

CONSIDERAÇÕES SOBRE AS CONDIÇÕES HIDROGRÁFICAS E CORRENTOMÉTRICAS NA BAÍA DE SEPETIBA (RJ) DURANTE O VERÃO

CF Sandro Vianna Paixão¹
Rafael Guarino Soutelino²

RESUMO

Neste artigo são descritas as condições hidrográficas e correntométricas observadas em dois dias consecutivos durante o verão de 2012, na baía de Sepetiba. Foram amostrados dados termohalinos quase-sinóticos em duas campanhas oceanográficas, bem como coletados dados de corrente na localidade. Dados de vento local e de precipitação de chuva do Instituto Nacional de Meteorologia e imagens satélites da temperatura da superfície do mar, do METEOSAT 9, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais também compõem este estudo. O mapeamento dos campos termohalinos foi realizado com a interpolação objetiva sendo constatada que na porção mais oeste da região amostrada, situada nas proximidades da saída da baía para a plataforma continental adjacente, que sofreu influência do fenômeno da ressurgência costeira, as águas foram relativamente mais frias, mais salinas e mais densas quando com-

paradas com as demais regiões amostradas, que apresentaram maior influência das descargas fluviais localizadas no interior da baía de Sepetiba.

Palavras-chave:

Campos termohalinos. Corrente de maré. Baía de Sepetiba.

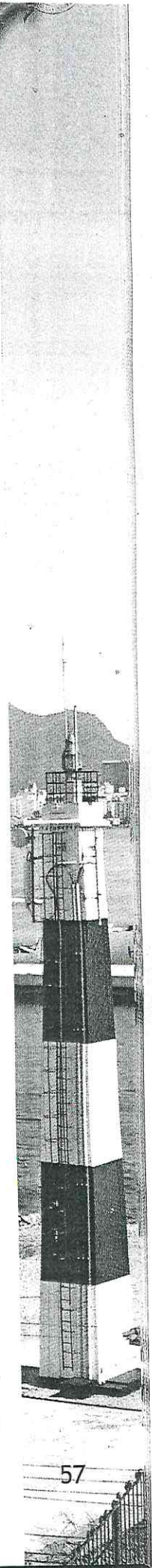
ON THE SUMMER HYDROGRAPHIC AND CIRCULATION CONDITIONS AT SEPETIBA BAY (RJ)

ABSTRACT

This paper describes observations of currents and thermohaline distribution on two consecutive days during Summer, 2012, at Sepetiba Bay, RJ. The dataset was obtained during two oceanographic surveys. Observations of the local wind and rainfall from "Instituto Nacional de Meteorologia" were used to investigate the

¹ Encarregado do Grupo de Oceanografia Física do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – Arraial do Cabo, RJ – Brasil. Mestre em Oceanografia Física pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – São Paulo, SP – Brasil. E-mail: sandro@ieapm.mar.mil.br

² Doutor em Oceanografia Física pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – São Paulo, SP – Brasil. E-mail: rsoutelino@gmail.com



atmospheric forcing. Sea Surface Temperature (SST) satellite images from METEOSAT 9, provided by "Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais" were also included in this study. The thermohaline spatial distributions, mapped with Objective Analysis interpolation scheme, showed relatively colder, saltier and denser waters in the westernmost portion of the survey area, located near the connection between the bay and the continental shelf. The area was possibly influenced by the upwelled waters coming from the shelf, while the other regions had major influence of river discharges located within the Sepetiba Bay.

Keywords:

Thermohaline Fields. Tidal current. Sepetiba Bay.

1. INTRODUÇÃO

A baía de Sepetiba está localizada no litoral sul no Estado do Rio de Janeiro entre as latitudes 22° 54' S e 23° 06' S e longitudes 043° 33' W e 044° 03' W e é um estuário, conforme definição de MIRANDA *et al.* (2002), que é caracterizado como um corpo de água parcialmente fechado com aberturas para o oceano adjacente, a leste, por uma passagem restrita, e a oeste, onde há troca regular de águas de origem fluvial com a água do mar. O aporte de água doce do sistema estuarino da baía de Sepetiba provém, principalmente, dos rios Guandu, da Guarda, canal do Itá, Piraquê, Portinho, Mazomba e Cação.

De acordo com SIGNORINI (1980) a baía de Sepetiba é fortemente influenciada pela maré e pela descarga de água doce oriunda dos rios, enquanto que a baía da ilha Grande é mais profunda e tem maior influência das águas da plataforma continental, mais frias e mais salgadas

MIRANDA *et al.* (1977) registraram continuamente a temperatura e a salinidade nas águas superficiais ao redor da ilha Grande e constataram que as águas da baía da Ilha Grande são mais salinas e levemente mais quentes do que as águas da baía de Sepetiba e sugerem que a origem das águas de baixa salinidade registradas a leste da ilha Grande é a descarga fluvial na baía de Sepetiba.

De acordo com FRAGOSO (1999), que realizou estudo numérico da circulação marinha da região das baías de Sepetiba e ilha Grande, a intensidade da corrente de maré mostrou-se bem maior na baía de Sepetiba em comparação com a intensidade da corrente de maré obtida na baía da Ilha Grande.

PAIXÃO *et al.* (2012) descreveram as características termohalinas, associadas à circulação local, em dois dias consecutivos nas proximidades da ilha da Madeira. Os autores constataram a presença de águas relativamente mais quentes na porção mais rasa da região e a predominância da corrente de maré na localidade.

A região de Sepetiba apresenta grande importância econômica, estratégica e ambiental, com a instalação de várias indústrias no entorno, a presença do porto de Itaguaí e a construção do Estaleiro e Base Naval para Construção de Submarinos Convencionais e de Propulsão Nuclear e a presença do porto do Sudeste. Na região também existem unidades de conservação ambiental, tais como a Reserva Biológica Estadual de Guaratiba.

O objetivo geral deste trabalho é contribuir para o melhor entendimento sobre as condições hidrográficas e correntométricas durante o verão, no contexto do monitoramento ambiental da qualidade da água e da biota aquática na baía de Sepetiba, conduzido pelo Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IFADMA)

2. METODOLOGIA DA PESQUISA

As duas campanhas oceanográficas foram realizadas por pesquisadores do IEAPM nos dias 13 e 14/03/2012, com

emprego do barco pesqueiro J. Matheus. Perfis verticais de temperatura e salinidade foram obtidos com a utilização de um CTD em 32 estações distribuídas em 4 radiais (figura 1), conforme descrito na Tabela 1:

Dia	Radial	Estações	Período
13/03/2012	1	I1, I2, I3, I4 e I5	10:00 às 10:47 horas
13/03/2012	2	I5, I6, I7, I8 e I9	10:47 às 11:19 horas
13/03/2012	3	6, 7, 8, 9, 10 e PP	14:22 às 16:03 horas
13/03/2012	4	4,9,12, E1, E2, E3, E4, E5 e E6	15:56 às 16:40 horas
13/03/2012	-	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13; P1, P2, P4, PP	14:22 às 16:09 horas
14/03/2012	3	6, 7, 8, 9, PP e 10	07:11 às 08:53 horas
14/03/2012	4	4,9,12, E1, E2, E3, E4, E5 e E6	08:46 às 09:36 horas
14/03/2012	-	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, P1, P2, P4, PP	07:11 às 09:00 horas

Tabela 1: Síntese da amostragem dos dados com emprego de CTD.

As distribuições verticais dos campos termohalinos nas Radiais 1, 2, 3 e 4 foram obtidas com a criação de grades retangulares e o emprego da Análise Objetiva (AO) e as distribuições horizontais desses campos foram obtidas com a utilização de uma grade curvilínea, com resolução de 40 x 20, e com o emprego da AO para interpolação dos campos.

Os dados de corrente e de temperatura no nível de 2 metros, com intervalo de amostragem de 10 minutos, foram obtidos com correntômetro Doppler, com sensor de temperatura, fundeado na latitude $22^{\circ} 55,530'S$ e longitude $043^{\circ} 51,675'W$ (figura 1), no período contínuo entre 08:20 horas do dia 13 de março e 12:00 horas de 14 de março

de 2012, totalizando 27 horas e 40 minutos de medições.

Os dados de vento local e de precipitação de chuva foram obtidos através da Estação Meteorológica de Superfície Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na Marambaia (RJ), na latitude $23^{\circ} 03,00'S$ e longitude $043^{\circ} 36,00'W$.

As análises harmônicas dos dados correntométricos foram realizadas com a aplicação da rotina T-Tide, de acordo com PAWLOWI-

CZ *et al.* (2002) e a contribuição da corrente de maré em relação à corrente total na localidade foi calculada com a Raiz do Erro Médio Quadrático Normalizado (REMQ).

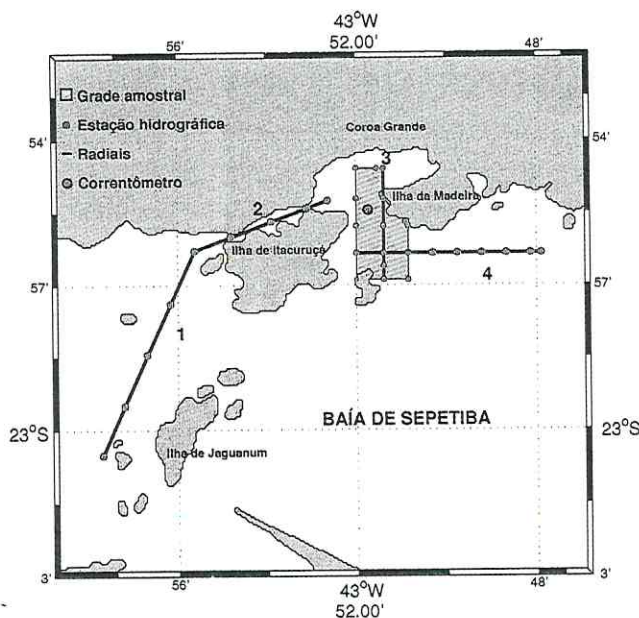


Figura 1 – Grade amostral na baía de Sepetiba.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A distribuição de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e salinidade no nível de 1 metro para o dia 13/03/2012 é apresentada na figura 2, na qual se constata que as águas relativamente mais quentes, estavam situadas nas proximidades de Coroa Grande, que é a região mais rasa da grade, com

profundidades da ordem de 2 metros. As águas menos salinas e menos densas foram observadas tanto nas regiões centro-norte quanto SSE da grade. Para a campanha de 14/03/2012 observou-se que as configurações dos campos termohalinos no nível de 1 metro assemelham-se às configurações observadas no dia anterior.

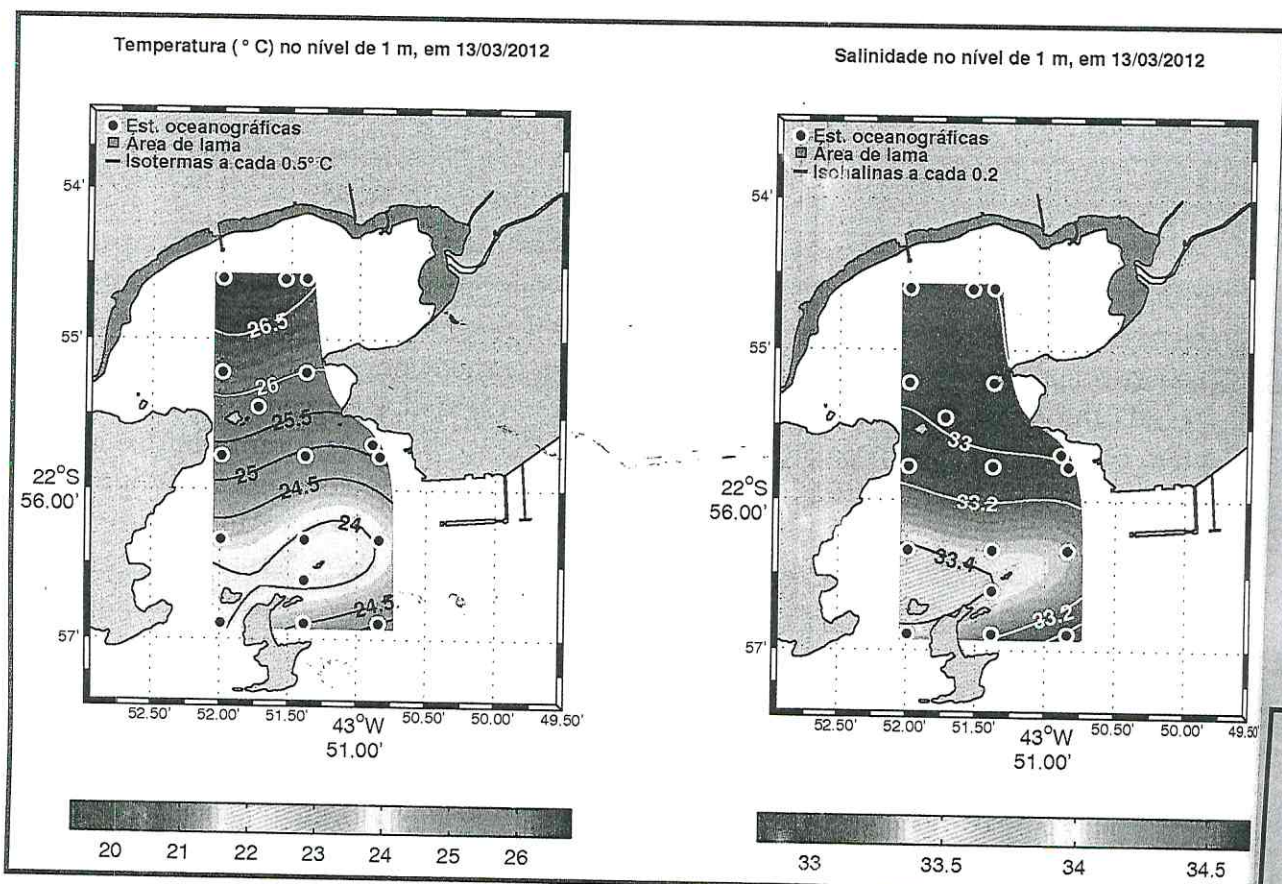


Figura 2 – Distribuições horizontais de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (esquerda) e de salinidade (direita) no nível de 1 m, no dia 13/03/2012, na baía de Sepetiba.

Na Radial 1, situada a oeste das ilhas de Jaguanum e de Itacuruçá, observou-se as águas mais frias, mais salinas (figura 3) e mais densas no fundo, em 13/03/2012. O gradiente vertical de temperatura nesta Radial é de $-0,20^{\circ}\text{C m}^{-1}$ na estação I3 e alcança o valor de

$-0,40^{\circ}\text{C m}^{-1}$ na porção mais a leste, situada nas proximidades no canal da ilha de Itacuruçá. Os maiores valores dos gradientes verticais de salinidade e de densidade foram observados na porção leste da seção vertical, de $0,08\text{ m}^{-1}$ e $0,16\text{ kg m}^{-3}\text{ m}^{-1}$, respectivamente.

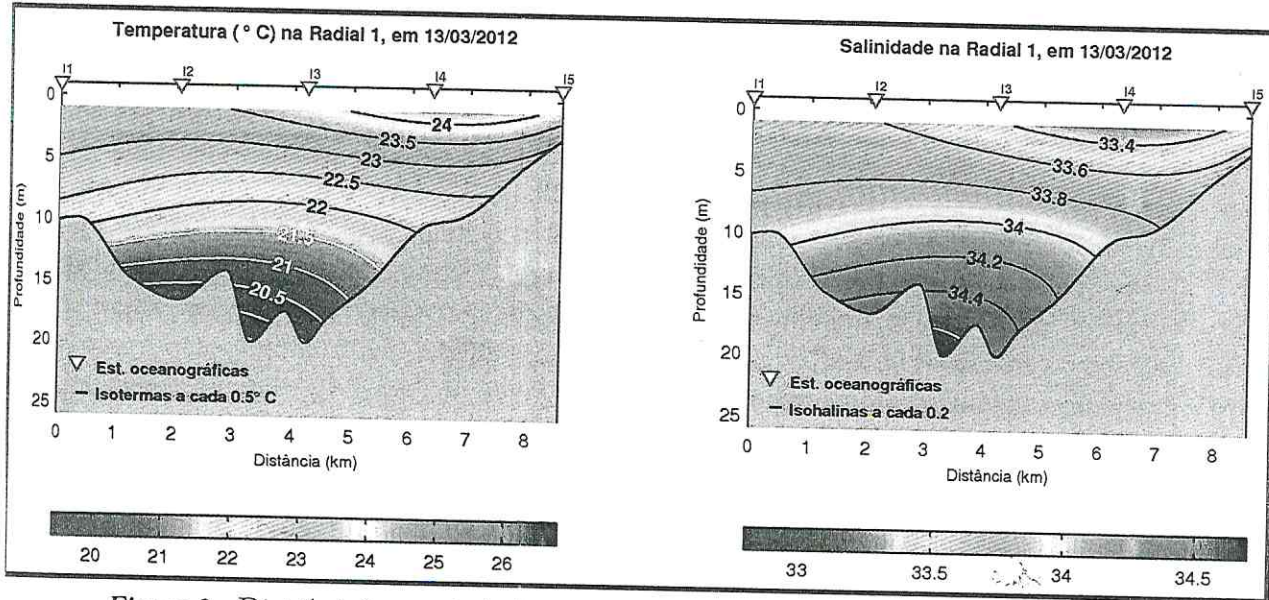


Figura 3 – Distribuições verticais de temperatura (°C) (esquerda) e salinidade (direita) na Radial 1, no dia 13/03/2012, com vista de sudeste, na baía de Sepetiba.

Na Radial 2, localizada no canal da ilha de Itacuruçá, as águas apresentaram-se mais quentes, menos salinas (figura 4) e menos densas na porção leste desta seção vertical, situada no saco da Coroa Grande, em 13/03/2012. O gradiente vertical de temperatura nesta Radial é maior na

porção oeste ($-0,40 \text{ } ^\circ\text{C m}^{-1}$), sendo praticamente nulo na porção leste desta Radial. Os gradientes verticais de salinidade e de densidade apresentaram os maiores valores na porção oeste, de $0,08 \text{ m}^{-1}$ e $0,20 \text{ kg m}^{-3} \text{ m}^{-1}$, respectivamente, sendo praticamente nulos na porção leste desta Radial.

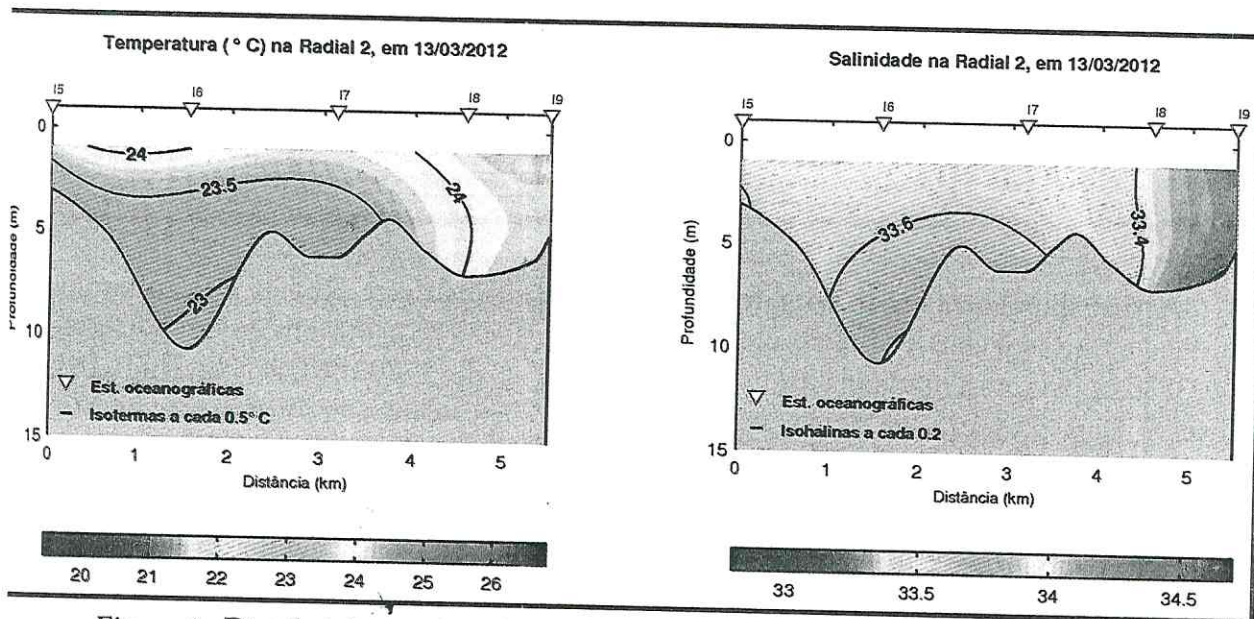
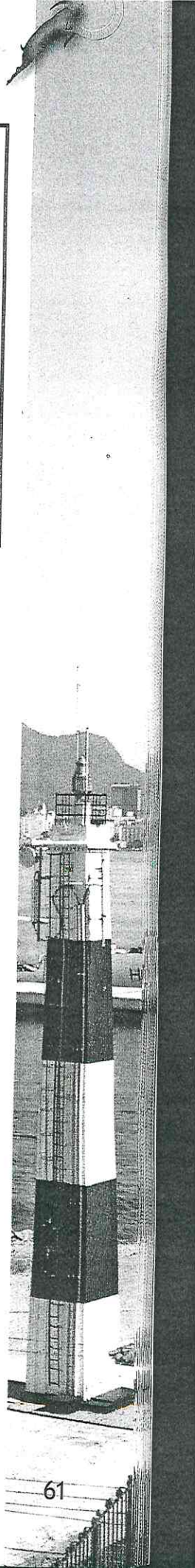


Figura 4 – Distribuições verticais de temperatura (°C) (esquerda) e salinidade (direita) na Radial 2, no dia 13/03/2012, com vista de sul-sudeste, na baía de Sepetiba.



Na figura 5 é apresentada a distribuição vertical de temperatura e salinidade na Radial 3, no dia 14/03/2012, na qual se constata a presença de águas relativamente mais quentes e menos salinas nas regiões mais rasas, que estão situadas no saco de Coroa Grande. A distribuição vertical de temperatura e salinidade nesta Radial em 13/03/2012 apresenta características semelhantes às apresentadas em 14/03/2012. As águas

relativamente menos densas também foram observadas nas regiões mais rasas em ambas as campanhas oceanográficas. Os gradientes verticais de temperatura, salinidade e densidade apresentaram valores de até $-0,20\text{ }^{\circ}\text{C m}^{-1}$, $0,04\text{ m}^{-1}$ e $0,06\text{ kg m}^{-3}\text{ m}^{-1}$, respectivamente, em 13/03/2012, e valores de $-0,26\text{ }^{\circ}\text{C m}^{-1}$, $0,12\text{ m}^{-1}$ e $0,18\text{ kg m}^{-3}\text{ m}^{-1}$, respectivamente, em 14/03/2012, na estação mais profunda (estação PP).

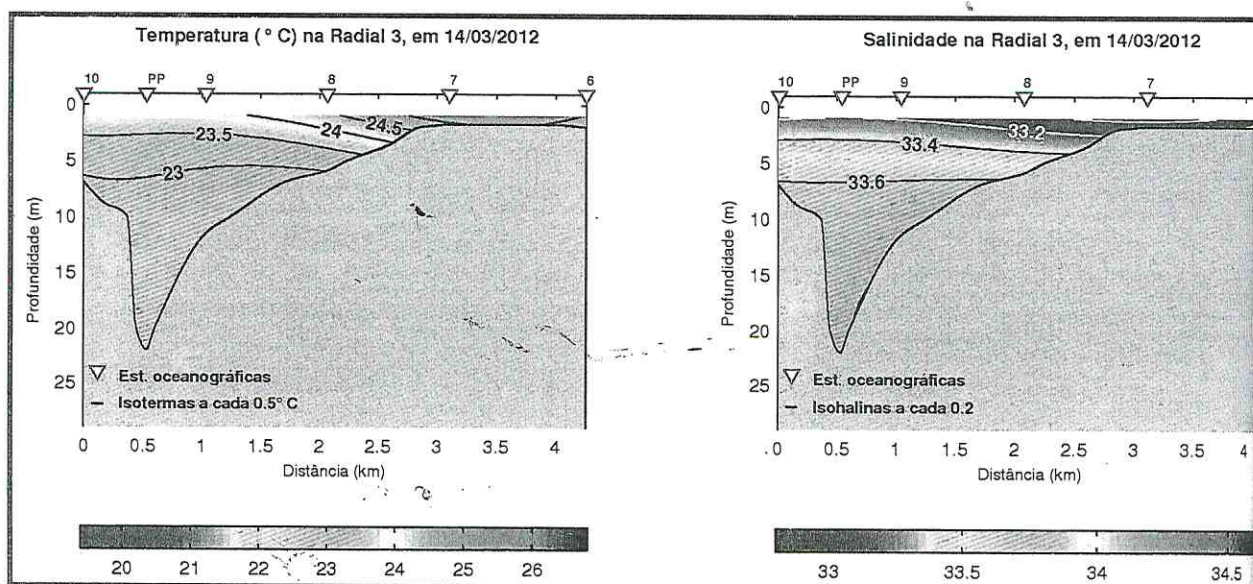


Figura 5 – Distribuições verticais de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (esquerda) e salinidade (direita) na Radial 3, no dia 14/03/2012, com vista de leste, na baía de Sepetiba.

A distribuição vertical de temperatura e salinidade na Radial 4, no dia 13/03/2012, é apresentada na figura 6. Observa-se a presença de águas relativamente menos salinas na porção leste da seção vertical. As águas mais frias foram observadas em 13/03/2012 nas proximidades do fundo. As águas relativamente menos densas foram observadas na mesma região que apresentou as menores salinidades. As características

hidrográficas desta Radial na campanha de 14/03/2012 assemelham-se as características de 13/03/2012. Na Radial 4, os maiores valores dos gradientes verticais de temperatura, salinidade e densidade foram observados na porção leste da Radial de até $-0,50\text{ }^{\circ}\text{C m}^{-1}$, $0,20\text{ m}^{-1}$ e $0,10\text{ kg m}^{-3}\text{ m}^{-1}$, respectivamente, em 13/03/2012, e valores de $-0,40\text{ }^{\circ}\text{C m}^{-1}$, $0,25\text{ m}^{-1}$ e $0,30\text{ kg m}^{-3}\text{ m}^{-1}$, respectivamente, em 14/03/2012.

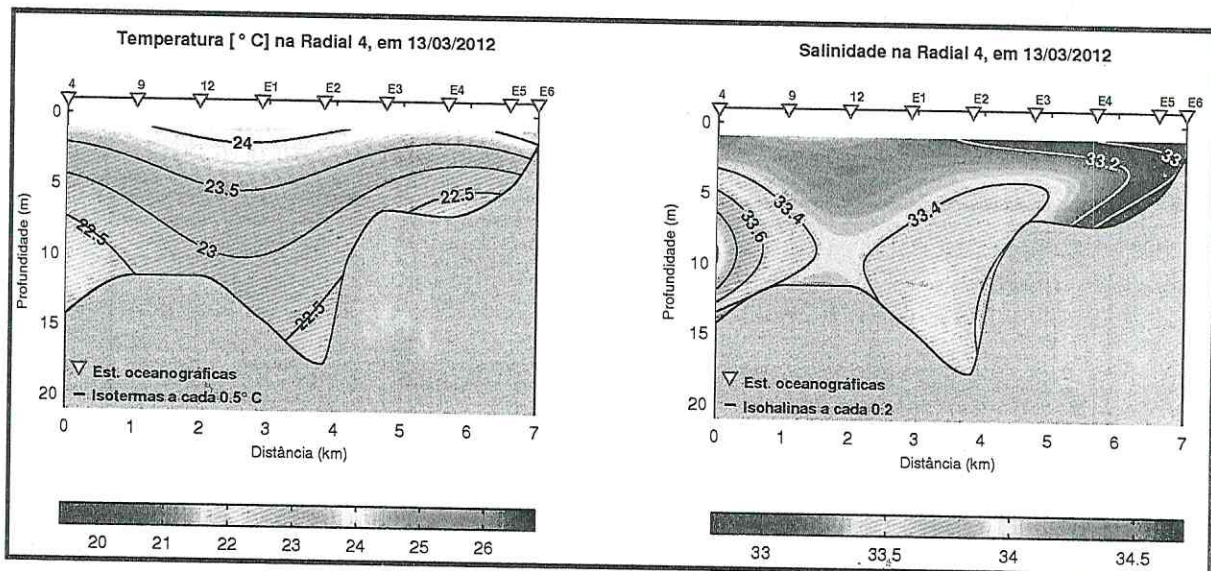


Figura 6: Distribuições verticais de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (esquerda) e salinidade (direita) na Radial 4, no dia 13/03/2012, com vista de sul, na baía de Sepetiba.

As medições correntométricas (figura 7) realizadas no período entre 08:20 horas do dia 13 de março e 12:00 horas de 14 de março de 2012 indicam que, no dia 13/03/2012, durante a perfilagem com CTD das Radiais 1, 2, 3 e 4 e da grade horizontal a corrente predominante no

nível de 2m, na latitude $22^{\circ} 55,525'\text{S}$ e longitude $043^{\circ} 51,667'\text{W}$, foi para o quadrante sul. No dia 14/03/2012, a corrente apresentou direção predominante para o quadrante norte até às 08:30 horas e direção para o quadrante sul entre 08:40 e 12:00 horas.

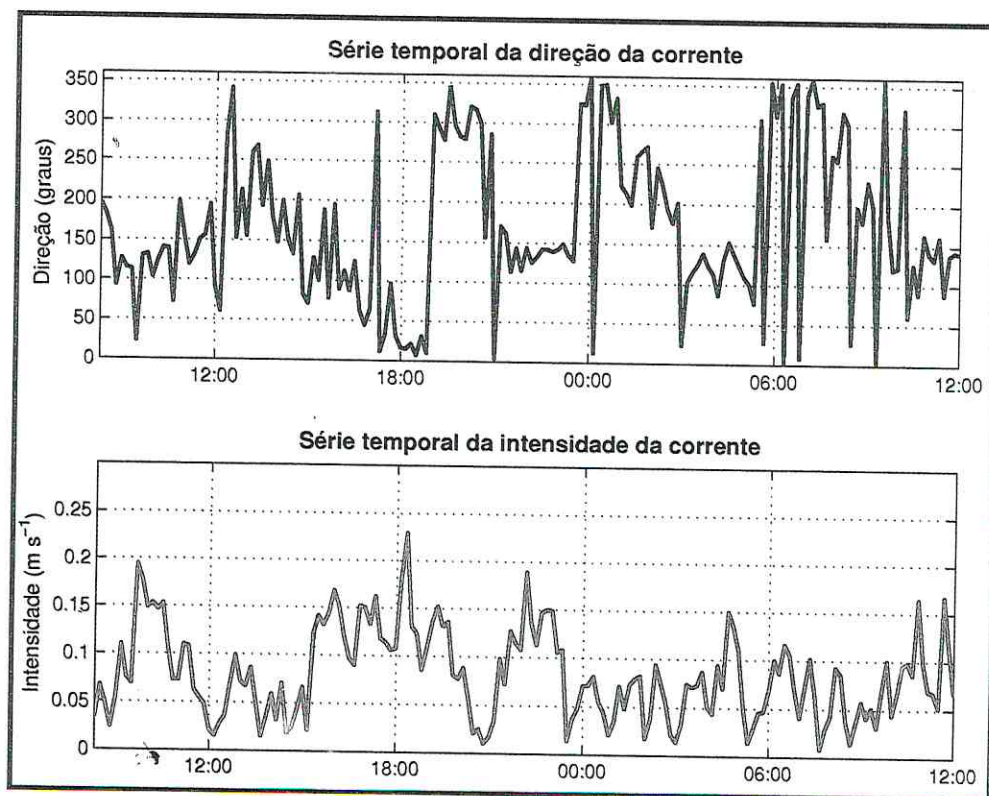


Figura 7 – Séries temporais da direção (graus) e da intensidade (m s^{-1}) da corrente na baía de Sepetiba nos dias 13 e 14/03/2012.

A temperatura da água do mar medida com o sensor do correntômetro no nível de 2 metros (figura 8) indica que a temperatura se elevou durante os períodos

em que a corrente apresentou direção predominante para o quadrante sul e diminuiu quando a corrente possuiu predominância de direção para o quadrante norte.

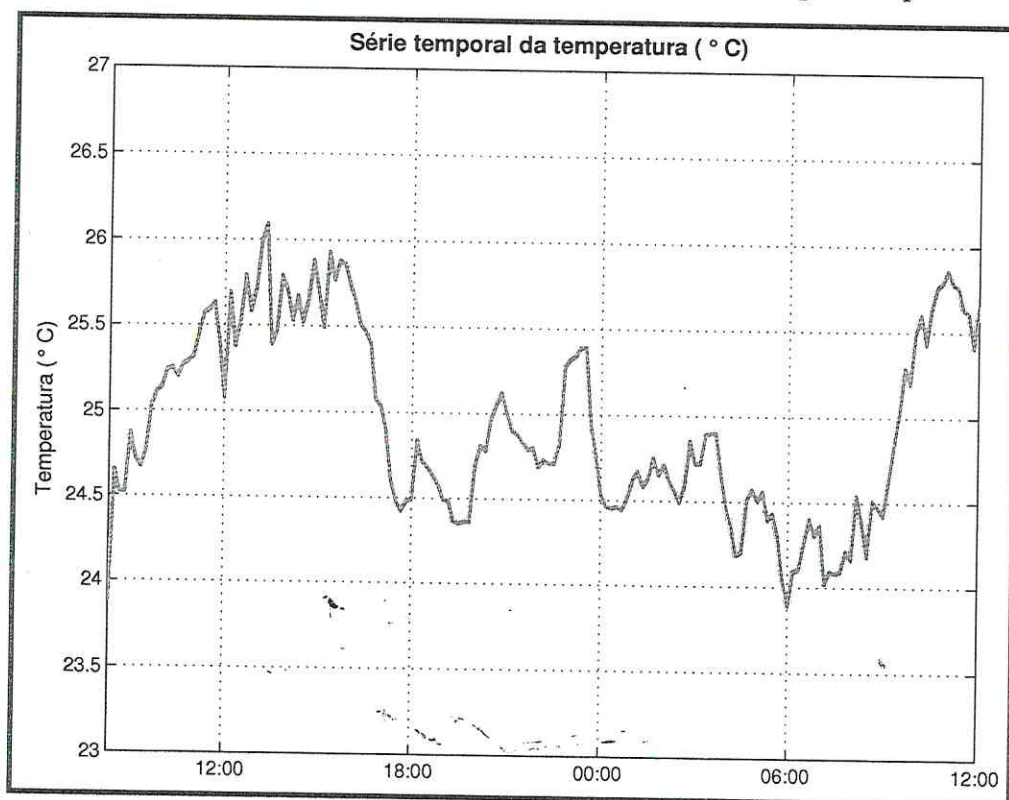


Figura 8 – Série temporal da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) no nível de 2 metros, na latitude $22^{\circ} 55,530'S$ e longitude $043^{\circ} 51,675'W$, na baía de Sepetiba, nos dias 13 e 14/03/2012.

A identificação das principais constituintes das correntes de maré foi realizada com análise harmônica na série temporal das componentes zonal e meridional dos dados de correntométricos. As constituintes da componente zonal das correntes de maré, que possuíram nível de significância acima de 95% foram M4 e M2, enquanto que as constituintes da componente meridional das correntes de maré, que possuíram nível de significância acima de 95% foram M4, M2 e M8, em ordem decrescente de importância.

A corrente de maré contribuiu em 69,9% comparativamente à corrente total na localidade, conforme cálculo obtido com a REMQ.

No dia 13/03/2012 constata-se que os ventos obtidos na estação do INMET na

Marambaia sopraram predominantemente do quadrante norte até às 09:00 horas, com intensidade de até $3,4 \text{ m s}^{-1}$, quando passou a soprar do quadrante sul até às 14:00 horas, com intensidade de até $8,1 \text{ m s}^{-1}$ e posteriormente voltou a apresentar predominância do quadrante norte até às 14:00 horas do dia 14/03/2012, com magnitude de até $7,5 \text{ m s}^{-1}$. O vento local apresentou intensidade média de $4,1 \text{ m s}^{-1}$ entre o início e o término das coletas de dados.

A precipitação de chuva obtida na estação do INMET na Marambaia foi de 0,2 mm no dia 12/03/2012 e de 1,0 mm em 13/03/2012.

No intuito de compreender a observação de águas mais frias, mais salinas e mais densas observadas na Radial 1, foram utilizadas imagens satélites da tem-

peratura da superfície do mar na plataforma continental adjacente, do METEOSAT 9, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A figura 9, que apresenta a imagem satélite da temperatura da superfície do mar em 13/03/2012, indica a ocorrência de ressurgência costeira no Estado do Rio

de Janeiro, com a propagação das águas ressurgidas até as proximidades da ilha Grande, que está situada a oeste da baía de Sepetiba. Conforme CASTRO *et al.* (2006) com a ocorrência de ressurgência costeira há o afloramento das massas de águas subsuperficiais em direção à costa, que são frias e ricas em nutrientes.

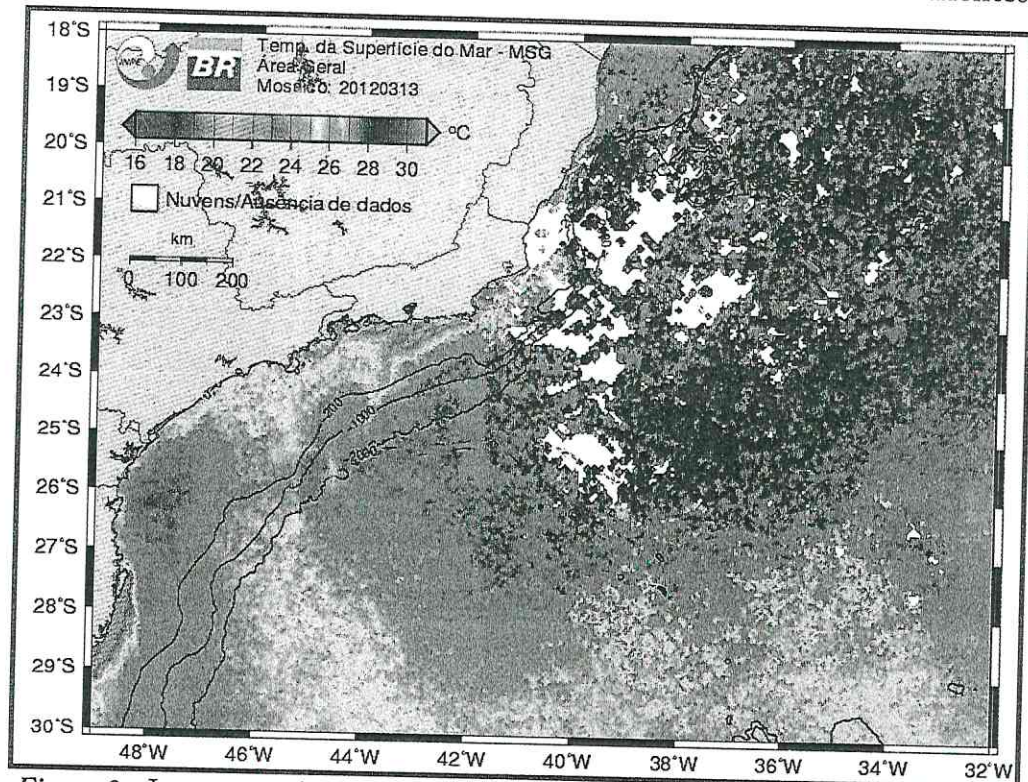


Figura 9 – Imagem satélite da temperatura da superfície do mar, do METEOSAT 9, em 13/03/2012, disponibilizada pelo INPE.

4. CONCLUSÕES

Verifica-se que mesmo com a ocorrência de maré de quadratura em 14/03/2012, durante a coleta de dados correntométricos na localidade, as correntes foram preponderantemente geradas pela maré, na baía de Sepetiba, em consonância com SIGNORINI (1980), FRAGOSO (1999) e PAIXÃO *et al.* (2012). A pequena intensidade média do vento local durante as coletas de dados, de $4,1 \text{ m s}^{-1}$, contribuiu para que a corrente de maré representasse 69,9 % da corrente total na localidade.

Constata-se que as águas localizadas mais a oeste, na Radial 1, apresentaram as

águas mais frias, mais salinas e mais densas no fundo quando comparadas com as demais regiões, o que pode ser justificado pela maior proximidade desta Radial com a plataforma continental adjacente, que estava sofrendo influência do fenômeno da ressurgência costeira, em 13/03/2012, e também pela menor influência das descargas fluviais situadas no interior da baía.

As águas mais rasas, situadas no saco da Coroa Grande, apresentaram as maiores temperaturas observadas o que pode ser justificado pela circulação restrita na localidade, que apresenta profundidade da ordem de 2 m. A temperatura das águas nessa localidade se elevou quando a cor-

rente apresentou direção predominante para o quadrante sul e reduziu quando a corrente possuiu predominância de direção para o quadrante norte, corroborando PAIXÃO *et al.* (2012).

As águas menos salinas e menos densas foram observadas no saco da Coroa Grande onde pode ter havido a influência da descarga fluvial do rio Cação que ocorre nesta localidade e, também, na porção leste da Radial 4, onde há maior influência dos principais rios da baía de Sepetiba, tais como o rio Guandu, o rio da Guarda e o rio Guandu Mirim, que apresentam vazão de $187,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $19,10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $8,8 \text{ m}^3$

s^{-1} , respectivamente (BRASIL, 2012). A contribuição das águas das chuvas para os baixos valores de salinidade e de densidade observados foi pouco significativa (0,2 mm em 12/03 e 1,0 mm em 13/03/2012).

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todas as pessoas do IEAPM que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, principalmente, as pessoas que participaram do trabalho em campo juntamente com o primeiro autor deste artigo, SC Jorge Nunes e Mestre de Embarcação Sebastião Silva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Bacia hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim / Comitê da bacia hidrográfica Guandu. TUBBS FILHO, D., ANTUNES, J. C. O. & VETTORAZZI, J. S. (orgs.). Rio de Janeiro, INEA, 2012, 340 pp.

CASTRO, B. M., LORENZZETTI, J. A., SILVEIRA, I. C. A. & MIRANDA, L. B. 2006: Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chui (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI CLDB & MADUREIRA LS (orgs.), O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. São Paulo, Edusp, 11-120.

FRAGOSO, M. R. 1999. Estudo numérico da circulação marinha da região das barras de Sepetiba e ilha Grande (RJ). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 115 pp.

MIRANDA, L. B., CASTRO, B. M. & KJERFNE, B. Princípios de oceanografia física de estuários. São Paulo, Edusp, 2002, 411 pp.

MIRANDA, L. B., IKEDA, Y., CASTRO, B. M. & PEREIRA FILHO, N. Note on the occurrence of saline fronts in the ilha Grande (RJ) Region. Bolm Inst. Oceanogr., 26: 249-256, 1977.

PAIXÃO, S. V.; SOUTELINO, R. G.; CASTRO, B. M. Características hidrográficas e correntométricas nas proximidades das futuras instalações do estaleiro e base naval para construção de submarinos convencionais e de propulsão nuclear, na baía de Sepetiba (RJ), no período de um dia. *Anais Hidrográficos*, t. 69, p. 91-98, 2012.

PAWLOWICZ, R., B. BEARDSLEY & S. LENTZ. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T-TIDE. *Computers & Geosciences*, 28 (2002), 929-937, 2002.

SIGNORINI, S. R. A study of the circulation in bay of ilha Grande and bay of Sepetiba. Part I. A survey of the circulation based on experimental field data. Bolm Inst. Oceanogr., São Paulo, 29(1): 41-55, 1980.