT, aproximadamente) e outra noturna (entre 19:30 e 21:30 GMT).

4. Resultados

Os dados do Quikscat indicaram o início dos ventos de NE no dia 05/01, mantendo-se nessa direção até o dia 12/01, com intensidades entre 8 e 12 m/s. A partir do dia 13, até o dia 19/01, os ventos passaram a ser predominantemente de E, com velocidade entre 7 e 11 m/s. No dia 20/01, ocorre uma inversão na direção.

A primeira imagem de TSM sem cobertura significativa de nuvens é das 07:32 GMT, do dia 14/01 (**Figura 1**). Nela, pode-se notar a predominância de núcleos de ressurgência em Vitória e Cabo de São Tomé, com temperatura mínima de 18,5°C, em resposta aos ventos de NE. A ressurgência em Cabo Frio é pouco intensa.

No entanto, as imagens do dia 13 e 14/01 de concentração de clorofila-a (**Figura 1**) já indicam valores elevados (acima de 3 mg/m³) para a região entre a Baía de Guanabara e Ilha Grande.

Na imagem de TSM do dia 15/01, às 07:12 GMT (**Figura 2**), já é possível notar o afloramento da ACAS (Água Central do Atlântico Sul), com temperatura mínima de 18°C, em Cabo Frio, como consequência da maior intensidade dos ventos de E. As águas mais frias ocupam a região entre Cabo de São Tomé e Baía de Guanabara. Entretanto, na imagem de clorofila deste dia (**Figura 2**), observa-se uma alta concentração deste pigmento desde Cabo de São Tomé até Ilhabela.

O dia de máxima ressurgência é o dia 18, quando podem ser observadas, na imagem de TSM das 07:40 GMT (**Figura 3**), temperaturas de 16°C na região de Cabo Frio. Mesmo nesse dia, as águas superficiais mais frias, de até 22°C, chegam, ao máximo, ao largo da Baía de Ilha Grande, enquanto as concentrações de clorofila-a permaneceram altas até latitudes maiores que 24,5°S, como pode ser visto na imagem do dia 19 (**Figura 3**).

Na imagem de TSM do dia 22/01, às 20:01 GMT (**Figura 4**), após a inversão do vento, portanto, observa-se o enfraquecimento do processo de ressurgência em Cabo Frio, onde a temperatura mínima é de 21°C. Pela imagem MODIS (**Figura 4**), no entanto, percebe-se que o litoral sul fluminense e norte paulista ainda apresenta concentrações altas de clorofila, em torno de 2 mg/m³. É válido destacar que, nesta região, as temperaturas já estão bastante elevadas, próximas a 27°C.

A CB pôde ser vista com temperaturas acima de 25,5°C e concentrações de clorofila-a abaixo de 0,075 mg/m³, durante todo o período de análise, sendo possível, inclusive, observar um meandramento ciclônico ao sul de Cabo Frio, advectando águas mais produtivas na direção oceânica.

A utilização de imagens de concentração de clorofila-a é de essencial importância na detecção do limite oeste das correntes oceânicas do litoral norte e nordeste do Brasil (Corrente do Brasil e Corrente Norte do Brasil). A utilização somente de imagens de TSM não permite esta identificação, tendo em vista a pouca variação termal entre as águas costeiras e oceânicas

nessas regiões. Isto pôde ser observado nas imagens do dia 04/11/2002, de clorofila, e 05/11/2002, de TSM (**Figura 5**).

Na imagem de TSM, observa-se, na parte superior da imagem (área sem contaminação atmosférica), águas com temperatura entre 27° e 28°C, em toda a região de interesse, impedindo a distinção entre os diferentes tipos de água. Na imagem de clorofila, entretanto, pode-se perceber com clareza um limite entre águas costeiras, mais produtivas, e oceânicas, com concentrações inferiores a 0,075 mg/m³. Este limite está, muito provavelmente, associado às águas da corrente oceânica.

5. Discussão e Conclusão

Os pontos mais propícios à pesca são aqueles onde há uma maior proximidade entre as águas da CB, onde os grandes peixes pelágicos migram, e as águas que apresentam maior produtividade primária, onde se concentram os peixes dos quais eles se alimentam. A Oceansat, desde 1996 até o presente, utilizou unicamente as informações de TSM, provenientes do sensor AVHRR, para estimar a localização destes pontos de pesca.

Esta metodologia apresenta algumas limitações, além da dependência de condições atmosféricas favoráveis, principalmente no que se refere à localização da CB no litoral nordestino e à duração da alta produtividade decorrente dos processos de ressurgência. Estas limitações aumentavam a incerteza na determinação dos pontos de pesca e restringiam o mercado da Oceansat às empresas e praticantes de pesca esportiva atuantes no litoral sul e sudeste do Brasil apenas.

Este estudo permitiu, portanto, aperfeiçoar a metodologia de pesca por satélite. Foi possível comprovar que o aumento da concentração de clorofila na região de Cabo Frio, indicativo de aumento da produtividade primária, ocorre antes do afloramento das águas frias de fundo na superfície e dura mais do que o período em que a ressurgência pode ser detectada na imagem termal. Além disso, as áreas produtivas ocupam extensões maiores do que aquelas estimadas a partir das imagens de TSM.

Isto ocorre porque o aumento da produtividade é proveniente da chegada da ACAS na zona eufótica, não precisando necessariamente que esta atinja a superfície ou profundidades próximas a ela, quando, então, estaria passível de ser detectada pela imagem de TSM, ou seja, nos eventos de ressurgência, o tempo da ACAS na zona eufótica é evidentemente maior do que na superfície apenas. Adicionalmente, as marés vazantes, que trazem águas continentais aquecidas das Baías de Ilha Grande e de Guanabara, mascaram a assinatura termal da ressurgência. Deve-se ressaltar ainda, que alguns organismos planctônicos necessitam, além dos sais nutrientes, de temperaturas mais elevadas para um aumento de produtividade, o que acontece após o enfraquecimento da ressurgência. Dessa forma, os mapas de clorofila maximizaram a identificação das áreas produtivas.

Em relação à determinação da localização da CB, a utilização combinada de TSM e concentração de clorofila permite uma definição mais precisa dos limites desta corrente, principalmente para regiões ao norte do litoral do Espírito Santo, como pôde ser visto no estudo de caso. Na Baía de Santos, ocorre uma situação semelhante durante o verão, quando se forma um 'bolsão' de águas quentes costeiras, entre Ilhabela e Cabo de Santa Marta, dificultando a localização do limite da CB e justificando, portanto, a aplicação desta metodologia também para o litoral sul.

É necessário ressaltar, entretanto, que as cartas de clorofila não devem substituir as cartas de TSM no uso aplicado à pesca, tendo em vista a importância destas no mapeamento das condições térmicas mais propícias a cada espécie de peixe.

Portanto, as principais limitações da metodologia até então aplicada foram minimizadas e um novo produto voltado à pesca, composto de cartas de TSM e de concentração de clorofila

e mapa com localização dos pontos de pesca, já está sendo fornecido para pescadores que atuam no litoral sul, sudeste e nordeste do Brasil, a fim de testar sua real eficiência no aumento do número de capturas.

Pretende-se, com isso, aumentar a produtividade pesqueira ao longo de toda a extensão das principais correntes migratórias que fluem pela costa brasileira, principalmente nas regiões Nordeste e Norte, diminuindo as perdas com o recuo das águas aquecidas nos meses de inverno.

O emprego desta e outras metodologias semelhantes, contudo, deve sempre estar acompanhado do conhecimento das características biológicas de cada espécie de interesse, afim de respeitar seu período de reprodução e a recuperação dos estoques, promovendo, assim, um aproveitamento sustentável desta atividade, o que é uma preocupação constante da Oceansat.

Referências

- Ciotti, A. M.; Kappel, M. Concurrent observations of ocean color and sea surface temperature between Cabo Frio e Cabo de São Tomé. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., Foz do Iguaçu, abr. 2001. Anais. São José dos Campos: INPE, 2001. Sessão Técnica Oral. p. 785-791. Repositório da URLib: <dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.12.21>
- Dias-Neto, J.; Mesquita, J. X. Potencialidade e exploração dos recursos pesqueiros do Brasil. Ciência e Cultura, São Paulo, 1998. 40 (5): 427-441p.
- Maluf, S. O sensoriamento remoto aplicado a um modelo de carta de pesca. São José dos Campos, out. 1978 (INPE-1379-PRE/176).
- Matsuura, Y. A biologia e oceanografia pesqueira de atuns e afins. Seminário de captura e produtividade do atum no Brasil. Itajaí, 13-16 outubro 1997.
- Matsuura, Y. Exploração pesqueira. In: Os ecossistemas brasileiros e os principais macrovetores de desenvolvimento: subsídios ao planejamento da gestão ambiental. (Ed). Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Brasília, 1995. (4.6): 42-48p.
- Paiva, M. P. Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil. Fortaleza: EUFC. 1997. 287 p.
- Silva Junior, C. L.; Maluf, S. Possibilidades de aplicação do sensor AVHRR/NOAA na pesca brasileira. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, mai. 1993. Anais. INPE, 1993.

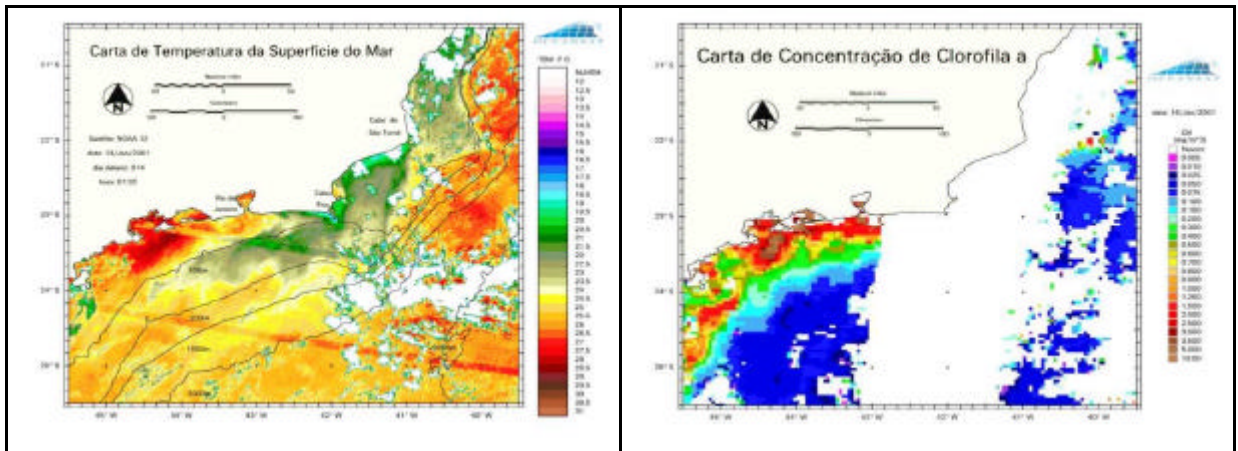


Figura 1: Cartas de TSM (esquerda) e de concentração de clorofila-a (direita) do dia 14/01/2001 para a região de Cabo Frio.

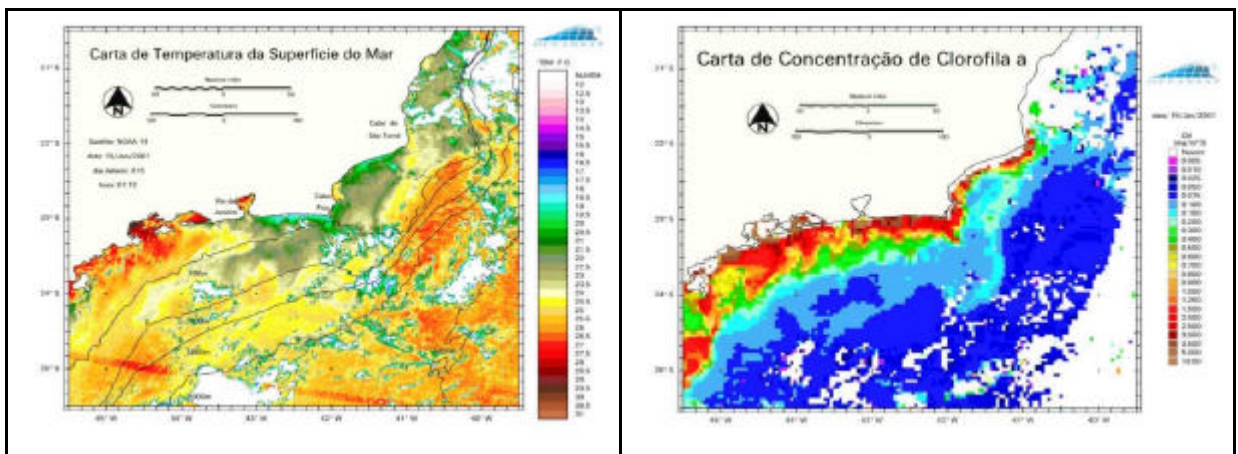


Figura 2: Cartas de TSM (esquerda) e de concentração de clorofila-a (direita) do dia 15/01/2001 para a região de Cabo Frio

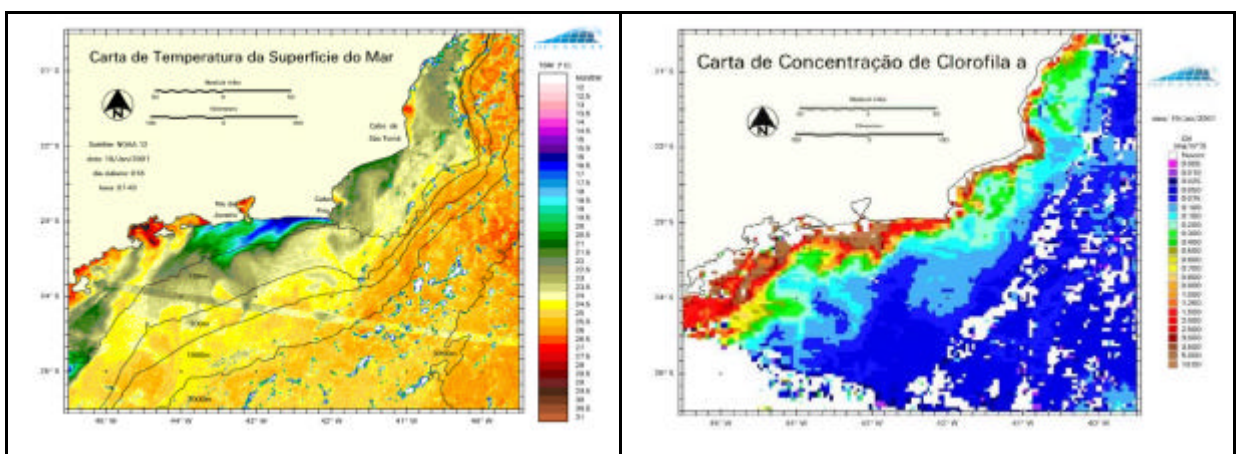


Figura 3: Cartas de TSM do dia 18/01/2001 (esquerda) e de concentração de clorofila-a do dia 19/01/2001 (direita) para a região de Cabo Frio.

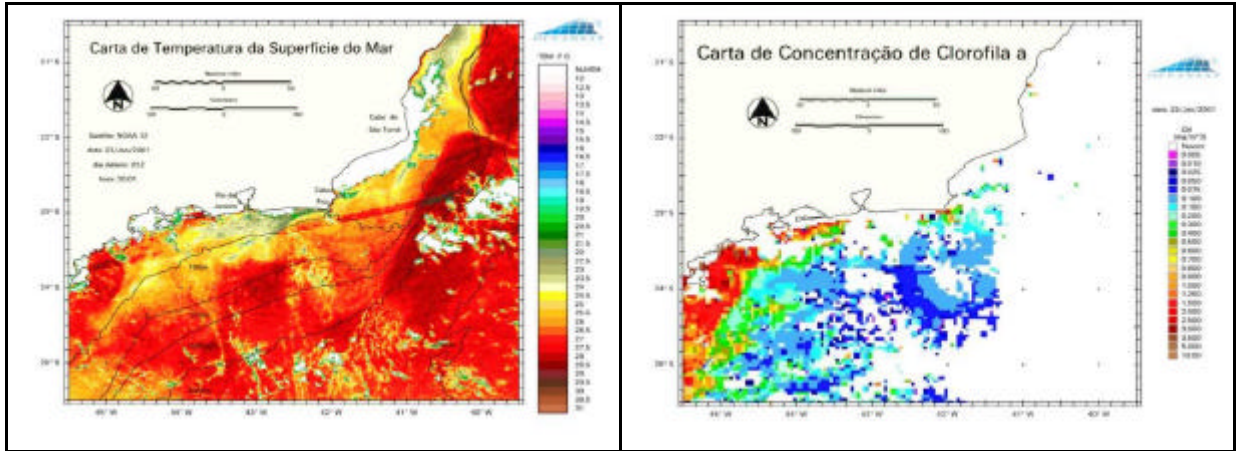


Figura 4: Cartas de TSM (esquerda) e de concentração de clorofila-a (direita) do dia 22/01/2001 para a região de Cabo Frio.

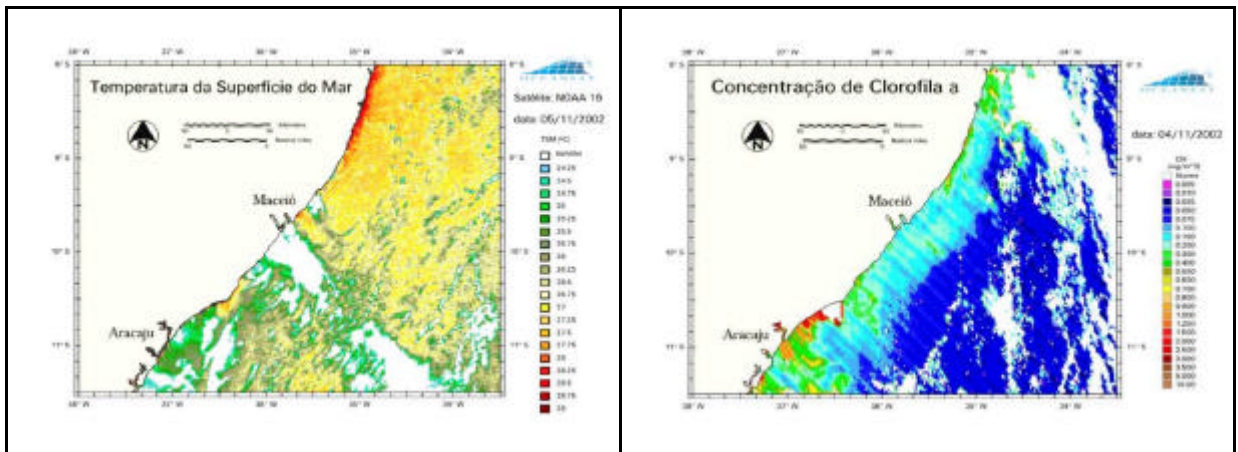


Figura 5: Cartas de TSM do dia 05/11/2002 (esquerda) e de concentração de clorofila-a do dia 04/11/2002 (direita) para um trecho do litoral nordestino.