

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DA REGIÃO DE CABO FRIO ATRAVÉS DO TRATAMENTO AUTOMÁTICO DE IMAGENS DO SATÉLITE NOAA - 7

K. Tanaka e S. Maluf

Instituto de Pesquisas Espaciais

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Caixa Postal 515, 12200 - São José dos Campos, SP. Brasil

RESUMO

Foram obtidas pelo INPE/CNPq, na estação de telemetria, os dados do satélite de órbita polar, NOAA-7 através do radiômetro AVHRR (radiômetro avançado de resolução muito alta), na região do infravermelho termal (10,5-11,5 μ m). Duas passagens, uma diurna (15/07/81, 02:00 hora local), e outra diurna (16/07/81, 14:47 hora local), foram processadas automaticamente através do Sistema Interativo de Tratamento de Imagens Digitais I-100, utilizando programas como "CONTRAST STRETCH", "CLUSTER SYNTHESIS", "SLICER", "GERCOR", obtendo-se mapas temáticos. Como classificação final foram obtidos 14 intervalos de tons de cinza. Nesses intervalos existem algumas características presentes bem definidas, que podem ser relacionadas com padrões de circulação costeira, ressurgência e corrente do Brasil.

ABSTRACT

Data from the AVHRR sensor (Advanced Very High Resolution Radiometer) of NOAA-7 polar orbit satellite were obtained by the INPE/CNPq telemetry station, in the thermal infrared region (10,5-11,5 μ m). Two passages, one the night (July 15, 1981, 02:00 local time) and the other on the day (July 16, 1981, local time), were automatically processed through the Image-100 Interactive Digital Image Processing System. The main programs utilized were "CONTRAST STRETCH", "CLUSTER SYNTHESIS", "SLICER" and "GERCOR", providing thematic maps. As final classification 14 intervals of gray tones were obtained. In these intervals, there exist some well defined characteristics, which can be related with coastal circulation patterns, upwelling and the Brazil current.

1. INTRODUÇÃO

Pesquisas oceanográficas físicas no Brasil datam de 1956, quando a primeira tentativa para descrever a oceanografia regional foi realizada pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP) e pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Ministério da Marinha (MM) (Mascarenhas et alii, 1971).

Para obter um melhor conhecimento das massas d'água e das estruturas mais relevantes de Cabo Frio, combinando-se as técnicas convencionais com as novas técnicas de sensoriamento remoto, foram realizadas várias comissões oceanográficas na área (Almeida and Mascarenhas Jr., 1969; Almeida et alii, 1971; Tseng, 1972; Inostroza et alii, 1976; Tanaka, 1977).

Imagens infravermelhas termais de satélites meteorológicos têm sido utilizados para detectar frentes térmicas do oceano

(Legeckis, 1978), interpretar eventos ou processos oceanográficos (Tabata and Gower, 1980), e acompanhar fenômenos oceanográficos na costa sudeste do Brasil (Almeida and Tanaka, 1981).

Esses estudos têm comprovado que imagens deste tipo podem ser utilizadas na interpretação de fenômenos oceanográficos quando houver um contraste de temperatura significativo, sendo assim possível delinear características da distribuição da temperatura de superfície.

A região de Cabo Frio caracteriza-se por apresentar o fenômeno da *ressurgência* que, juntamente com a água da corrente do Brasil, ocasiona contrastes térmicos capazes de serem detectados por sensores que operam na faixa do infravermelho termal (10,5-12,6 μ m).

O presente trabalho mostra o resultado de estudos das características térmicas da região de Cabo Frio, utilizando técnicas de interpretação automática em imagens noturna e diurna do satélite NOAA-7 (satélite número 7 da

National Oceanic and Atmospheric Administration) dos dias 15 e 16 de julho de 1981, respectivamente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram utilizados os dados do AVHRR (Radiômetro Avançado de Resolução Muito Alta), na região espectral de 10,5 μ m a 11,5 μ m, do satélite de órbita polar NOAA-7, de resolução espacial de 1,1 km e resolução radiométrica de 0,6°.

Esses dados correspondem, respectivamente, a uma imagem noturna do dia 15 de julho de 1981 (02:14 hora local), 40°W - órbita descendente, e a uma imagem diurna do dia 16 de julho de 1981 (14:47 hora local), 49°W - órbita ascendente. Tais imagens foram gravadas em fitas magnéticas e, posteriormente, transferidas para disco magnético no Sistema Interativo de Análise de Imagens Multiespectrais -IMAGE-100.

Para ambas as imagens foi selecionada inicialmente uma área de 512 x 512 "pixels" numa escala aproximada de 1:1.700.000 e, em seguida, uma área de 1370 x 1468 "pixels" numa escala aproximada de 1:4.700.000. Portanto, foram utilizadas as resoluções de 1 x 1 "pixel" para não perder informações dos dados contidos na fita, e as resoluções de 2,6 x 2,8 "pixels" para observar a estrutura térmica em escala sinóptica, o que proporciona informações sobre uma área de 1 x 1 km e 2,6 x 2,8 km, respectivamente.

Posteriormente, foram aplicados os seguintes programas implementados no Sistema I-100, adequados à análise das imagens:

a) "CONTRAST STRETCH" de função linear

Sabe-se que os detetores dos satélites têm uma resposta de temperatura que varia aproximadamente de -90°C a 60°C (para água do mar esse intervalo varia, em média, de 0° a 40°C). Os dados do infravermelho neste intervalo de temperatura apresentam-se em tons de cinza nos filmes fotográficos, que variam de acordo com a temperatura, da seguinte forma: as partes mais frias da cena, tais como águas frias e nuvens, apresentam-se em tons de cinza mais claros (esbranquiçadas), enquanto aquelas mais quentes, tais como terra e águas quentes, aparecem em tons de cinza mais escuros.

O programa "contrast stretch" aumentou o contraste entre os níveis de cinza das imagens dos dias 15 e 16 de julho de 1981, fazendo-as ocupar toda a faixa possível de cinza do vídeo (de 0 a 255). Desta forma, as caracte

rísticas térmicas tornaram-se mais distintas e as imagens adquiriram uma forma mais adequada para análise.

b) "CLUSTER SYNTHESIS"

Esse programa reproduz no vídeo do Sistema I-100 os "pixels" que estão contidos num determinado intervalo de níveis de cinza, ou os "pixels" que possuem o mesmo nível de cinza. Assim sendo, a imagem fica dividida em diferentes intervalos de níveis de cinza.

Tanto a imagem noturna do dia 15 de julho de 1981, como a imagem diurna do dia 16 de julho de 1981 foram classificadas em 16 níveis de cinza, das quais 8 são para águas mais quentes e 8 para águas mais frias.

c) Programa "GREY LEVEL SLICER"

Esse programa divide o histograma de determinada área em diversos intervalos de níveis de cinza e associa a cada um deles uma cor distinta. Para sua complementação foi utilizado também o programa GERCOR, que gera cores padrões a serem utilizadas na imagem. Foram escolhidas as cores de vermelho a amarelo para indicar as águas mais quentes a menos quentes, respectivamente, e as cores de azul a branco para indicar as águas sucessivamente mais frias.

Os programas acima descritos encontram-se em Dutra et alii (1982).

A cada imagem foi sobreposta uma grade para a identificação da posição geográfica da área em estudo. O gradeamento original foi obtido no Departamento de Meteorologia do INPE (DME) e transferido para a escala da imagem através do equipamento "ZOOM TRANSFER SCOPE".

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados que se seguem dizem respeito às características qualitativas da distribuição de temperaturas da superfície do mar, através do tratamento automático de imagens descrito na seção anterior.

A Figura 1 corresponde à imagem original noturna do satélite NOAA-7, do dia 15 de julho de 1981, sem aplicação dos programas implementados no I-100. A Figura 2 mostra a mesma imagem depois de utilizado o programa "CONTRAST STRETCH". Observa-se que as nuvens estão representadas pelos tons mais esbranquiçados da imagem, seguindo-se as águas mais frias e águas quentes, essas últimas representadas pelas áreas mais escuras.



Fig. 1 - Imagem noturna no infravermelho termal do satélite NOAA-7, do dia 15/07/1981.

02:00 hora local, escala aproximada de 1:4.700.000, sem aplicação de programas implementados no I-100.

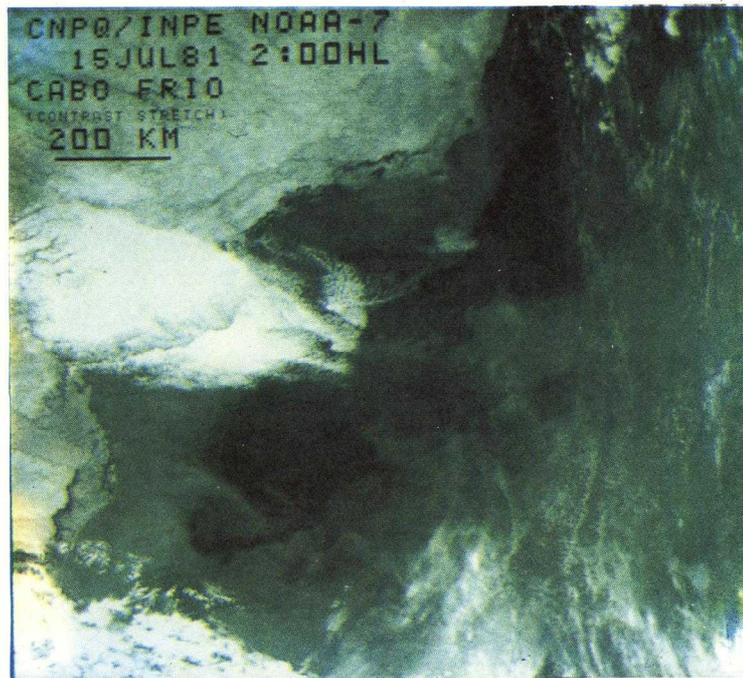


Fig. 2 - Imagem noturna no infravermelho termal do satélite NOAA-7, do dia 15/07/1981.

02:00 hora local, escala aproximada de 1:4.700.000, com a aplicação de programa "CONTRAST STRETCH".

As Figuras 3 e 4 indicam, respectivamente, os mapas temáticos correspondentes à imagem noturna do canal termal do satélite NOAA-7, do dia 15 de julho de 1981 e diurna do dia 16 de julho de 1981, onde os "pixels" foram relacionados com as cores geradas no I-100, atra

vês do programa GERCOR. Observa-se nestas imagens as características térmicas onde predominam as águas quentes. Os níveis de cinza variam de 78 a 85 na imagem noturna e de 75 a 82 na imagem diurna (cor azul a amarelo, respectivamente).

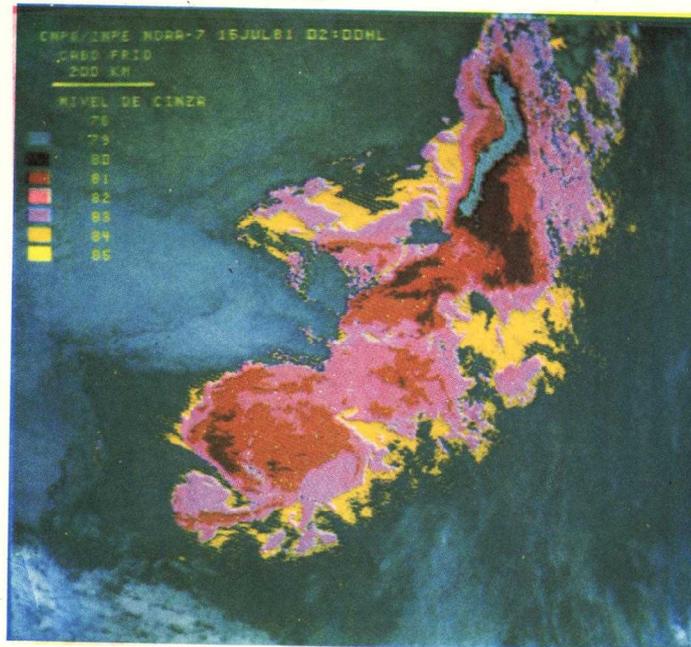


Fig. 3 - Mapa temático do satélite NOAA-7 do dia 15/07/1981, correspondente à imagem noturna no infravermelho termal, indicativo das características térmicas de águas quentes.

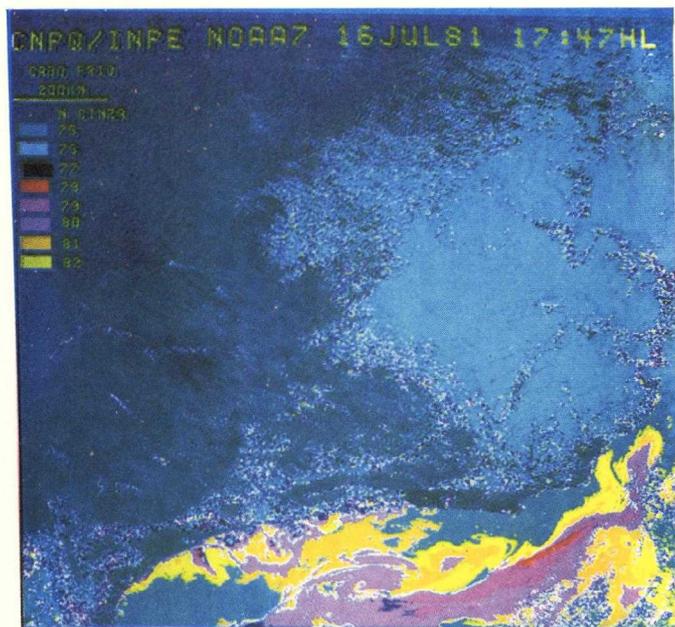


Fig. 4 - Mapa temático do satélite NOAA-7 do dia 16/07/1981, correspondente à imagem diurna no infravermelho termal, indicativo das características térmicas de águas quentes.

Na imagem correspondente à Figura 4 pode-se observar uma intrusão do ramo de águas mais quentes (níveis 79 e 80, cor rosa) nas águas frias, em direção a Cabo Frio (2500°S e 4500°W), formando um vórtice aproximadamente a 184 km ao sul da Baía de Sepetiba. Observam-se também águas costeiras com as mesmas características térmicas do vórtice, próximo a Baía de Sepetiba e Ilha Grande. Essas águas possivelmente correspondem as águas dos rios que desembocam nessa área. Devido à cobertura parcial de nuvens nessa mesma região, não se podem observar essas características na imagem correspondente à Figura 3.

Verifica-se nessas imagens a presença de meandros (movimentos sinuosos) de águas quentes, representados pela cor azul (imagem noturna) e vermelha (imagem diurna), na altura do talude.

Um núcleo de águas quentes (cor azul na imagem noturna e vermelha na imagem diurna) concentra-se aproximadamente a 106 km e 93 km, respectivamente, a E/SE de Cabo Frio. Essas águas podem ser identificadas como águas da corrente do Brasil. Mascarenhas et alii (1979), nas análises dos dados do cruzeiro oceanográfico de maio de 1969, mostram que a Corrente do Brasil é caracterizada como uma faixa de água salina, com temperaturas e salinidades mais altas do que 25°C e 36,90‰, respectivamente. Geralmente as águas da Corrente do Brasil podem ser descritas no Grupo de Águas de superfície Oceânica Tropical, com diferentes características (22°C - 25°C e 36,00‰ - 37,00‰).

Signorini (1976), ao estudar a variabilidade da Corrente do Brasil entre Cabo de São Tomé e Baía da Guanabara, em julho de 1973, observou que o limite ocidental da Corrente do Brasil torna-se notável através de fortes gradientes de temperaturas e salinidade. Dentro desta região, a temperatura variou de 24°C a 25,5° e salinidade de 36,00‰ a 36,90‰, respectivamente.

As Figuras 5 e 6 indicam os mapas temáticos correspondentes às imagens noturnas e diurnas, no canal termal, do satélite NOAA-7, dos dias 15 e 16 de julho, respectivamente, obtidos através do programa GERCOR. Observam-se nestas imagens as características térmicas onde predominam as águas frias.

A área mais fria (nível 90, cor branca) é encontrada na região costeira a oeste de Cabo Frio, e propaga-se até a Baía de Sepetiba na direção W/SW, com o aumento gradativo da temperatura (até o nível 83, cor verde) (Figura 6). Na Figura 5 observam-se menos detalhes pois no limite da terra com as águas as temperaturas se confundem, por ser a imagem noturna

A presença dessa água fria na superfície pode provavelmente ser explicada pelos movimentos ascendentes (ressurgência) que normalmente ocorrem nessa região, causados pelos ventos fortes do primeiro quadrante.

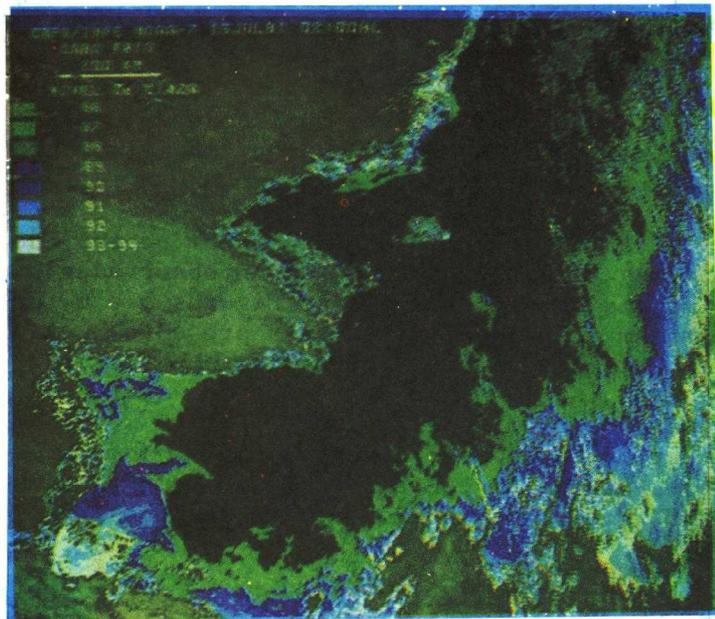


Fig. 5 - Mapa temático do satélite NOAA - 7 do dia 15 de julho de 1981, correspondente à imagem noturna no infravermelho termal, indicativo das características térmicas de águas frias.

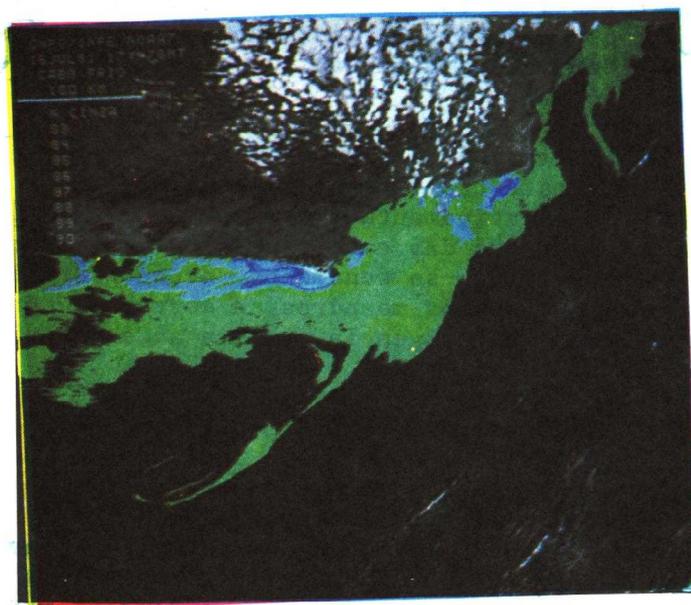


Fig. 6 - Mapa temático do satélite NOAA - 7 do dia 16 de julho de 1981, correspondente à imagem diurna no infravermelho termal, indicativo das características térmicas de águas frias.

Segundo Mascarenhas et alii (1979), "os ventos que variam de NNE a ENE foram os mais efetivos em produzir correntes superficiais divergentes da Costa", na região de Cabo Frio. Tanto na operação CABO FRIO I como na SEREMAR III e IV, a ressurgência ocorreu com ventos de NE a ENE com mais de 18 nós de intensidade (Tanaka, 1977).

Os níveis de cinza abaixo de 78 e 75 não mostram detalhes sobre a água, mas sim sobre a terra, onde predominam temperaturas maiores.

Características térmicas com centro de baixas temperaturas puderam ser observadas nas imagens correspondentes às Figuras 5 e 6, na imagem diurna constatou-se a presença da área maior desse centro. Rodrigues (1977) observou que, durante a fase de deriva do cruzeiro oceanográfico "Operação CABO FRIO I", com o seguimento de um flutuante, confirmou-se a presença de um centro de baixa temperatura, aproximadamente a 12mn a oeste de Cabo Frio.

4. CONCLUSÕES

Com o aperfeiçoamento da aplicação das técnicas de sensoriamento remoto ao levantamento de recursos naturais e com a evolução dos métodos de tratamento automático dos dados por elas obtidos, tem-se atualmente a possibilidade de efetuar observações e estudos da região de Cabo Frio numa área relativamente grande, o que permite a delimitação de características térmicas detalhadas das distribuições de níveis de cinza correspondentes às características térmicas de superfície da água do mar.

Utilizando-se a metodologia descrita no início deste trabalho, foi possível delimitar, qualitativamente 14 classes de níveis de cinza. Dentro das características assim obtidas, observaram-se fenômenos oceanográficos associados com os meandros da corrente do Brasil, com a ressurgência próxima a Cabo Frio e com vórtices.

Ainda que a ocorrência de nuvens na área em estudo seja frequente ao longo do ano, as informações obtidas através do tratamento automático de imagens infravermelhas termais têm auxiliado o entendimento dos fenômenos oceanográficos acima descritos. Ao lado desses, existem aqueles ligados à identificação de áreas favoráveis à captura de peixes pelágicos, importantes à economia e alimentação, tais como a sardinha, atum e bonito listrado.

Contudo, para um conhecimento mais detalhado desses fenômenos, existe a necessidade de estudos mais específicos, que envolvam maior quantidade de parâmetros oceanográficos, imagens de satélites (principalmente com

correção geométrica e radiométrica) e dados quantitativos dos satélites, sempre que possível correlacionadas com dados "in situ".

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E.G.; MASCARENHAS JR, A.S. *Test site 805 - Cabo Frio, oceanography and hidrography, CNAE/DHN/IOUSEP. Programa cooperativo em remote sensing between NASA and CNAE.* São José dos Campos, CNAE, July 1969 (lafe 270).
- ALMEIDA, E.G.; MASCARENHAS JR, A.S.; Tked, Y. *Preliminary results and analysis of the mission SEREMAR II.* São José dos Campos, INPE, Dec. 1971. (Report 14/ONU/INPE, Project SERE).
- ALMEIDA, E.G.; TANAKA, K. *Acompanhamento de fenômenos oceanográficos da costa sul do Brasil por sensoriamento remoto à distância orbital.* São José dos Campos, INPE, jan. 1981. (INPE-1975-RPE/280).
- DUTRA, L.V.; MOREIRA, J.C.; Ii, F.A.M. *Manual de usuários dos sistemas de tratamento de imagens digitais.* São José dos Campos, INPE. No prelo.
- INOSTROZA V., H.M.; ALMEIDA, E.G.; MASCARENHAS JR., A.S. *Expedição oceanográfica SEREMAR IV.* São José dos Campos, INPE, fev. 1976. (INPE-825-NTE/049).
- LEGECKIS, R. A survey of worldwide sea surface temperature fronts detected by environmental satellites. *Journal of Geophysical Research*, 83(c 9): 4501-4522, Sept. 1978.
- MASCARENHAS JR., A.S.; MIRANDA, L.B. de, ROCK, N.J. A study of the oceanographic conditions in the region of Cabo Frio. In: Costlow Jr., J.D., ed, *Fertility of the sea.* New York, Gordon & Breack, 1971. v.1, p. 285-308.
- RODRIGUES, R.R. *Evolução da massa d'água durante a ressurgência em Cabo Frio.* Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas da Marinha, 1977.
- SIGNORINI, S.R. Contribuição ao estudo da circulação e do transporte de volume da corrente do Brasil entre o Cabo de São Tomé e a Baía da Guanabara. *Boletim Instituto Oceanográfico*, (25):157-220. Publicação nº380 do Instituto Oceanográfico da USP, 1976.
- TABATA, S.; GOWER, J.F.R. A comparison of ship and satellite measurements of sea surface temperatures of the Pacific Coast of Canada. *Journal of Geophysical Research*, 85(c 11): 6636-6648, nov. 1980.
- TANAKA, K. Simulação da ressurgência comparada com dados oceanográficos e de sensores remotos em Cabo Frio. *Anais Hidrográficos*, 34:168-246, 1977.

TSENG, Y.C. *Preliminary results and analysis*
of the mission SEREMAR III. São José dos
Campos, INPE, 1972.

