

OCEANOGRAFIA POR SATÉLITES

Ronald Buss de Souza
organizador

| | |
|--|-----------|
| APRESENTAÇÃO | 11 |
| INTRODUÇÃO À OCEANOGRAFIA POR SATÉLITES | 15 |
| <i>Ronald B. de Souza</i> | |
| A oceanografia por satélites <i>versus</i> a oceanografia convencional | 16 |
| Aplicações da oceanografia por satélites | 18 |
| 1 ASSIMILAÇÃO DE DADOS DE VENTO SOBRE A SUPERFÍCIE DOS OCEANOS EM MODELOS DE CIRCULAÇÃO | 21 |
| <i>José Luiz Stech</i> | |
| 1.1 Séries temporais de dados de vento de estações costeiras | 22 |
| 1.2 Estimativa do cisalhamento do vento | 22 |
| 1.3 Esquema de interpolação de dados de cisalhamento do vento | 23 |
| 1.4 Dados de vento na costa Sudeste/Sul do Brasil | 25 |
| 1.5 Simulando um campo teórico do vento | 26 |
| 1.6 Campo de vento coletado por satélite | 28 |
| 1.7 Estimativa do vento por meio do satélite ERS | 29 |
| 1.8 Dados de reanálises | 32 |
| 1.9 Conclusões | 33 |
| 2 UTILIZAÇÃO DE DADOS DE ALTÍMETRO EM OCEANOGRAFIA | 35 |
| <i>Paulo Simionatto Polito</i> | |
| 2.1 Perspectiva histórica | 35 |
| 2.2 Funcionamento de um altímetro | 36 |
| 2.3 Aplicações oceanográficas | 40 |
| 2.4 Tratamento prático dos dados | 43 |
| 2.5 Análise da variabilidade dos dados altimétricos | 48 |
| 2.6 Comentários finais | 53 |
| 3 CIRCULAÇÃO OCEÂNICA: MONITORAMENTO POR MEIO DE ALTIMETRIA MULTI-SATÉLITE | 55 |
| <i>Márcio L. Vianna e Viviane V. de Menezes</i> | |
| 3.1 É viável estimar a circulação oceânica com base na altimetria? | 57 |
| 3.2 Monitoramento operacional da circulação oceânica: exemplo real | 62 |
| 3.3 Conclusões | 66 |
| 4 VELOCIDADES DE CORRENTE COM BASE EM IMAGENS DE SATÉLITE | 68 |
| <i>Eduardo N. de Oliveira, Cátia M. Domingues e Renato D. Ghisolfi</i> | |
| 4.1 Histórico e perspectiva | 69 |
| 4.2 Conceito e formulação matemática | 70 |
| 4.3 Fatores que afetam a estimativa da velocidade advectiva com o uso do MCC | 73 |
| 4.4 Otimização dos diagnósticos | 78 |
| 4.5 Modificações | 83 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 5 | MEDIÇÕES DO ESPECTRO DIRECIONAL DE ONDAS GERADAS PELO VENTO EM IMAGENS DO RADAR DE ABERTURA SINTÉTICA ERS-1 SAR | 86 |
| | <i>Nelson V. Carvalho e Adriane V. C. Ramos</i> | |
| 5.1 | Mecanismos de imageamento de ondas superficiais de gravidade usando SAR | 90 |
| 5.2 | O esquema de extração MPI | 95 |
| 5.3 | Considerações finais | 98 |
| 6 | CORRENTES OCEÂNICAS DE SUPERFÍCIE MEDIDAS POR MEIO DE BÓIAS DE DERIVA RASTREADAS POR SATÉLITE | 101 |
| | <i>Arcilan T. Assireu, Ronald B. de Souza e João A. Lorenzzetti</i> | |
| 6.1 | A estrutura de uma bóia de deriva | 103 |
| 6.2 | Medidas de corrente com base nos derivadores | 105 |
| 6.3 | Conclusões | 113 |
| 7 | ESTIMATIVAS DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR ATRAVÉS DO SENSORIAMENTO REMOTO NO INFRAVERMELHO | 115 |
| | <i>Ronald B. de Souza, João A. Lorenzzetti e Eduardo V. D. Lucca</i> | |
| 7.1 | Observando os oceanos do espaço | 115 |
| 7.2 | A importância da medida de TSM | 117 |
| 7.3 | Principais sensores orbitais que operam no infravermelho | 118 |
| 7.4 | Estimativas de TSM por meio de medidas no infravermelho termal | 123 |
| 7.5 | Algumas aplicações dos dados de TSM obtidos por satélites na costa do Brasil | 126 |
| 7.6 | Conclusões | 129 |
| 8 | O USO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR EM ESTUDOS CLIMÁTICOS | 131 |
| | <i>Luciano P. Pezzi e Everaldo B. Souza</i> | |
| 8.1 | Previsão numérica de tempo e clima | 132 |
| 8.2 | A precipitação climatológica na América do Sul | 135 |
| 8.3 | Exemplo de aplicações de TSM em estudo climático com uso de MCGA | 138 |
| 8.4 | Modelos estatísticos de previsão climática | 139 |
| 8.5 | Uso da TSM em estudos climáticos: análises observacionais | 140 |
| 8.6 | Comentários finais | 149 |
| 9 | NOVOS CONCEITOS NA DEFINIÇÃO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR | 150 |
| | <i>Marcelo S. Dourado e Antonio C. V. Caltabiano</i> | |
| 9.1 | A camada de pele | 153 |
| 9.2 | Modelos atuais para determinação de ΔT | 155 |
| 9.3 | Aplicação ao experimento PIRATA | 162 |
| 9.4 | Considerações Finais | 163 |

| | |
|--|--|
| 10 FLUXO DE CALOR OCEÂNICO MEDIDO POR SATÉLITES | 165 |
| | <i>Olga T. Sato</i> |
| 10.1 Fluxo de calor pelos oceanos | 166 |
| 10.2 Considerações finais | 184 |
| 11 EDDIES E VÓRTICES DE MESOESCALA NO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE MEDIDOS POR SATÉLITES | 185 |
| | <i>Carlos A. D. Lentini e Ronald B. de Souza</i> |
| 11.1 O oceano Atlântico Sudoeste | 185 |
| 11.2 O que são <i>eddies</i> ? | 188 |
| 11.3 Um pouco de história | 189 |
| 11.4 A importância dos <i>eddies</i> e dos vórtices | 190 |
| 11.5 Formação dos anéis | 192 |
| 11.6 <i>Eddies</i> e vórtices no oceano Atlântico Sudoeste | 192 |
| 11.7 Conclusão | 197 |
| 12 O SENSORIAMENTO REMOTO DA COR DA ÁGUA | 199 |
| | <i>Milton Kampel e Evelyn M. L. M. Novo</i> |
| 12.1 Bases físicas e biológicas | 200 |
| 12.2 Sensores orbitais para monitoramento da cor da água | 209 |
| 12.3 Aplicações | 210 |
| 12.4 Considerações finais | 217 |
| 13 OBSERVAÇÃO DE ONDAS DE MARÉ INTERNA EM IMAGENS DE SATÉLITE DE COR DO OCEANO | 219 |
| | <i>José C. P. B. T. Silva, Adrian New, Meric Srokosz</i> |
| 13.1 Imagens SAR e SeaWiFS | 221 |
| 13.2 Um modelo simples | 224 |
| 14 FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES DE DADOS BIO-ÓPTICOS EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA | 229 |
| | <i>Áurea Maria Ciotti</i> |
| 14.1 Da cor para a clorofila | 230 |
| 14.2 Variações na biomassa do fitoplâncton no tempo e espaço | 231 |
| 14.3 A estrutura das cadeias tróficas como resposta ao ambiente | 237 |
| 14.4 Relações quantitativas entre a cor da água do mar e as propriedades ópticas dos seus constituintes opticamente ativos | 239 |
| 14.5 Além da clorofila- <i>a</i> : como retirar informações complementares | 241 |
| 14.6 Conclusões | 243 |
| 15 DETECÇÃO DE HIDROCARBONETOS NA SUPERFÍCIE DO MAR POR SENSORIAMENTO REMOTO | 245 |
| | <i>Luciana S. Soler e Carlos H. Beisl</i> |
| 15.1 Mecanismos de detecção de hidrocarbonetos | 246 |
| 15.2 Estimativas de volume de hidrocarbonetos no mar | 257 |
| 15.3 Algoritmos de detecção de hidrocarbonetos no mar | 260 |

| | | |
|---|---|------------|
| ≡ | 16 FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES DE RADAR NO ESTUDO DE ÁREAS ALAGÁVEIS | 264 |
| | <i>Evlyn M. L. M. Novo e Maycira P. F. Costa</i> | |
| | 16.1 Definição e caracterização de áreas alagáveis | 264 |
| | 16.2 Sistemas de aquisição de dados de radar | 265 |
| | 16.3 Interação entre a radiação de microondas e os componentes naturais que caracterizam os ambientes alagáveis | 268 |
| | 16.4 Variáveis do sistema sensor | 269 |
| | 16.5 Variáveis do alvo imageado | 275 |
| | 16.6 Exemplos de aplicações de dados de radar no estudo de áreas alagáveis | 278 |
| | 17 A UTILIZAÇÃO DE IMAGENS ORBITAIS PARA A CONSERVAÇÃO E GESTÃO AMBIENTAL DA ZONA COSTEIRA | 290 |
| | <i>Douglas F. M. Gherardi e Melissa Carvalho</i> | |
| | 17.1 A zona costeira: processos e recursos | 291 |
| | 17.2 Principais sensores remotos utilizados no levantamento de recursos costeiros | 292 |
| | 17.3 Aplicações do sensoriamento remoto no estudo da zona costeira | 292 |
| | 17.4 Estudo de caso: mapeamento do índice de sensibilidade da zona costeira ao impacto causado pelo óleo derramado no mar | 297 |
| | 17.5 Conclusões | 305 |
| | 18 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À PESCA | 307 |
| | <i>Cláudia R. Zagaglia e Fábio H. V. Hazin</i> | |
| | 18.1 Aplicações do sensoriamento remoto na pesca | 307 |
| | 18.2 Aplicações no Brasil | 319 |
| | 19 NOVAS TENDÊNCIAS DA OCEANOGRAFIA POR SATÉLITES | 320 |
| | <i>Antonio C. V. Caltabiano</i> | |
| | 19.1 Temperatura da superfície do mar (TSM) | 321 |
| | 19.2 Cor do mar | 322 |
| | 19.3 Campos de vento | 323 |
| | 19.4 Salinidade | 324 |
| | 19.5 Altímetros | 327 |
| | 19.6 Missões geodésicas | 329 |
| | 19.7 Considerações finais | 332 |
| | LISTA DE ACRÔNIMOS | 333 |
| | SOBRE OS AUTORES | 339 |
| | BIBLIOGRAFIA | 345 |
| | ÍNDICE REMISSIVO | 373 |



A publicação de um novo livro tratando de sensoriamento remoto dos oceanos, escrito para leitores de língua portuguesa por um grupo experiente de oceanógrafos brasileiros e portugueses, é um evento importante e oportuno. Um dos propósitos deste livro é introduzir os métodos e instrumentos científicos empregados na observação do oceano a partir de satélites orbitais, apesar das técnicas serem também aplicáveis para dados coletados a partir de sensores aerotransportados.

As metodologias atuais de estudo da oceanografia por satélites beneficiam-se de um fascinante conjunto de conquistas tecnológicas, assim como de engenhosos procedimentos analíticos, desenvolvidos nos últimos 25 anos para permitir medições precisas das propriedades dos oceanos, a partir de plataformas localizadas a centenas de quilômetros de altura acima do mar. A abrangência deste livro ultrapassa a metodologia para uma série de aplicações das observações dos oceanos por satélites. É uma visão atualizada de como os métodos usados em sensoriamento remoto estão impulsionando as ciências marinhas e mudando as perspectivas gerais da Oceanografia, o que torna este livro não apenas interessante, mas também importante.

O significado do sensoriamento remoto dos oceanos e a razão deste livro ser leitura essencial para todos os cientistas marinhos partem do impacto que os dados atuais de satélites exercem em nosso entendimento do oceano. Por proporcionarem uma perspectiva completamente diferente ao se observar o oceano, os satélites oferecem a visualização detalhada das estruturas da variabilidade espacial horizontal, que ocorrem em escalas de quilômetros a milhares de quilômetros, estendendo-se por bacias oceânicas. Ainda assim, mantêm a capacidade de detecção de pequenas frentes, vórtices, ondas internas e manchas que limitam a produtividade do oceano. Além disso, as medidas espacialmente detalhadas do oceano são agora repetidas freqüente e regularmente, ano após ano, revelando a variabilidade temporal do oceano em escalas diária, semanal, sazonal, anual e interanual, permitindo o estabelecimento da climatologia oceânica. Tal riqueza de amostragem espaço-temporal é exclusiva dos métodos que utilizam sensoriamento remoto por satélite.

Satélites que monitoram os oceanos por meio de dados globais, regularmente adquiridos, precisos, calibrados com rigor e disponíveis gratuitamente, vêm transformando a Oceanografia. Comparando-se com 20 anos atrás, as metas da ciência oceanográfica no começo do século XXI são, de longe, mais ambiciosas, pois são orientadas pela visão que

considera o oceano interagindo com a atmosfera como um sistema global que proporciona o ambiente habitável do planeta. Agora ousamos acreditar que podemos entender os oceanos o bastante para descrevê-los com modelos e antecipar seu comportamento da mesma maneira que a atmosfera. Previsões sobre os oceanos já são uma meta possível, graças aos satélites de observação da Terra, que os monitoram rotineiramente.

Os satélites não substituíram as medidas convencionais realizadas por sensores em navios de pesquisa, bóias ancoradas e de deriva, no mar. Longe disso, eles têm complementado essas medidas, oferecendo um contexto espacial e temporal mais completo, onde as amostragens oceânicas *in situ* são realizadas. Os benefícios máximos do sensoriamento remoto dos oceanos são percebidos somente quando se integram os dados de satélites com outros tipos de medidas. Por essa razão, este livro não é direcionado apenas para especialistas interessados em técnicas do sensoriamento remoto dos oceanos, mas sim para todo cientista do oceano. Cada oceanógrafo achará aqui algo relevante para seu tema de interesse e, no mínimo, uma complementação ao seu conhecimento fundamental em oceanografia; em alguns casos, poderá descobrir possibilidades animadoras para inspirar novos rumos de pesquisa ou maneiras mais efetivas de monitorar o oceano.

Cada capítulo deste livro explora uma diferente aplicação, e, quando cabe, fornece os conhecimentos básicos sobre instrumentos e métodos de processamento usados para extrair dados oceânicos relevantes. Os autores de cada capítulo são especialistas nas áreas sobre as quais escrevem e trazem sua bagagem na aplicação de dados de satélite em contextos operacionais e de pesquisa. Variados temas são tratados, incluindo monitoramento do clima, pesca, ondas superficiais e internas, circulação oceânica, correntes superficiais e gerenciamento costeiro. Estes tópicos abrangem não somente os aspectos locais, aplicados e operacionais, mas também as mais amplas perspectivas globais e climatológicas da oceanografia por satélites.

Com as novas oportunidades científicas provenientes da oceanografia por satélites, novas perspectivas geopolíticas e sociais também surgem. Por serem globais, os dados de satélite são compartilhados internacionalmente, em princípio (e, na maioria das vezes, na prática também). O monopólio do conhecimento não pertence mais às poucas nações ricas detentoras de navios oceanográficos e instrumentos. Dados oceânicos a partir de satélites estão disponíveis para todo o mundo em tempo quase real; não apenas para os especialistas, mas também para a comunidade não-científica. Entretanto, é importante que a educação acompanhe essa revolução de informação e dados. Não é mais aceitável que os usuários

dos dados tenham que se apoiar somente em textos escritos em inglês para auxiliar na interpretação de imagens de satélites. É por isso que eu dou as boas-vindas a um livro escrito em português que possa estimular um público nem sempre preparado para textos em inglês.

Entender, monitorar, gerenciar e proteger o ambiente oceânico é parte importante de nossas obrigações “humanas”. Devemos proteger e viver em harmonia com o nosso planeta, de maneira sustentável a longo prazo. Para que as gerações futuras nos abençoem pela herança ambiental que lhes deixamos, em vez de amaldiçoarem, é vital que continuemos a monitorar o oceano e os mares, para que possamos entendê-los enquanto sistemas complexos de processos físicos, químicos, biológicos e geológicos. Educação e conhecimento são essenciais para assegurar que as populações sejam responsáveis pelo meio ambiente, não deixando essa tarefa apenas para os especialistas. Dados de satélites, tipicamente disponíveis na forma de imagens, podem revelar fenômenos de maneira extremamente gráfica. Imagens dos oceanos podem comunicar informações e conceitos de forma direta e, por meio da internet, ser prontamente transmitidas para milhões de pessoas. Conseqüentemente, a ciência oceânica não precisa mais ser uma preocupação exclusiva de alguns especialistas. O público em geral está começando a procurar informações sobre o oceano, da mesma forma que confere a previsão do tempo. Por que não fornecer mapas da temperatura do oceano, localização de vórtices, previsão de florações de fitoplâncton e o perigo potencial de certas algas afetarem ambientes ou *resorts* costeiros, ou ainda a previsão das praias que terão as melhores ondas para o surfe? Para os usuários desse tipo de dado, falantes da língua portuguesa, sejam cientistas ou leigos, este livro fornece a base para o entendimento das capacidades e limitações da oceanografia por satélites.

Pode parecer estranho que este prefácio tenha sido escrito por alguém com um conhecimento tão pequeno da língua portuguesa. Apesar disso, como um entusiasta desse ramo das ciências marinhas e como alguém que envidou muito esforço em escrever textos em inglês sobre oceanografia por satélites, é com grande prazer que recomendo este livro para aqueles que serão capazes de lê-lo em sua língua nativa. Eu tenho muita confiança nos autores. Muitos deles foram meus alunos e agora são amigos e colegas, compartilhando do meu entusiasmo pela oceanografia por satélites e liderando o desenvolvimento dessa área de pesquisa no Brasil e em Portugal. Eu parablenizo todos e, em especial, o organizador e autor de vários capítulos, Ronald Buss de Souza, cuja visão e compromisso fizeram deste livro uma realidade.

Para todos os leitores, desejo que apreciem a leitura dessas páginas. Espero que também descubram a satisfação de ver o oceano por imagens

de satélite recém adquiridas, de aprender como interpretar cientificamente o que vêem e, à medida que apliquem o que aprenderam, possam assegurar que os nossos oceanos sejam protegidos e preservados para as nossas futuras gerações.

Ian Stuart Robinson

Professor of Marine Remote Sensing,
Laboratory for Satellite Oceanography.

University of Southampton and
National Oceanography Centre, Southampton, Inglaterra.

Agosto, 2005.

(tradução de Tatiana Mora Kuplich)

veja original em inglês: <http://www.ofitexto.com.br/oceano-sr>

mente constante. A **umidade**, indicada pela linha verde, é maior na região equatorial. O satélite cruza o equador aproximadamente às 4h44, horário que coincide com um valor absoluto relativamente alto da correção da umidade. A curva azul claro indica a correção do *bias* ou viés eletromagnético causado pela assimetria no formato das ondas de gravidade. Neste caso particular, o valor desta correção é relativamente pequeno.

No gráfico inferior direito, temos as correções relacionadas ao deslocamento da superfície do mar devido a fatores geofísicos. É evidente

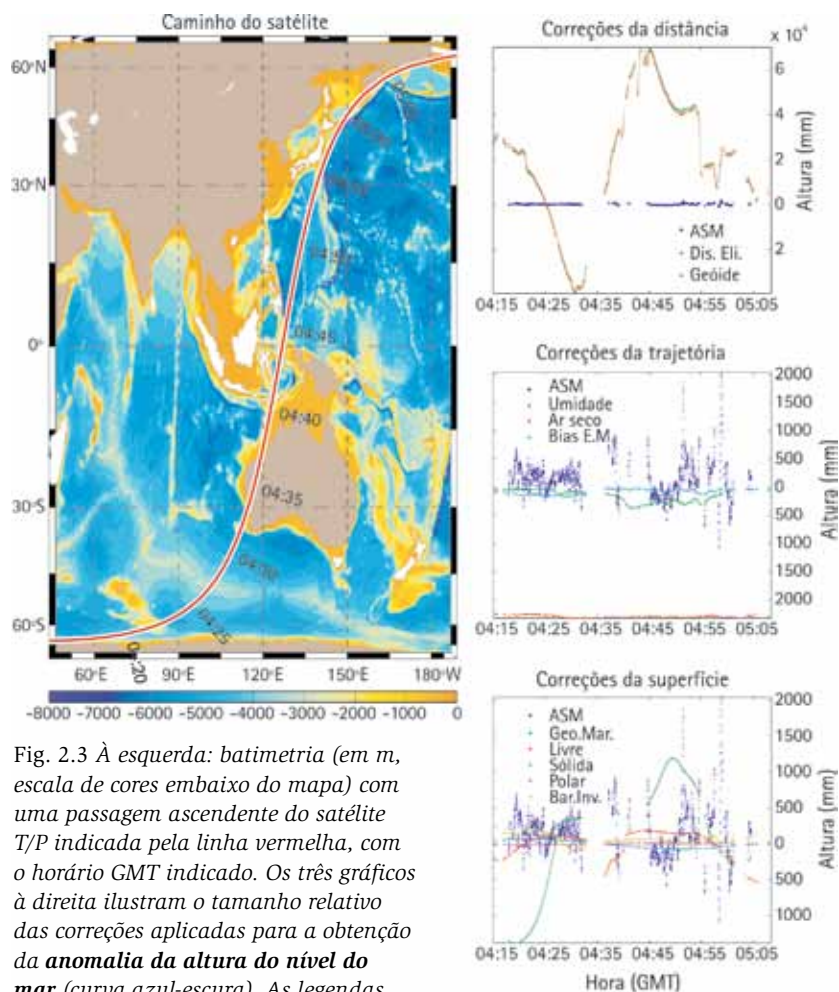


Fig. 2.3 À esquerda: batimetria (em m, escala de cores embaixo do mapa) com uma passagem ascendente do satélite T/P indicada pela linha vermelha, com o horário GMT indicado. Os três gráficos à direita ilustram o tamanho relativo das correções aplicadas para a obtenção da **anomalia da altura do nível do mar** (curva azul-escura). As legendas indicam as seguintes correções na distância: ASM: altura da superfície do mar; Dis. Eli.: distância ao elipsóide de referência; Geóide: distância ao geóide marinho; Umidade: conteúdo de vapor da atmosfera; Ar Seco: ar seco da atmosfera; Bias E. M.: viés eletromagnético causado pela presença de ondas na superfície; Geo. Mar.: geóide marinho; Livre: maré oceânica livre; Sólida: maré da Terra sólida; Polar: oscilação dos pólos; Bar. Inv.: peso da atmosfera (ou barômetro invertido).

O desenvolvimento dos sistemas orbitais de coleta de dados propiciou o desencadeamento de um importante ramo do sensoriamento remoto: a **telemetria** por satélites. Por meio de telemetria por satélites, plataformas automáticas têm sido empregadas com a finalidade de coletar e transmitir dados ambientais de diversos tipos e com diversas finalidades. No Brasil, a atividade de coleta automática de dados oceanográficos por meio da telemetria via satélites teve início a partir da década de 1980 (Souza, 1992). Além de **bóias meteo-oceanográficas** fixas em determinadas posições, dispõem-se atualmente também de **bóias de deriva (derivadores Lagrangeanos)** rastreadas por satélite, e de **bóias hidrológicas**, utilizadas principalmente em reservatórios.

Como vantagem de utilizar essas plataformas em conjunto ou em substituição a imagens de sensoriamento remoto, vale lembrar que elas possibilitam a obtenção de séries temporais de parâmetros oceanográficos em diferentes extratos da coluna d'água. Tais informações não podem ser obtidas pelo imageamento da superfície do oceano. A telemetria também é uma forma de sensoriamento remoto, que pode ser usada sem restrições de cobertura de nuvens, e apresenta a vantagem de possibilitar, por meio dos derivadores, o monitoramento da dinâmica e conseqüente estudo das características cinemáticas e termais das águas por onde os instrumentos derivam. Medidas de correntes e de **temperatura da superfície do mar (TSM)** fornecidas por esses derivadores também podem ser utilizadas para estudos climáticos e como base para a calibração de modelos oceanográficos de circulação oceânica. Segundo Strong e McClain (1984), as medidas de TSM realizadas pelos derivadores têm se mostrado o melhor meio para validação de cartas de TSM obtidas por meio de imagens de satélite.

Os parâmetros relacionados aos processos cinemáticos dos fluidos, obteníveis pelo uso dos dados dos derivadores, são muito importantes para validação e ajuste de modelos numéricos de circulação oceânica. O grau de instabilidade das correntes e valores relacionados a elas, como a viscosidade turbulenta, permitem uma melhor previsibilidade sobre as dispersões e advecção na camada superior do oceano. Esta informação é crucial para os



6 CORRENTES OCEÂNICAS DE SUPERFÍCIE MEDIDAS POR MEIO DE BÓIAS DE DERIVA RASTREADAS POR SATÉLITE

*Arcilan T. Assireu,
Ronald B. de Souza e
João A. Lorenzetti*



α^B – é a inclinação inicial
 P_m^B – é o número de assimilação

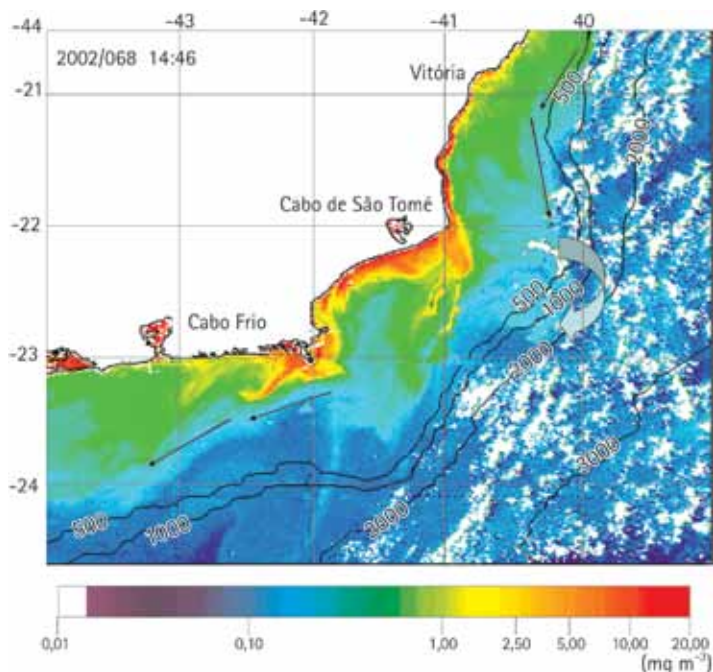


Fig. 12.5 Mapa da concentração de clorofila-a superficial produzido com base em dados do sensor SeaWiFS em 9/3/2002 sobre a costa sudeste brasileira. Os tons azuis correspondem a baixas concentrações de pigmentos. Os tons amarelos a vermelhos indicam concentrações mais altas de clorofila (notar a tabela logarítmica de cores na parte inferior da figura). As setas finas indicam a presença de uma frente oceânica. A seta mais larga indica o sentido de rotação de um vórtice ciclônico ao largo do Cabo de São Tomé. As isóbatas de 500, 1.000, 2.000 e 3.000m de profundidade também estão representadas

A Fig. 12.6 mostra o mapa resultante da produção primária diária integrada na coluna d'água calculada com base na imagem SeaWiFS de 15/2/2001. As águas oligotróficas da CB são mostradas em tons azuis, com valores de produção mais baixos. É possível notar no mapa a presença de filamentos de água provenientes das ressurgências induzidas pelo vento nas regiões de Cabo Frio, Cabo de São Tomé e Vitória (mais ao norte). Próximo à costa e associados aos filamentos de água de ressurgência, os valores de produção primária são relativamente mais altos ($>80 \text{ mgC} \cdot (\text{mg} \cdot \text{Chl})^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$). Pode-se notar ainda, um vórtice ciclônico centrado em $22,15^\circ\text{S} - 40,5^\circ\text{W}$, em frente ao Cabo de São Tomé. Similarmente, um máximo relativo de produtividade biológica centrado em $23,5^\circ - 43,3^\circ\text{W}$, ao sul da Baía de Guanabara, também pode ser observado na Fig. 12.6.

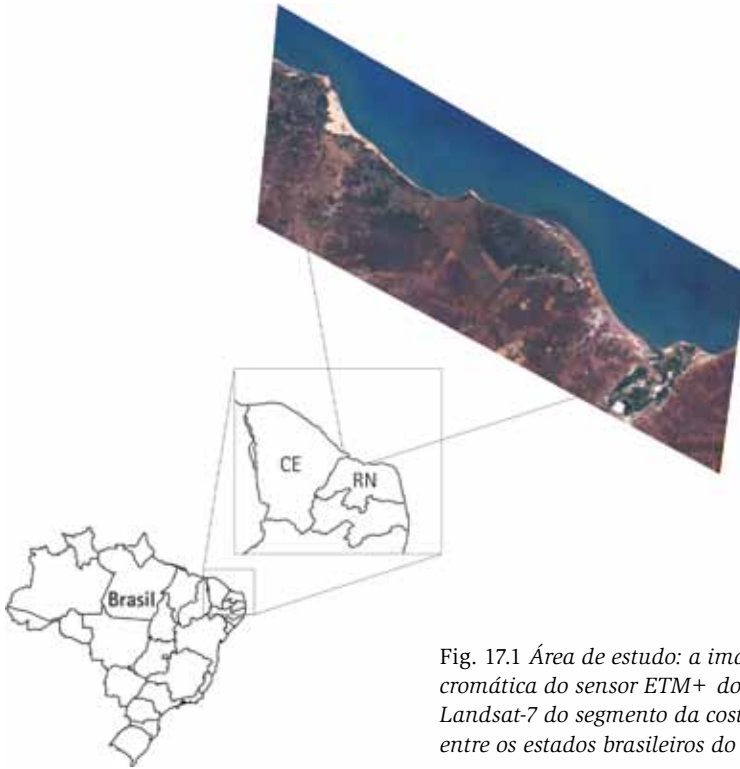


Fig. 17.1 Área de estudo: a imagem pancromática do sensor ETM+ do satélite Landsat-7 do segmento da costa em estudo entre os estados brasileiros do RN e CE

nente, em razão da alta correlação entre as imagens selecionadas (Chavez e Kwarteng, 1989). Na TCP seletiva foram selecionadas as bandas ETM+ do visível (1, 2 e 3) e do infravermelho médio (5 e 7), para posterior composição colorida com a banda do infravermelho próximo (banda 4). Na outra estratégia, a TCP padrão, foram utilizadas todas as bandas multiespectrais para a transformação. Foram analisadas e utilizadas nas etapas posteriores apenas as imagens dos primeiros componentes resultantes de cada transformação. Para uma melhor descrição dos procedimentos estatísticos envolvidos no cálculo da TCP, ver Schowengerdt (1997).

Modelo linear de mistura espectral

A radiância observada em cada pixel de uma imagem é a integração de todos os materiais no campo de visão do sensor, e pode ser decomposta como uma combinação linear das respostas de diferentes componentes da superfície, como solo, sombra e vegetação, mais a contribuição da atmosfera (Shimabukuro e Smith, 1991). É possível modelar o espectro de cada pixel da imagem como uma combinação linear de um conjunto finito de componentes. A proporção de cada componente em um pixel pode ser estimada por meio da aplicação de um modelo de mistura linear, utilizando