LOURVAL DOS SANTOS SILVA

**CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS NO CANAL DE SÃO SEBASTIÃO:
FEVEREIRO DE 1994 A MARÇO DE 1995**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-Graduação do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, para obtenção do grau de Mestre em Oceanografia Física.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Bruner de Miranda

SÃO PAULO

1995

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO OCEANOGRÁFICO

Condições Oceanográficas no Canal de São Sebastião:
fevereiro de 1994 a março de 1995

Lourval dos Santos Silva

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências, Área
Oceanografia Física

APROVADA EM 14/12/1995 POR:

Prof. Dr. Luiz Bruner de Miranda - orientador

Prof. Dr. no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Belmiro Mendes de Castro Filho

Prof. Dr. no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

Dr. José Luiz Stech

Pesquisador no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - São José dos Campos - SP

À minha esposa Rosangela

Às minhas filhas

Wania e Walkiria

Aos meus pais, Walter e Lourdes

Aos meus irmãos

Walker e Waldenize

CONTEÚDO

Páginas

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
LISTA DAS FIGURAS	IV
LISTA DAS TABELAS	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 A REGIÃO EM ESTUDO	1
1.2 O CONHECIMENTO ATUAL	3
1.3 OBJETIVOS	16
2. METODOLOGIA	17
3. ANÁLISE DOS DADOS	21
3.1 REDE EXTERNA	21
3.2 REDE INTERNA	31
3.2.1 CRUZEIRO FEVEREIRO/94	31
3.2.2 CRUZEIRO MARÇO/94	43
3.2.3 CRUZEIRO JULHO/94	54
3.2.4 CRUZEIRO OUTUBRO/94	64
3.2.5 CRUZEIRO JANEIRO/95	75
3.2.6 CRUZEIRO MARÇO/95	85
3.3 TRANSPORTE DE VOLUME	95
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	98
5. CONCLUSÕES	107
BIBLIOGRAFIA	109

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos,

Ao Prof. Dr. Luiz Bruner de Miranda, pela orientação deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Belmiro Mendes de Castro Filho, pelo suporte técnico do L.H.I.C.O. (Laboratório de Hidrodinâmica Costeira) sob sua coordenação;

Ao Prof. Dr. Edmo José Dias Campos, por ter gentilmente cedido os equipamentos do LABMON (Laboratório de Modelagem Numérica);

Aos colegas do L.I.O. (Laboratório de Instrumentação Oceanográfica), Paulo, Wilson, Francisco, Odair, Frederico e Luiz;

Aos colegas Alexandre Luiz Coelho e Raimundo Antunes de Carvalho, pela orientação inicial para a confecção dos gráficos;

Aos colegas Paulo Augusto Bisquolo e Valdecílio Pinheiro Linhares, pela troca de idéias enriquecedoras durante os cursos iniciais;

Aos colegas do B/Pq Velliger II e N/Oc. Prof. W. Besnard;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo suporte ao projeto Oceanografia da Plataforma Interna da Região de São Sebastião (O.P.I.S.S.), do qual este trabalho é parte;

À minha esposa Rosangela dos Santos Teles, pela digitação deste texto.

RESUMO

Um conjunto de dados hidrográficos e correntométricos foram coletados entre fevereiro/94 e março/95 no Canal de São Sebastião e região costeira adjacente, para o estudo em primeira aproximação de suas variações sazonais. Da análise da rede externa ao canal observou-se um acentuado contraste de salinidade e de temperatura ao redor da Ilha de São Sebastião, bem como movimentos ascendentes a norte da ISS. Já no interior do canal, ficou determinado que correntes para SW indicam a aproximação da ACAS na costa. Os cruzeiros de verão não apresentaram a formação em duas camadas e no inverno as condições eram de homogeneidade. Indícios de uma recirculação anticiclônica foram observados na entrada sul do canal. As águas superficiais no CSS apresentaram grande susceptibilidade sazonal ao passo que águas profundas têm suas propriedades fortemente reguladas pela maior ou menor aproximação da ACAS. Quase continuidade do transporte de volume foi verificada em dois cruzeiros por praticamente toda a extensão do canal.

ABSTRACT

A hydrographic and current data set was sampled from February/94 through March/95 in the São Sebastião Channel (SSC) and adjacent coastal region, so as to study in a first approachment its seasonal variations. From the analysis of the hydrographic stations located outside the SSC one observes a strong contrast of salinity and temperature around the São Sebastião Island (SSI), as well as upward movements in the north of the SSI. As to the inner of the channel one realizes that currents to south-west point out to the approach of South Atlantic Central Water (SACW) toward the coast. The summer cruises did not exhibit a two-layer character and in the winter there were homogeneous conditions. Signs of an anticyclonic gyre were observed in the southern entrance of the channel. Surface waters in the SSC showed up strong seasonal susceptibility whereas deep waters have its properties influenced by the approach of the SACW. Nearly continuity of the volume transport was observed in two cruises for almost throughout the channel.

LISTA DAS FIGURAS

	Página
Figura 1A: A Plataforma Continental Interna Adjacente à Ilha de São Sebastião e a localização geográfica das estações hidrográficas.	10
Figura 1B: O Canal de São Sebastião e a localização geográfica das estações hidrográficas. C2 e MA2 indicam a posição geográfica do fundeio e da estação maregráfica, respectivamente.	11
Figura 2: Registros contínuos da temperatura (T) e a salinidade (S) exemplificando a ocorrência de frentes térmica e salina nas proximidades da Ilha de São Sebastião (SP). Correlações negativa e positiva estão indicadas em A e B, respectivamente. De acordo com Miranda & Ikeda (1976).	12
Figura 3: Distribuição da temperatura (graus Celsius) a 25 m de profundidade no Embaimento de São Paulo, indicando a ocorrência de uma zona frontal térmica ao largo de Santos (SP). As linhas tracejadas delimitam a região pesquisada. De acordo com Miranda & Katsuragawa (1991).	13
Figura 4: Estruturas térmica e halina na plataforma continental entre a Ilha de São Sebastião (SP) e o Rio de Janeiro (RJ), no inverno de 1970. Condições de superfície (figura superior) e nas proximidades do fundo (figura inferior). Adaptada de Miranda (1982).	14
Figura 5: Correntes no Canal de São Sebastião (média vertical) geradas por um modelo numérico barotrópico, forçado pelo vento, e hierarquizado na forma de ninhos: (a) regime de ventos nordeste; (b) regime de ventos sudoeste (adaptada de Castro Filho, 1985).	15

Figura 6: Distribuição horizontal de salinidade, na plataforma interna adjacente à Ilha de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e 25 m (C), no cruzeiro realizado em fevereiro de 1994.	25
Figura 6 (cont.): Distribuição horizontal de salinidade, na plataforma interna adjacente à Ilha de São Sebastião, nos níveis de 50 m (D) e nas proximidades do fundo (E), no cruzeiro realizado em fevereiro de 1994.	26
Figura 7: Distribuição horizontal de temperatura, na plataforma interna adjacente à Ilha de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e 25 m (C), no cruzeiro realizado em fevereiro de 1994.	27
Figura 7 (cont.): Distribuição horizontal de temperatura, na plataforma interna adjacente à Ilha de São Sebastião, nos níveis de 50 m (D) e nas proximidades do fundo (E), no cruzeiro realizado em fevereiro de 1994.	28
Figura 8: Distribuição horizontal de densidade convencional, na plataforma interna adjacente à Ilha de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e 25 m (C), no cruzeiro realizado em fevereiro de 1994.	29
Figura 8 (cont.): Distribuição horizontal de densidade convencional, na plataforma interna adjacente à Ilha de São Sebastião, nos níveis de 50 m (D) e nas proximidades do fundo (E), no cruzeiro realizado em fevereiro de 1994.	30
Figura 9: Distribuição horizontal de salinidade na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B), 25 m (C) e proximidades do fundo (D), no cruzeiro realizado em 8/2/94.	35

Figura 10: Distribuição vertical de salinidade nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 8/2/94.	36
Figura 11: Distribuição horizontal de temperatura, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B), 25 m (C) e proximidades do fundo (D), no cruzeiro realizado em 8/2/94.	37
Figura 12: Distribuição vertical de temperatura nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 8/2/94.	38
Figura 13: Distribuição horizontal de densidade convencional, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B), 25 m (C) e proximidades do fundo (D), no cruzeiro realizado em 8/2/94.	39
Figura 14: Distribuição vertical de densidade convencional nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 8/2/94.	40
Figura 15: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade normal às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, cruzeiro realizado em 8/2/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para o norte.	41
Figura 16: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade paralela às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 8/2/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para a ISS.	42

Figura 17: Distribuição horizontal de salinidade, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 29/3/94.	46
Figura 18: Distribuição vertical de salinidade nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 29/03/94.	47
Figura 19: Distribuição horizontal de temperatura, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 29/3/94.	48
Figura 20: Distribuição vertical de temperatura nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 29/3/94.	49
Figura 21: Distribuição horizontal de densidade convencional, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 29/3/94.	50
Figura 22: Distribuição vertical de densidade convencional nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 29/3/94.	51
Figura 23: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade normal às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 29/3/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para o norte.	52

Figura 24: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade paralela às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 29/3/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para a ISS.	53
Figura 25: Distribuição horizontal de salinidade, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 1 m (A), 10 m (B), 25 m (C) e proximidades do fundo (D), no cruzeiro realizado em 6/7/94.	56
Figura 26: Distribuição vertical de salinidade nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 6/7/94.	57
Figura 27: Distribuição horizontal de temperatura, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 1 m (A), 10 m (B), 25 m (C) e proximidades do fundo (D), no cruzeiro realizado em 6/7/94.	58
Figura 28: Distribuição vertical de temperatura nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 6/7/94.	59
Figura 29: Distribuição horizontal de densidade convencional, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 1 m (A), 10 m (B), 25 m (C) e proximidades do fundo (D), no cruzeiro realizado em 6/7/94.	60
Figura 30: Distribuição vertical de densidade convencional nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 6/7/94.	61

Figura 31: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade normal às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 6/7/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para o norte.	62
Figura 32: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade paralela às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 6/7/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para a ISS.	63
Figura 33: Distribuição horizontal de salinidade, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 24/10/94.	67
Figura 34: Distribuição vertical de salinidade nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 24/10/94.	68
Figura 35: Distribuição horizontal de temperatura, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 24/10/94.	69
Figura 36: Distribuição vertical de temperatura nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 24/10/94.	70
Figura 37: Distribuição horizontal de densidade convencional, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 24/10/94.	71

Figura 38: Distribuição vertical de densidade convencional nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 24/10/94.	72
Figura 39: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade normal às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 24/10/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para o norte.	73
Figura 40: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade paralela às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 24/10/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para a ISS.	74
Figura 41: Distribuição horizontal de salinidade, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 26/1/95.	77
Figura 42: Distribuição vertical de salinidade nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 26/1/95.	78
Figura 43: Distribuição horizontal de temperatura, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 26/1/95.	79
Figura 44: Distribuição vertical de temperatura nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 26/1/95.	80

Figura 45: Distribuição horizontal de densidade convencional, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 26/1/95.	81
Figura 46: Distribuição vertical de densidade convencional nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 26/1/95.	82
Figura 47: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade normal às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 26/1/95. Valores positivos indicam correntes fluindo para o norte.	83
Figura 48: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade paralela às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 26/1/95. Valores positivos indicam correntes fluindo para a ISS.	84
Figura 49: Distribuição horizontal de salinidade, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 1 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 17/3/95.	87
Figura 50: Distribuição vertical de salinidade nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 17/3/95.	88
Figura 51: Distribuição horizontal de temperatura, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 1 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 17/3/95.	89

Figura 52: Distribuição vertical de temperatura nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 17/3/95.	90
Figura 53: Distribuição horizontal de densidade convencional, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 1 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 17/3/95.	91
Figura 54: Distribuição vertical de densidade convencional nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 17/3/95.	92
Figura 55: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade normal às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 17/3/95. Valores positivos indicam correntes fluindo para o norte.	93
Figura 56: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade paralela às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 17/3/95. Valores positivos indicam correntes fluindo para a ISS.	94
Figura 57: Diagrama T-S espalhado dos dados hidrográficos do cruzeiro realizado de 7 a 10/2/94 (rede externa).	105
Figura 58: Distribuições verticais de temperatura na seção A, localizada no Canal de São Sebastião, observadas em 4 e 6/3/80 (correntes para NE e SW, respectivamente). Adaptada de Castro Filho & Miranda (in preparation).	106

LISTA DAS TABELAS

	Páginas
Tabela 1: Transporte de Volume, $\varnothing_V$, através das seções A, B, C e D, nos cruzeiros de fev/94, mar/94, jul/94, out/94, jan/95 e mar/95, em unidades de $10^3 \text{ m}^3/\text{s}$	96
Tabela 2: Máximos e mínimos das propriedades hidrográficas salinidade, temperatura e densidade, obtidos nos cruzeiros oceanográficos de fev/94, mar/94, jul/94, out/94, jan/95 e mar/95, no Canal de São Sebastião.	103
Tabela 3: Valores máximos das componentes u e v de velocidade durante os cruzeiros de fev/94, mar/94, jul/94, out/94, jan/95 e mar/95. Valores positivos de v e u indicam correntes para NE e para a ISS, respectivamente.	104

1 - INTRODUÇÃO

1.1 A REGIÃO EM ESTUDO

O Canal de São Sebastião e região costeira adjacente (Fig. 1A) estão localizados na parte central da plataforma continental sudeste brasileira (Fig.3), região esta denominada Embaiamento de São Paulo (Zembruski, 1979). Ela se caracteriza pela proximidade da Corrente do Brasil, que flui ao longo do talude continental, transportando massas de água de origens distintas: a Massa de Água Tropical (AT) e a Massa de Água Central do Atlântico Sul (ACAS). A influência da AT é predominante na camada de superfície e, nas camadas mais profundas, a ACAS contribui com um volume superior a 50 % do volume total da água da plataforma continental para a formação das massas de água a leste da Ilha de São Sebastião (Miranda, 1982).

O domínio interno da plataforma continental da região em estudo é de grande importância econômica e social não somente por seus recursos naturais, mas também pela localização de grandes centros urbanos, áreas de lazer, e por abrigar instalações portuárias e um dos mais importantes terminais marítimos da costa brasileira.

A plataforma continental interna, sendo uma região de transição entre o continente e o oceano adjacente, é a depositária das águas servidas dos centros urbanos e das indústrias através da drenagem continental e da descarga de pequenos rios e córregos. Como consequência, além dos impactos naturais, as águas dessa região também estão sujeitas às tensões associadas ao crescimento urbano e industrial.

O Canal de São Sebastião (CSS) está localizado na parte nordeste do Estado de São Paulo (SP) entre a planície costeira e a Ilha de São Sebastião. Esse canal tem aproximadamente 22 km de comprimento, estendendo-se entre as latitudes 23° 41' e 23° 54' S. Ele tem uma forma curva cuja orientação com o norte verdadeiro varia entre NE e N nas suas entradas sul e norte, respectivamente. Essas entradas, com a configuração afunilada, têm larguras aproximadas de 7,2 e 5,6 km, e a parte mais

estreita, com aproximadamente 1,9 km, está localizada na Ponta Araçá (Fig. 1B). A região mais profunda do canal está localizada no lado insular, onde a profundidade varia aproximadamente entre 20 m nas entradas norte e sul, até uma profundidade máxima de aproximadamente 50 m na parte central do CSS. O lado insular, onde ocorrem as maiores profundidades, será referido como canal principal, caracterizando-se por uma topografia do fundo submarino com acentuadas inclinações laterais.

1.2 O CONHECIMENTO ATUAL

A publicação pioneira contendo dados de propriedades físico-químicas das águas da plataforma continental do Estado de São Paulo (SP) foi apresentada por Emilsson (1956). A análise subsequente desses dados (Emilsson, 1959; 1961), permitiu um conhecimento preliminar das estruturas térmica e halina em escala regional e a formulação de hipóteses sobre a origem e formação das massas de água da região sudeste da plataforma continental brasileira.

Um dos resultados de Emilsson (1961), obtido a partir de um conjunto de dados não sinóticos de março e novembro de 1956, foi a distribuição da salinidade na profundidade de 10 m. Embora essa estrutura halina tenha sido obtida numa escala espacial, abrangendo a costa sudeste e sul, verifica-se que ao largo da Ilha de São Sebastião essa propriedade variava de um mínimo próximo a 34,5 ‰, ao longo da plataforma interna, a um extremo de 36,5 ‰ na região oceânica. Esse máximo foi interpretado por Emilsson (1961) como indicador da Massa de Água Tropical (AT) transportada para o sul pela Corrente do Brasil (CB). Num trabalho posterior Caldas (1978), mostrou que a penetração da AT sobre a plataforma continental ao largo da Ilha de São Sebastião, pode ocorrer em camadas subsuperficiais e na forma de uma cunha, com valores máximos de salinidade próximos a 37,0 ‰.

A análise de características termohalinas das águas superficiais ao longo da plataforma continental entre a Ilha de São Sebastião (SP) e a Baía da Ilha Grande (RJ), com base em registros contínuos e quase-sinóticos de temperatura e salinidade, mostrou a ocorrência de frentes térmicas e salinas (Miranda & Ikeda, 1976; Miranda et al. 1977). As frentes salinas, em geral visíveis e dinamicamente com melhor definição do que as frentes térmicas, foram interpretadas como resultantes da descarga de água doce na região costeira e da interação entre as águas da plataforma continental e a AT, transportada pela Corrente do Brasil na região oceânica adjacente.

As frentes térmica e salina cujas ocorrências foram observadas a leste da Ilha de São Sebastião, podem ser identificadas na Fig. 2A, B, pelas variações espaciais das propriedades físicas correspondentes. Na Fig. 2A, a temperatura e a salinidade

exibem, ao longo da frente, uma correlação negativa, ou seja, o aumento (decréscimo) de uma das propriedades é simultaneamente acompanhado por um decréscimo (aumento) da outra. Por outro lado, a Fig. 2B indica uma frente com correlação positiva dessas propriedades na região de transição entre águas oceânicas de origem tropical e águas costeiras.

Uma característica importante das frentes costeiras e oceânicas é a persistência de grandes gradientes horizontais de temperatura e de salinidade, não obstante a sua tendência para se dissiparem devido ao processo de difusão turbulenta. Em geral, essas frentes estão associadas de alguma forma a concentrações relativamente altas de clorofila e de organismos biológicos (Pingree, 1977, 1978; Pingree et al., 1978a 1978b; Owen, 1981), o que demonstra a sua importância ecológica. De acordo com Fedorov (1983), essa propriedade de auto-preservação das frentes é determinada por peculiaridades da dinâmica local dessas regiões, onde predominam acentuados gradientes das principais propriedades termodinâmicas da água do mar.

A variação sazonal da estrutura térmica da plataforma continental entre a Ilha de São Sebastião (SP) e Cananéia (SP), foi apresentada no trabalho de Pereira Filho (1980). Resultados conclusivos desse trabalho indicam que Santos (SP) separa regiões com distintas distribuições de temperatura média, a saber: em períodos mais quentes quando em uma das regiões a temperatura média é mais elevada na superfície, no fundo, em oposição, a temperatura é menor e vice-versa.

Posteriormente, a distribuição espacial da temperatura no Embaiamento de São Paulo, obtida durante experimentos de prospecção pesqueira realizados em outubro/novembro (Miranda & Katsuragawa, 1991), indicou a ocorrência de uma frente térmica ao largo de Santos (Fig. 3). Essa frente, tal como ilustrada nessa figura, orienta-se perpendicularmente à costa e ao longo da coluna de água, delimitando regiões com estruturas horizontais de temperatura distintas: distribuição quase isotérmica a SW de Santos (21,5 °C), e acentuada estratificação a NE, onde a temperatura decresce até cerca de 17,0 °C.

A concordância qualitativa dos resultados dos trabalhos mencionados acima (Pereira Filho, 1980, e Miranda & Katsuragawa, 1991), quanto à ocorrência de descontinuidade na estrutura térmica na plataforma continental ao largo de Santos, associados aos resultados de natureza batimétrica e geomorfológica do fundo submarino ao largo de Santos (Zembruski, 1979), sugere a influência de efeitos topográficos sobre a circulação e propagação das massas de água no fundo da plataforma continental.

As características da variação sazonal das condições hidrográficas na região pesquisada são conhecidas apenas parcialmente e com base em poucos estudos sistemáticos (Miranda, 1982; Matsuura, 1986; Bakun & Parrish, 1990). Deve-se também mencionar que, tal como no trabalho de Emílsson (1961), esses estudos abrangem uma região com extensão muito maior. Entretanto, os resultados obtidos nesses trabalhos mostram a evolução sazonal das propriedades hidrográficas das massas de Água Tropical e Central do Atlântico Sul que, misturadas à água doce da descarga continental, são os principais constituintes para a formação das massas de água da plataforma continental da região sudeste brasileira.

Nos resultados desses trabalhos verifica-se que na plataforma interna, próxima à Ilha de São Sebastião, a temperatura atinge no verão valores próximos a 28 - 29 °C e que estão associados a baixos valores da salinidade na superfície ($S < 34,6 \text{ ‰}$). Nesta época do ano devido ao aquecimento sazonal e conseqüente formação da termoclina, a estratificação vertical é grande na plataforma externa. Assim, sob uma camada superficial com valores de temperatura e salinidade próximos a 25 °C e 36,6 ‰ existe uma termoclina sazonal relativamente rasa (20-30 m), sob a qual predomina uma camada distinta de águas frias ($< 20 \text{ °C}$) e com menor salinidade ($< 36,4 \text{ ‰}$), que indica a presença da massa de Água Central do Atlântico Sul (ACAS) nas camadas mais profundas.

Durante o inverno a estratificação vertical das massas de água é menos pronunciada do que no verão, devido ao resfriamento sazonal e aos processos de mistura vertical gerados por condições meteorológicas adversas. Esse processo físico tem um significado biológico muito importante, pois águas férteis de camadas mais

profundas são transportadas para a zona eufótica. Para exemplificar características da distribuição da temperatura e da salinidade, a Fig. 4, adaptada de Miranda (1982), mostra que no inverno (julho/70) a temperatura na camada superficial apresentava uma pequena estratificação horizontal na área a SW da Ilha Grande (RJ), embora ao sul do Rio de Janeiro um núcleo de água fria (17 °C) indica uma provável influência de ressurgência costeira. Sob a superfície e abaixo de uma fraca termoclina, a configuração de isotermas e isohalinas na forma de um meandro, a SE da Ilha de São Sebastião, indica a infiltração de águas frias (11 °C) e pouco salinas (34,8 ‰) de origem subtropical (ACAS), sobre a plataforma continental, decorrente de um intenso evento advectivo (vórtice ou meandro da Corrente do Brasil).

A região entre Ubatuba e a Ilha de São Sebastião foi pesquisada com amostragens quase-sinóticas em períodos de verão e de inverno, entre os anos de 1985 e 1988. Os resultados da análise dos dados para o verão de 1985 e o inverno de 1986 (Castro Filho, Miranda & Miyao, 1987), mostraram padrões distintos de distribuição de massas de água em dois domínios (interior e costeiro, e exterior), separados por uma zona frontal térmica bem definida no inverno. Nesse trabalho, onde foram analisados dados hidrográficos de uma densa rede de estações oceanográficas, ficou reforçada a hipótese de que a ocorrência de vórtices e meandros, pode ocasionar variações anormais da estrutura termohalina da plataforma continental.

Durante o verão o domínio interior tem uma estratificação de massa em duas camadas, gerada pelo desenvolvimento da termoclina sazonal, que se intensifica devido ao efeito advectivo da ACAS nesta época do ano. No inverno a sua estrutura térmica tende a uma quase homogeneidade vertical. Com métodos de análise das curvas T-S, esses pesquisadores (Castro Filho, Miranda e Miyao, op. cit.) calcularam os percentuais de contribuição da AT e ACAS, para a formação da Massa de Água Costeira (AC).

O CSS é uma região onde ocorrem complexos processos físicos e há poucos trabalhos publicados sobre a sua oceanografia física. O principal objetivo dos trabalhos anteriores foi estudar a sua circulação a qual não é gerada pela ação da maré e sim predominantemente forçada pelos ventos, que geram a circulação na plataforma

interna adjacente que é canalizada para o seu interior graças à forma afunilada das suas entradas (Emilsson, 1962; Kvinge, 1967).

Um primeiro conhecimento em grande escala da variação sazonal das correntes ao largo da costa sudeste brasileira, pode ser obtido em Schumacher (1943). Com base nesse trabalho, cujos resultados foram obtidos com os dados disponíveis até essa época, verifica-se a presença de contracorrentes (correntes com movimento contrário ao da Corrente do Brasil), e ramos costeiros dessa corrente no verão (fevereiro) e na primavera (setembro), respectivamente. Posteriormente, informações sobre a circulação nessa região foram obtidas a partir de medidas diretas de corrente de curta duração (Johannessen, 1968) e com o lançamento e a recuperação de corpos de deriva (Luedemann & Rock, 1971; Matsuura, 1975; Luedemann, 1979). A comparação desses resultados com os obtidos por Schumacher (op.cit.), mostra alguma concordância qualitativa, principalmente no que se refere à ocorrência de ramos costeiros da Corrente do Brasil e as suas contracorrentes nas épocas de verão.

Para estimar a circulação geral de superfície e de fundo no CSS foram também utilizados corpos de deriva de superfície e de fundo nos trabalhos de Furtado (1978) e Furtado et al. (1987). Os resultados desses experimentos mostraram que a corrente residual de fundo orienta-se predominantemente para o norte. Esse resultado qualitativo é concordante com o valor médio da corrente resultante da análise de medidas obtidas na forma de séries temporais, amostradas por um correntógrafo localizado a 5 m de profundidade no inverno de 1979 (Castro Filho, 1990) e no outono de 1980 (Miranda & Castro Filho, 1995).

Com relação aos movimentos periódicos que se sobrepõem às correntes da plataforma continental da região em estudo ou próximas a ela, devem-se mencionar os trabalhos experimentais e de modelagem numérica desenvolvidos por Mesquita & Harari (1987, 1988). Esses trabalhos, demonstram uma predominância das componentes com frequências diurnas e semi-diurnas geradas por forçantes astronômicas e meteorológicas, sendo que as maiores intensidades são geradas pelas constituintes da maré M_2 , O_1 e K_1 .

Modelos numéricos da circulação gerada pelo vento no Embaiamento de São Paulo, foram desenvolvidos por Harari (1984) e Castro Filho (1985). Nesse último trabalho, o autor desenvolveu um modelo numérico hidrodinâmico barotrópico e hierarquizado na forma de ninhos e com três grades, sendo que a de maior resolução foi localizada no CSS. Ficou demonstrado que a circulação no Canal de São Sebastião resultante desse modelo no inverno (Fig.5), quando a coluna de água apresenta-se pouco estratificada, é uma manifestação local de movimento de escala espacial muito maior, predominantemente gerada pelo vento.

Um modelo de dispersão desenvolvido por Soares (1995) calculou, com base nos resultados do modelo hidrodinâmico de Castro Filho (op.cit.), o espalhamento de uma mancha formada à partir do derrame de 250000 toneladas de uma substância no ponto central do Canal de São Sebastião. Os resultados mostraram que para uma situação hipotética de vento constante, quatro dias são suficientes para praticamente limpar o Canal de São Sebastião.

Castro Filho (1990), com o objetivo de investigar as características gerais da forçante atmosférica e a resposta subinercial das águas do CSS, analisou e comparou dados simultâneos de vento, corrente e nível do mar no CSS, e de pressão atmosférica e nível do mar na Plataforma Continental Sudeste (PCS), coletados durante o inverno de 1979. Uma das constatações do autor foi que a maior parte da variância nas séries de tempo (filtradas com um filtro passa-baixa com corte em 40 h) para o CSS, está concentrada em duas faixas de frequência: 11-16 dias e 3 dias.

Recentemente, as correntes de maré e inerciais da plataforma continental ao largo de Ubatuba foram temas de um estudo detalhado realizado por Alves (1992). Nesse trabalho, em que foram analisadas séries temporais de corrente cobrindo diferentes épocas do ano, os resultados da análise harmônica e espectral mostraram que o comportamento das constituintes semidiurnas M_2 e S_2 e diurnas O_1 e K_1 , é predominantemente barotrópico e baroclínico, respectivamente. Por outro lado, variações sazonais periódicas importantes foram apenas observadas para as correntes geradas pelas constituintes diurnas O_1 e K_1 .

Um longo conjunto de dados correntográficos, coletados no CSS durante os anos de 1992 e 1993, foi analisado por Fontes (1995). Neste trabalho constatou-se um padrão sazonal para a circulação, com velocidades médias em torno de 0,40 a 0,60 m/s, circulação no interior do CSS essencialmente barotrópica, fluxo unidirecional predominantemente para NE em uma camada durante o outono, inverno e primavera. No verão, entretanto, podem ocorrer fluxos baroclínicos bidirecionais em duas camadas, predominantemente para SW e para NE nas camadas superficial e profunda, respectivamente. Ainda, segundo o autor, aqueles fluxos baroclínicos estariam associados à tensão de cisalhamento do vento e à penetração da ACAS pela extremidade sul do canal.

Não obstante todos esses trabalhos prévios sobre características da estrutura termohalina e da circulação, a complexidade da interação entre as forçantes oceânicas e meteorológicas, fazem com que os processos físicos das águas da plataforma continental do Estado de São Paulo ainda sejam muito pouco conhecidos.

Figura 1A: A Plataforma Continental Interna Adjacente à Ilha de São Sebastião e a localização geográfica das estações hidrográficas.

Figura 1B: O Canal de São Sebastião e a localização geográfica das estações hidrográficas. C2 e MA2 indicam a posição geográfica do fundeio e da estação maregráfica, respectivamente.

Figura 2 : Registros contínuos da temperatura (T) e da salinidade (S) exemplificando a ocorrência de frentes térmica e salina nas proximidades da Ilha de São Sebastião (SP). Correlações negativa e positiva estão indicadas em A e B, respectivamente. De acordo com Miranda & Ikeda (1976).

Figura 3: Distribuição da temperatura (°C) a 25 m de profundidade no Embaiamento de São Paulo, indicando a ocorrência de uma zona frontal térmica ao largo de Santos (SP). As linhas tracejadas delimitam a região pesquisada. De acordo com Miranda & Katsuragawa (1991).

Figura 4: Estruturas térmica e halina na plataforma continental entre a Ilha de São Sebastião (SP) e o Rio de Janeiro (RJ), no inverno de 1970. Condições de superfície (figura superior) e nas proximidades do fundo (figura inferior). Adaptada de Miranda (1982).

Figura 5: Correntes no Canal de São Sebastião (média vertical) geradas por um modelo numérico barotrópico, forçado pelo vento, e hierarquizado na forma de ninhos: (a) regime de ventos nordeste, (b) regime de ventos sudoeste. Adaptada de Castro Filho (1985).

1.3 OBJETIVOS

Considerando-se a importância do estabelecimento das propriedades e variáveis físicas da água do mar, o principal objetivo deste trabalho é contribuir para o conhecimento de alguns aspectos da Oceanografia Física dos domínios interno da plataforma continental ao largo da Ilha de São Sebastião (SP) e do Canal de São Sebastião. Dentre esses aspectos serão estudados os seguintes: condições hidrográficas, circulação e transporte de volume na região em estudo.

Para atingir esses objetivos são utilizados os dados hidrográficos da coluna de água, amostrados em seis cruzeiros intercalados no período de um ano e de perfis verticais de corrente.

A análise desses dados oceanográficos permitirá:

- Determinar a estrutura tridimensional das propriedades hidrográficas salinidade, temperatura e densidade;
- Estudar a variabilidade do transporte de volume ao longo do CSS.

2 - METODOLOGIA

São analisados dados parciais da componente de Oceanografia Física do projeto temático Oceanografia da Plataforma Interna de São Sebastião (OPISS), financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Os dados experimentais analisados foram medidos em campanhas sistemáticas realizadas entre fevereiro de 1994 e março de 1995.

Em fevereiro/94, a bordo do N/Oc. Prof. W. Besnard, foram tomadas as medidas dos dados básicos de hidrografia, salinidade (S) e temperatura (T), em função da profundidade (pressão), relativas à rede de estações ao largo da Ilha de São Sebastião (fig. 1A). Para essa finalidade, utilizou-se um CTD fabricado pela Seabird, configurado para uma taxa de amostragem de 26 medidas seqüenciais por segundo das propriedades temperatura (°C), condutividade elétrica (mS.cm) e da pressão (decibares). Esses dados (C,T,P), gravados em sistema binário, foram convertidos em ASCII com programas fornecidos pelo fabricante do equipamento. Em seguida, esses dados foram reduzidos de acordo com a metodologia indicada por UNESCO (1988), através de programas desenvolvidos no "Institute für Meereskunde an der Universität zu Kiel "(IfM -Kiel), e por meio de um processo básico de filtragem e interpolação em intervalos pré-determinados de pressão. Nesse processo de redução, a salinidade é calculada com o algoritmo da escala prática (EPS - 1978).

Outros seis cruzeiros foram realizados para a tomada dos dados hidrográficos e de correntes relativos à rede interna ao Canal de São Sebastião. As estações oceanográficas foram dispostas ao longo do CSS conforme mostra a fig. 1B. As estações de número um a quatro, mais ao sul, serão referidas doravante como seção A; as de número cinco a sete, como seção B; as de número oito a dez, como seção C e, finalmente, as de número onze a treze, mais ao norte, como seção D. No cruzeiro de outubro/94, entretanto, foi inserida uma quarta estação na seção B, alterando em uma unidade a numeração das estações posteriores. Para medida dos dados de salinidade e temperatura, fez-se uso durante os cruzeiros de fevereiro, março, outubro de 1994 e janeiro de 1995, de um Termosalinômetro Portátil Beckman, mod.

RS5-3, com a salinidade em ‰. Um mini - CTD, modelo SD200 (unidades de salinidade em ‰), configurado para uma taxa de amostragem de uma medida a cada 5 s, foi utilizado no cruzeiro de julho/94. Por fim, utilizou-se um CTD da Seabird, modelo Seacat (unidades de salinidade em UPS), no cruzeiro de março/95.

Para o perfilamento da velocidade da corrente (intensidade e direção) foi utilizado um mini-Correntômetro da Sensordata A/S, modelo SD4, configurado para uma taxa de amostragem de uma medida a cada 150 s.

O Termosalinômetro Beckman e o correntômetro registraram suas medidas discretamente ao longo da coluna de água, nas profundidades de 2, 5, 10 m, ... e nas proximidades do fundo, já corrigidas, caso tenha sido necessário, de acordo com a inclinação do cabo lançado.

Medidas de corrente e de temperatura na forma de séries temporais também foram feitas no CSS, em um único fundeio C2 (Fig. 1B).

O projeto ainda contou com uma estação meteorológica automática marca ELLE e estação maregráfica, MA2, (Fig. 1B).

Para posterior calibração dos instrumentos utilizados, foram coletadas amostras de superfície e realizadas estações hidrográficas clássicas com garrafas de Nansen e termômetros de reversão. A salinidade dessas amostras foi determinada através de medições da razão de condutividade elétrica (R_t), com um salinômetro indutivo marca Beckman, modelo RS7 - 10, calibrado com padrão de KCl. R_t foi convertida em salinidade de acordo com o algoritmo que define a Escala Prática de Salinidade, EPS - 1978, (UNESCO, 1981).

Os valores de salinidade fornecidos pelo termosalinômetro (S_t) foram ajustados aos de salinidade obtidos pela análise das amostras das garrafas de Nansen (S_g), através de um ajuste polinomial determinado pelo método dos mínimos quadrados (MMQ), utilizando-se os pares de valores (S_t , S_g).

Em seguida, os dados de salinidade e de temperatura foram interpolados através do método "cubic spline" de interpolação matemática, fornecendo os valores daquelas propriedades em intervalos de 1,0 m de profundidade.

Quanto às medidas efetuadas pelo mini - CTD SD200, não havendo na literatura uma metodologia já estabelecida para a correção de seus dados, foi idealizada por Alexandre Luiz Coelho (comunicação pessoal), a seguinte rotina: (1) eliminação de ruído (máximos ou mínimos relativos de salinidade devidos à diferença entre os tempos de resposta dos sensores de condutividade elétrica e de temperatura) através de filtragem numérica dos dados. (2) os dados obtidos no item anterior foram ajustados aos valores da amostragem coletada com garrafas de Nansen, fazendo-se uso de curvas de ajuste obtidas pelo MMQ. (3) Os dados de temperatura e de salinidade foram interpolados a intervalos de 1,0 m de profundidade, utilizando-se o método "cubic spline".

Quanto aos valores medidos pelo CTD da Seabird, modelo Seacat, programas de tratamento e filtragem dos dados são fornecidos pelo próprio fabricante do equipamento.

As variáveis independentes (S, T, p), já reduzidas foram transferidas para o formato do ICES (1966) para o cálculo das propriedades dependentes, tais como densidade e anomalia e volume específico ao longo da coluna de água. Nesses cálculos foi utilizada a Equação Internacional de Estado da água do Mar (Fofonoff & Millard, 1983; JPOTS, 1991).

Os dados correntométricos da rede interna ao CSS, foram tomados desde a profundidade de 2 m (para que os efeitos do calado da embarcação fossem mínimos), até as proximidades do fundo, em intervalos de 5 m (2, 5, 10, ...). Durante a operação do correntômetro em uma dada profundidade, pode ocorrer que mais do que uma direção seja assinalada; nesses casos foi considerada a média aritmética das mesmas.

Para decomposição dos vetores velocidade, foi adotado um sistema de coordenadas cartesianas tri-ortogonais, com o eixo OY orientado ao longo do canal, positivo para N/NE, OX orientado positivamente para a ilha e OZ orientado positivamente no sentido contrário ao da aceleração da gravidade g. Para essa decomposição foi considerada a declinação magnética local e para a rotação dos eixos coordenados foi levada em conta a curvatura do CSS. Os vetores velocidade

assim medidos foram então decompostos nas componentes longitudinal (v) e transversal (u) ao canal.

Neste momento têm-se os valores de salinidade, temperatura, sigma - t , u e v para pontos discretos ao longo da coluna de água, e em seções transversais ao canal. Com esses dados e o auxílio dos programas Surfer, Autocad entre outros, foram confeccionadas as seções verticais $T(x,z)$, $S(x,z)$, $u(x,z)$, $v(x,z)$ e sigma- $t(x,z)$ e as horizontais $T(x,y)$, $S(x,y)$ e sigma- $t(x,y)$.

Mediante as isotacas de $v = v(x,z)$ foi possível calcular o transporte de volume $\varnothing_v$, através das quatro seções ao longo do CSS (Fig. 1B). A expressão utilizada para esse fim foi:

$$\varnothing_v = \int V_{(x,z)} dx dz \quad (L^3/T) \quad (1)$$

Como a função $v = v(x,z)$ não é conhecida analiticamente, a integral dupla do segundo membro da equação (1) foi calculada da seguinte forma: integração gráfica (planimetria) e somatória dos produtos das áreas entre duas isotacas pelos valores médios da componente v entre elas.

3 - ANÁLISE DOS DADOS

3.1 REDE EXTERNA

Na rede externa (Fig. 1A) foi amostrado um conjunto de estações oceanográficas na plataforma interna adjacente à Ilha de São Sebastião (ISS). Este cruzeiro oceanográfico foi realizado no período de 7 a 10 de fevereiro de 1994, constituindo-se de uma amostragem quase-sinótica representativa para as condições de verão.

Os resultados da distribuição espacial da salinidade na superfície, nas profundidades de 10, 25, 50 m e nas proximidades do fundo, são apresentados na Fig. 6. Como já mencionado, as medidas "in situ" da razão de condutividade elétrica obtidas durante este cruzeiro oceanográfico foram convertidas em salinidade com o algoritmo da Escala Prática de Salinidade-EPS-1978. Portanto, de acordo com as resoluções de UNESCO (1981), essa propriedade é adimensional (g/g) mas seus valores são reportados sem o fator 10^3 . No que segue, deixaremos de usar as siglas PSU (Practical Salinity Unity) ou UPS (Unidade Prática de Salinidade). A unidade clássica ‰ será utilizada quando o valor correspondente da salinidade tiver sido obtido com as escalas de Knudsen -1901 ou Indutiva -1966.

Na Fig. 6A verifica-se que na superfície os valores mínimo (31,5) e máximo (34,5) dessa propriedade ocorrem nas proximidades da costa (extremo oeste da região investigada) e no limite oceânico, respectivamente. No extremo oeste, devido à presença de águas com baixa salinidade, observam-se os maiores gradientes de salinidade e o valor 33,5 predomina nas entradas sul e norte do CSS. Na profundidade de 10 m (Fig. 6B) a configuração das isohalinas é muito diferente daquela observada na superfície e neste nível os valores dessa propriedade são maiores, variando entre 33,5 e 35,5 e da mesma forma que na superfície, esses valores extremos ocorrem nas proximidades da costa e no limite externo da plataforma interna, respectivamente. Entre a superfície e a profundidade de 10 m o maior gradiente vertical de salinidade foi observado no extremo oeste da região investigada, indicando que o mínimo da

superfície estava confinado a uma lâmina de baixa salinidade com profundidade inferior a 10 m, advectada ao longo da costa para a região em estudo.

A configuração das isohalinas na profundidade de 25 m (Fig. 6C) é semelhante àquela observada no nível de 10 m (Fig. 6B), mas os limites de variação dessa propriedade são maiores e estão compreendidos entre 34,0 e 35,8. Neste nível, tal como nos níveis sobrejacentes (superfície e 10 m) os menores valores de salinidade ocorrem nas proximidades da costa, mas o menor valor de salinidade (34,2) passa a ser observado na região norte adjacente à ISS. A 50 m de profundidade (Fig. 6D) a salinidade é quase uniforme com valores no estreito intervalo de 35,6 a 35,7.

A distribuição da salinidade nas proximidades do fundo da plataforma interna é apresentada na Fig. 6E. Devido às variações de profundidade observa-se nessa distribuição uma grande variação espacial dessa propriedade, cujos valores estão entre 33,4 e 35,6. Essa distribuição indica que eventuais comunidades bentônicas migratórias nessa parte da plataforma interna devem adaptar-se a grandes variações de salinidade.

A distribuição da temperatura, associada às distribuições de salinidade analisadas acima, são apresentadas na Fig. 7. A estrutura térmica na superfície (Fig. 7A) mostra que essa propriedade física varia entre 26,5 e 29,0 °C, com os maiores valores localizados ao longo da região costeira. Nessa distribuição deve-se dar destaque ao mínimo de temperatura (26,5 °C), na forma de um núcleo isolado a leste da ISS. No nível de 10 m de profundidade (Fig. 7B) a temperatura varia entre 25 e 28 °C. Embora exista um mínimo de temperatura (25 °C) isolado no limite externo da plataforma interna ao sul da ISS, o principal mínimo, abrangendo uma região relativamente extensa, ocorre na parte norte e leste adjacente à ISS, região esta coincidente com a ocorrência do mínimo de temperatura observado na superfície (Fig. 7A).

A distribuição das isotermas no nível de 25 m indica que, com relação aos níveis sobrejacentes (Figs. 7 A, B), o contraste de temperatura ao redor da ISS apresenta-se bastante acentuado (Fig. 7C). Os mínimos de temperatura iguais a 19 e 20 °C ocorrem ao sul e a NE da ISS, respectivamente, os valores máximos na região

costeira do continente. O mínimo de 20 °C a NE da ISS apresenta-se na forma de um núcleo de mínima temperatura e a sua ocorrência foi também observada na superfície e no nível de 10 m. A 50 m de profundidade a estratificação de temperatura é bem menor do que nos demais níveis analisados e essa propriedade física aumenta gradativamente de 16,6 °C até cerca de 17,6 °C nas proximidades da ISS (Fig. 7D).

A distribuição da temperatura nas proximidades do fundo da plataforma interna (Fig. 7E), tal como a correspondente distribuição de salinidade (Fig. 6E), mostra um acentuado contraste de temperatura ao redor da ISS. Como é de se esperar, o mínimo de temperatura (16,5 °C) é observado no limite oceânico da plataforma interna e os valores máximos (26 - 27 °C) ao longo da região costeira. O mínimo de temperatura de 20 °C a NE da ISS está geograficamente localizado na mesma região de ocorrência dos mínimos observados nas camadas sobrejacentes, inclusive na superfície (Fig. 7A). A continuidade desse mínimo ao longo da coluna de água, mostra conclusivamente que ele foi gerado por movimentos ascendentes.

A estratificação de densidade na plataforma interna adjacente à ISS, representada pela anomalia da densidade à pressão atmosférica (σ_t) e resultante da distribuição das variáveis independentes já analisadas (salinidade e temperatura), é apresentada na Fig. 8. Os detalhes da distribuição dessa propriedade física na superfície podem ser observados na distribuição das isopicnais apresentada na Fig. 8A. Entretanto, deve-se destacar que o menor valor da densidade é igual a 19,5 kg/m³ e está localizado no limite costeiro oeste da região investigada; esse mínimo está associado ao mínimo de salinidade observado nessa região (31,5). O valor máximo da densidade (22,5 kg/m³) ocorre ao sul e a NE da ISS; de acordo com os resultados da distribuição de temperatura, o extremo de densidade localizado a NE da ISS foi gerado por influência dos movimentos ascendentes acima citados.

A configuração das isopicnais nos níveis de 10 e 25 m são muito semelhantes e o intervalo de variação dessa propriedade aumenta ligeiramente de um nível para o outro de 21,0 a 24,0 kg/m³ e 23,0 a 25,5 kg/m³, respectivamente (Fig. 8B, C). Nessas figuras observa-se o máximo secundário localizado a NE e a E da ISS, resultantes dos movimentos ascendentes. A 50 m de profundidade (Fig. 8D) a estrutura

de massa é quase uniforme e o correspondente valor de σ_t varia entre 25,9 e 26,0 kg/m^3 .

A configuração das isopicnais nas proximidades do fundo da plataforma continental interna (Fig. 8E) é muito semelhante à configuração de isohalinas (Fig. 6E) e isotermas (Fig. 7E), com um contraste muito grande ao redor da ISS. águas muito densas ($> 25,0 \text{ kg/m}^3$) são observadas no lado oceânico da ISS e as menos densas ocupam a região ao longo da costa ($21,0 - 21,5 \text{ kg/m}^3$).

SALINIDADE (UPS)

Figura 6: Distribuição horizontal de salinidade, na plataforma interna adjacente à Ilha de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e 25 m (C), no cruzeiro realizado em fevereiro de 1994.

SALINIDADE (UPS)

Figura 6 (cont.): Distribuição horizontal de salinidade, na plataforma interna adjacente à Ilha de São Sebastião, nos níveis de 50 m (D) e nas proximidades do fundo (E), no cruzeiro realizado em fevereiro de 1994.

TEMPERATURA (°C)

Figura 7: Distribuição horizontal de temperatura, na plataforma interna adjacente à Ilha de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e 25 m (C), no cruzeiro realizado em fevereiro de 1994.

TEMPERATURA (°C)

Figura 7 (cont.): Distribuição horizontal de temperatura, na plataforma interna adjacente à Ilha de São Sebastião, nos níveis de 50 m (D) e nas proximidades do fundo (E), no cruzeiro realizado em fevereiro de 1994.

SIGMA - T (kg/m³)

Figura 8: Distribuição horizontal de densidade convencional, na plataforma interna adjacente à Ilha de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e 25 m (C), no cruzeiro realizado em fevereiro de 1994.

SIGMA - T (kg/m^3)

Figura 8 (cont.): Distribuição horizontal de densidade convencional, na plataforma interna adjacente à Ilha de São Sebastião, nos níveis de 50 m (D) e nas proximidades do fundo (E), no cruzeiro realizado em fevereiro de 1994.

3.2 REDE INTERNA

3.2.1 CRUZEIRO FEVEREIRO/94

Os resultados da distribuição horizontal de salinidade em vários níveis no cruzeiro de fevereiro/94, são apresentados na Fig. 9. As salinidades observadas ficaram compreendidas entre um mínimo de 34,8 ‰, obtido na superfície a leste da entrada norte do CSS, e um máximo de 35,4 ‰ medido nas proximidades do fundo, a oeste da entrada sul do canal. Condições de quase homogeneidade se apresentam na região central do canal com alguma estratificação apenas em suas entradas.

Os valores de salinidade observados neste período (Fig. 9) não apresentam uma continuidade com aqueles da rede externa (Fig. 6). Com efeito, os resultados obtidos na rede externa mostram na superfície das entradas norte e sul do CSS valores de salinidades próximos a 33,0 ‰ e 33,5 ‰ ao norte e ao sul, respectivamente (Fig. 6A). Por outro lado, na superfície da rede interna os valores de salinidade são próximos a 34,9-35,0 ‰, com uma diferença de aproximadamente 1,5 ‰ (Fig. 9A). Com o aumento da profundidade essa diferença permanece quase inalterada na entrada norte mas, na entrada sul, ela diminui acentuadamente do lado insular sendo quase zero nas proximidades do fundo (Figs. 6E e 9D). Essas medidas hidrográficas nas redes externa e interna foram feitas com um intervalo de tempo de aproximadamente dois dias e as amostragens nas últimas estações da rede externa foram posteriores às medidas realizadas na rede interna. Considerando-se a não simultaneidade dessas medidas hidrográficas e o fato de que as correntes predominantes na plataforma interna e no CSS eram para o norte, pode-se justificar a não continuidade da distribuição da salinidade como decorrente de alterações da estrutura das massas de água de natureza advectiva.

As seções verticais A, B, C e D, apresentadas na Fig.10, complementam a distribuição espacial dessa propriedade e confirmam as características gerais descritas com base nas seções horizontais. Entretanto, nessas figuras, verifica-se mais claramente que a estrutura vertical dessa propriedade apresenta-se fracamente

estratificada, com diferenças de salinidade entre o fundo e a superfície menor do que 0,5. As variações laterais de salinidade são ainda menores e o exame da configuração das isohalinas mostra que nas seções B, C e D a salinidade aumenta ligeiramente do continente para a ilha, ao passo que na seção A, em oposição a salinidade aumenta da ilha para o continente.

A estratificação horizontal da temperatura na superfície e nas profundidades de 10 m, 25 m e proximidades do fundo é apresentada na Fig. 11. Para cada um dos quatro níveis, o mínimo de temperatura se encontra na entrada sul do CSS na parte leste, indicando penetração de águas frias por essa região. Os menores valores de temperatura encontram-se nos níveis de 25 m e proximidades do fundo ($T < 27,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) enquanto que os maiores valores foram encontrados na superfície ($T = 29,3\text{ }^{\circ}\text{C}$) na porção nordeste do CSS. Como já mencionado, as medidas hidrográficas nas redes externa e interna não foram simultâneas, tendo sido efetuadas com um intervalo de tempo de aproximadamente dois dias. A análise comparativa da distribuição da temperatura nos extremos norte e sul do CSS, entre as redes interna e externa, indica um melhor ajuste da estrutura dessa propriedade na entrada norte. Na entrada sul as maiores diferenças ($< 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) são observadas nas camadas mais profundas ($> 25\text{ m}$). Analogamente às diferenças observadas na distribuição da salinidade, essa descontinuidade da estrutura térmica pode ser justificada por alterações ocasionadas por processo advectivo.

A estrutura vertical de temperatura (Fig. 12) revela, confirmando as características das distribuições horizontais, a diminuição dos valores de temperatura do continente para a ilha. Essas distribuições também mostram, tal como a salinidade, fracos gradientes verticais de temperatura, com essa propriedade aumentando de aproximadamente $27,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, nas proximidades do fundo, a cerca de $29,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ na superfície.

A distribuição horizontal de densidade, representada pela anomalia da densidade à pressão atmosférica ($\sigma - t$) é apresentada na Fig. 13. Os menores valores de densidade ($\sigma - t < 21,8\text{ kg/m}^3$) são observados na superfície a leste da entrada norte e nas imediações das estações que compõem a seção B, associados às maiores temperaturas encontradas nestas regiões. Os maiores valores de densidade são

verificados na metade sul do canal ($\sigma - t > 22,7 \text{ kg/m}^3$), a partir do nível de 10 m. Houve um bom acoplamento entre as isopicnais indicadas junto à rede externa com aquelas da rede interna, nas imediações das entradas sul e norte do CSS.

A estrutura vertical de densidade ao longo do CSS (Fig. 14) mostra bastante similaridade com a de temperatura (Fig. 12), corroborando a importância da temperatura sobre essa propriedade dependente de água do mar.

A distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade normal às seções A, B, C e D está representada na Fig. 15. De acordo com a orientação do sistema de referência, valores positivos indicam correntes fluindo para o norte. Na seção A as velocidades longitudinais são relativamente muito pequenas, existindo um núcleo entre 5 e 10 m de profundidade com velocidades máximas de 0,12 m/s nas proximidades da margem leste da ISS. As correntes apresentaram valores positivos nesta seção, indicando penetração de águas externas no CSS pela sua extremidade sul. As correntes são positivas também nas demais seções, revelando um movimento mais intenso predominantemente para o norte ao longo do canal. Essa intensificação da componente longitudinal da velocidade está associada à geometria do canal que apresenta um grande estreitamento na seção transversal de A para B. Ao norte dessa seção transversal (B) a geometria do canal indica um aumento de sua largura, entretanto, as pequenas profundidades do lado do continente fazem com que o movimento ao longo do CSS seja concentrado no canal principal, localizado do lado insular.

Essa predominância do movimento ao longo do canal principal na região norte do CSS foi demonstrada experimentalmente por Miranda & Castro Filho (1995) que, embora com medidas de corrente efetuadas no canal principal do CSS, obtiveram uma boa continuidade do transporte de volume entre as seções B, C e D.

Em virtude do estreitamento do canal acima descrito, a componente longitudinal da velocidade aumenta de intensidade a partir da seção B, tendo-se obtido os seguintes resultados (Fig. 15): na primeira dezena de metros da camada superficial da seção B a velocidade varia entre 0,30 e 0,40 m.s^{-1} , com o máximo ocorrendo do lado insular. Na seção C os valores mais intensos dessa componente de velocidade são também observados na camada de superfície, variando aproximadamente entre 0,30 e

0,40 m.s⁻¹. Finalmente na seção D ocorrem os valores mais intensos da componente v de velocidade, com um núcleo de máximo de 0,55 m.s⁻¹ na superfície do lado insular.

As distribuições das isotacas de velocidade da componente transversal (u), nas seções A, B, C e D, são apresentadas na Fig. 16. Essa componente tem valores predominantemente positivos, indicando correntes fluindo para a ISS. Na seção A, a intensidade dessa componente é comparável com a da componente v e há uma inversão no sentido do movimento nas proximidades do fundo e do lado insular; nesta seção o máximo ocorre na forma de núcleos na estação 2, com valores próximos a 0,17 m.s⁻¹. Os valores pouco intensos desta componente na seção B, com o maior valor próximo a 0,12 m.s⁻¹, indicam que o movimento é predominantemente longitudinal. Na seção C, as intensidades das isotacas desta componente são comparáveis às da componentes v, chegando a atingir um valor extremo de 0,30 m.s⁻¹ na superfície e proximidades do fundo. Na seção D os valores pouco intensos desta componente (<0,22 m.s⁻¹), quando comparados aos correspondentes da componente v, mostram que através dela predomina o movimento longitudinal. Os maiores valores desta componente são observados do lado insular.

SALINIDADE (‰)

Figura 9 : Distribuição horizontal de salinidade, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B), 25 m (C) e proximidades do fundo (D), no cruzeiro realizado em 8/2/94.

SALINIDADE (‰)

Figura 10: Distribuição vertical de salinidade nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 8/2/94.

TEMPERATURA (°C)

Figura 11: Distribuição horizontal de temperatura, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B), 25 m (C) e proximidades do fundo (D), no cruzeiro realizado em 8/2/94.

TEMPERATURA (°C)

Figura 12: Distribuição vertical de temperatura nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 8/2/94.

SIGMA - T (kg/m^3)

Figura 13: Distribuição horizontal de densidade convencional, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B), 25 m (C) e proximidades do fundo (D), no cruzeiro realizado em 8/2/94.

SIGMA - T (kg/m^3)

Figura 14: Distribuição vertical de densidade convencional nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 8/2/94.

VELOCIDADE V (m/s)

Figura 15: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade normal às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 8/2/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para o norte.

VELOCIDADE U (m/s)

Figura 16: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade paralela às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 8/2/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para a ISS.

3.2.2 CRUZEIRO MARÇO/94

A distribuição horizontal de salinidade nos níveis de 0 m, 10 m, e proximidades do fundo é apresentada na Fig. 17. Neste período, tal como nos demais, esta propriedade apresenta um pequeno intervalo de variação de 34,3 a 35,5 ‰. O mínimo está localizado na superfície na parte oeste da entrada norte do CSS e o máximo nas proximidades do fundo da entrada sul. Esse intervalo de variação da salinidade é muito próximo ao observado no período de fevereiro porém, em geral, os valores de salinidade são alguns décimos menores do que naquele período (Fig. 10).

As estruturas verticais de salinidade relativas às seções A, B, C e D, localizadas ao longo do CSS, são apresentadas na Fig. 18. A estratificação vertical da salinidade neste período é ligeiramente mais intensa do que no período anterior (Fig. 10), mas os seus valores são alguns décimos menores. Na seção A, entre as estações 2 e 3, observa-se um núcleo com salinidade uniforme de 34,6 ‰ e a estratificação vertical mais intensa ocorre do lado insular. Nas camadas mais profundas desta seção a salinidade é muito próxima dos valores observados em fevereiro (Fig. 10A). Comparando-se essa figura com a Fig. 18, verifica-se que nas demais seções (B, C e D) a configuração das isohalinas são muito diferentes entre si.

A estratificação horizontal de temperatura é observada na Fig. 19. Percebem-se aqui gradientes bem mais intensos do que os do cruzeiro anterior. O máximo valor de temperatura está localizado na superfície ($T = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$), na região central do canal; o mínimo mais uma vez se encontra a leste da entrada sul do canal, nas proximidades do fundo, com valor de $19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os valores de temperatura neste cruzeiro são em todos os níveis observados, cerca de $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ menor do que aqueles do cruzeiro anterior, com exceção da região sul, no fundo, onde as temperaturas neste cruzeiro decrescem de cerca de $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ com relação ao cruzeiro de fevereiro de 1994.

A estrutura vertical de temperatura (Fig. 20) confirma as características gerais comentadas com relação à estrutura horizontal. Nas seções B e C verifica-se aumento da temperatura do continente para a ilha, ao passo que na seção D, ocorre justamente o contrário. A região de entrada de água mais fria ($19\text{ }^{\circ}\text{C}$) é associada à

salinidade próxima a 35,0, é observada nas camadas mais profundas. Indícios de uma intrusão advectiva da ACAS está claramente indicada na seção A, com o sinal mais evidente sendo observado no fundo do lado insular.

O exame comparativo das Figs. 18A e 20A mostra que o núcleo de baixa salinidade ($S < 34,6 \text{ ‰}$) está associado a águas quase isotérmicas e com a temperatura variando entre 26,0 °C e 26,5 °C, indicando a presença predominante da Massa de Água Costeira. Sob essa camada observa-se a formação de uma termoclina que se estende até o fundo. Essa termoclina caracteriza-se por um decréscimo da temperatura de aproximadamente 26 °C a 19 °C. A ocorrência desse mínimo de temperatura, associado à salinidade de 35,5 ‰, novamente aponta para a possibilidade de se tratar da intrusão ou aproximação da ACAS, cujo sinal mais evidente está localizado do lado insular.

Os resultados da estrutura de velocidade nessa seção (Fig. 23A) indicam que essa intrusão ocorria com velocidade pouco intensa ($v < 0,02 \text{ m.s}^{-1}$) e estava associada a um movimento predominante para o norte. Como essas características da estrutura termohalina não ocorrem na seção B, evidencia-se que durante esse período a influência da ACAS estava confinada à entrada sul do CSS.

Os resultados da distribuição horizontal da densidade convencional, σ_t , são apresentados na Fig. 21. As densidades observadas ficaram compreendidas entre um mínimo de $22,2 \text{ kg/m}^3$, obtido na superfície, na região central do canal, e um máximo de $25,3 \text{ kg/m}^3$, medido nas proximidades do fundo, no lado leste da entrada sul do CSS; nessa região visualiza-se um forte gradiente horizontal associado às baixas temperaturas ali existentes, onde os valores de densidade excedem em cerca de duas unidades de σ_t os valores encontrados para o cruzeiro anterior; na parte norte deste nível e nos demais níveis, os valores excedem de apenas cerca de $0,5 \text{ kg/m}^3$ aqueles de fevereiro/94.

A estratificação vertical de densidade (Fig. 22), permite localizar o máximo de densidade ($25,5 \text{ kg/m}^3$) no fundo, junto à seção A, no lado leste. Os gradientes verticais, como era de se esperar, também são maiores do que aqueles do

cruzeiro anterior. Na seção B, as densidades crescem (abaixo de 5 m de profundidade) da ilha para o continente, ao contrário, na seção D, elas decrescem nessa direção.

As componentes de velocidades (v) normais às seções (Fig. 23) apresentaram valores negativos em toda a extensão do canal e em todas as profundidades, indicando correntes predominantemente para sul. A exceção fica por conta da entrada sul, seção A, no fundo, ao lado da ISS, onde as correntes fluem para norte, confirmando a aproximação da ACAS por essa região. Interessantes são os núcleos de velocidades máximas ($v = -0,50$ m/s) na estação 2; configuração semelhante foi observada no cruzeiro anterior, no mesmo local, para a componente u de velocidade. Em decorrência do afunilamento do canal, novamente as maiores velocidades são encontradas nas seções B e C, com máximos de $-0,80$ m/s e $-0,65$ m/s, respectivamente, ambos no lado insular. Na seção D as velocidades se atenuam, decrescendo em valores absolutos até cerca de $0,40$ m/s.

A distribuição vertical da componente transversal de velocidade (u) é apresentada na Fig.24. Nessa figura observa-se que os movimentos são predominantemente em direção ao continente em toda extensão do canal, com exceção das proximidades do fundo e do lado insular da seção A, onde foi identificada a intrusão da ACAS. Movimentos com sentido oposto ao predominante também podem ser identificados nas proximidades do fundo da seção D. A seção A revela seu máximo novamente na forma de dois núcleos ($u < -0,14$ m/s), um na superfície e outro no fundo, abaixo da estação 2. O máximo valor desta componente, neste cruzeiro ($u < -0,40$ m/s) se encontra no fundo da seção C.

O exame comparativo das Figs. 23 e 24 mostra que a intensidade da componente longitudinal de velocidade ao longo do CSS são bem maiores do que a componente transversal. Entretanto, tal como em trabalho anterior (Miranda & Castro Filho, 1995), observam-se valores relativamente altos da componente u de velocidade, principalmente nas seções mais estreitas.

SALINIDADE (‰)

Figura 17: Distribuição horizontal de salinidade, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 29/3/94.

SALINIDADE (‰)

Figura 18: Distribuição vertical de salinidade nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 29/3/94.

TEMPERATURA (°C)

Figura 19: Distribuição horizontal de temperatura, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 29/3/94.

TEMPERATURA (°C)

Figura 20: Distribuição vertical de temperatura nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 29/3/94.

SIGMA - T (kg/m^3)

Figura 21: Distribuição horizontal de densidade convencional, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 29/3/94.

SIGMA - T (kg/m^3)

Figura 22: Distribuição vertical de densidade convencional nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 29/3/94.

VELOCIDADE V (m/s)

Figura 23: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade normal às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 29/3/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para o norte.

VELOCIDADE U (m/s)

Figura 24: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade paralela às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 29/3/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para a ISS.

3.2.3 CRUZEIRO JULHO/94

A estrutura halina horizontal e vertical é praticamente homogênea, com $S = 33,3 \text{ ‰}$ em todos os níveis ao longo de todo o CSS, tal como se observa nas Figs. 25 e 26, respectivamente. Com relação às médias de salinidade dos cruzeiros anteriores, constata-se uma diminuição de 2 ‰ , sugerindo uma intensificação dos processos de mistura, já esperada para essa época do ano.

A distribuição horizontal de temperatura (Fig. 27), revela baixos gradientes; no nível de 1 m, a diferença entre o maior e o menor valor de temperatura é de cerca de $0,3 \text{ °C}$, para o nível de 10 m e proximidades do fundo, o intervalo é de $0,2 \text{ °C}$, e a 25 m tem-se homogeneidade com $T = 21,5 \text{ °C}$. O máximo de temperatura ($T = 21,8 \text{ °C}$) está localizado na zona central do canal, na superfície. O mínimo é encontrado no fundo ($T = 21,4 \text{ °C}$) a leste da entrada sul, indicando novamente, embora de maneira nem tão evidente, a infiltração de águas mais frias por essa localidade.

Os gradientes verticais de temperatura (Fig. 28) são igualmente pequenos. O mínimo de temperatura é indicado a leste da seção A, no fundo. É nesta seção também que se percebe o menor gradiente vertical de temperatura.

O quadro de quase homogeneidade das propriedades independentes S e T refletido nas distribuições horizontal e vertical da densidade (Figs. 29 e 30), apresenta um valor de aproximadamente $23,0 \text{ kg/m}^3$. Este valor não é muito diferente dos valores encontrados para o cruzeiro anterior pois a queda de temperatura neste cruzeiro foi compensada pela queda da salinidade para o estabelecimento do campo de densidade.

A distribuição vertical das componentes de velocidades normais às seções está indicada na Fig. 31. As correntes neste cruzeiro são menos intensas do que aquelas dos cruzeiros anteriores; elas fluem para norte ao longo de todo CSS, com exceção daquelas junto à margem continental da entrada sul (seção A), sugerindo uma recirculação anticiclônica nesta localidade. As maiores velocidades ficaram limitadas a áreas bem pequenas, como no fundo da seção B ($v > 0,38 \text{ m/s}$), ou sob a forma de núcleos ($v > 0,28 \text{ m/s}$) conforme observado na seção C.

As componentes de velocidades transversais ao canal (Fig. 32) têm seus valores equiparáveis às componentes longitudinais. Os maiores valores são observados a exemplo dos cruzeiros anteriores ($u > 0,35$ m/s) na seção C, logo abaixo da superfície. As correntes fluem para a ISS por toda extensão do canal.

SALINIDADE (‰)

Figura 25: Distribuição horizontal de salinidade, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 1 m (A), 10 m (B), 25 m (C) e proximidades do fundo (D), no cruzeiro realizado em 6/7/94.

SALINIDADE (‰)

Figura 26: Distribuição vertical de salinidade nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 6/7/94.

TEMPERATURA (°C)

Figura 27: Distribuição horizontal de temperatura, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 1 m (A), 10 m (B), 25 m (C) e proximidades do fundo (D), no cruzeiro realizado em 6/7/94.

TEMPERATURA (°C)

Figura 28: Distribuição vertical de temperatura nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 6/7/94.

SIGMA - T (kg/m^3)

Figura 29: Distribuição horizontal de densidade convencional, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 1 m (A), 10 m (B), 25 m (C) e proximidades do fundo (D), no cruzeiro realizado em 6/7/94.

SIGMA - T (kg/m^3)

Figura 30: Distribuição vertical de densidade convencional nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 6/7/94.

VELOCIDADE V (m/s)

Figura 31: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade normal às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 6/7/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para o norte.

VELOCIDADE U (m/s)

Figura 32: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade paralela às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 6/7/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para a ISS.

3.2.4 CRUZEIRO OUTUBRO/94

A estratificação horizontal de salinidade para o cruzeiro de outubro de 1994 é representada na Fig. 33. O mínimo de salinidade foi observado na superfície ($S = 32,6 \text{ ‰}$), no lado leste da entrada norte do canal, ao passo que o máximo está localizado no fundo ($S > 35 \text{ ‰}$), no lado oeste da entrada sul do CSS. Com exceção do cruzeiro de julho/94, em todos os outros cruzeiros até aqui analisados, os máximos de salinidade foram localizados no mesmo ponto: região oeste da entrada sul e nas proximidades do fundo. Os maiores gradientes horizontais de salinidade estão localizados na superfície, devido àquele mínimo encontrado na região.

A distribuição vertical de salinidades é apresentada na Fig. 34. Em cruzeiros anteriores verifica-se que, quando as isohalinas tendem à verticalização, as salinidades crescem do continente para a ISS; neste cruzeiro, ao contrário, percebe-se que junto à seção B as salinidades crescem, até a profundidade de 15 m, da ilha para o continente, fato que também se observa na estrutura horizontal, nos níveis de 0 e 10 m (Figs. 33A, B), nas imediações da seção B. Na seção D, observa-se uma grande variação de salinidade entre a superfície e a profundidade de 10 m ($1,5 \text{ ‰}$) em decorrência do mínimo de salinidade ($S = 32,6 \text{ ‰}$) verificado na superfície na localidade daquela seção (Fig. 33A).

A estrutura térmica horizontal é representada na Fig. 35. As temperaturas neste cruzeiro são maiores do que as de julho/94, mas não tão grandes quanto as de fevereiro e março/94. Em termos de temperaturas médias, poder-se-ia indicar para fevereiro 28 °C , para março $26,5 \text{ °C}$, para julho $21,5 \text{ °C}$ e para outubro 24 °C .

O mínimo de temperatura para este cruzeiro, singularmente não se encontra na entrada sul, embora aí se verifique um mínimo secundário ($T < 21,7 \text{ °C}$), mas na região imediatamente ao norte da zona central do canal ($T < 21,2 \text{ °C}$) e nas proximidades do fundo (Fig. 35). Na região daquele mínimo secundário, as temperaturas decrescem para sul, a exemplo de todos os outros cruzeiros. O máximo de temperatura localiza-se na superfície ($T > 24,8 \text{ °C}$) na região central do CSS. É

neste setor que no CSS, parecem localizar-se as maiores temperaturas nos dez primeiros metros de profundidade; a partir dessa região as temperaturas decrescem em direção a ambas as entradas, norte e sul.

Analisando-se a distribuição vertical de temperatura (Fig. 36), confirma-se aquele mínimo de temperatura comentado quando da análise da distribuição horizontal; ele é observado no fundo da seção C ($T < 19,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). O máximo é observado na superfície da seção B ($T > 24,8\text{ }^{\circ}\text{C}$). Junto às seções B, C e D, verifica-se que as temperaturas tendem a crescer do continente para a ilha.

A estratificação horizontal da densidade convencional, $\sigma - t$, é representada na Fig. 37. Sua configuração é bastante semelhante à das isotermas. A evidência de sazonalidade é tênue neste cruzeiro, tendo-se em vista as densidades. Elas não diminuíram muito de $23,0\text{ kg/m}^3$, encontrado em julho/94, em decorrência da combinação do pequeno aumento das temperaturas e das salinidades. O mínimo desta propriedade é encontrado na superfície, no limite leste da entrada norte ($\sigma - t < 21,8\text{ kg/m}^3$) enquanto que o máximo é verificado no fundo ($\sigma - t > 24,4\text{ kg/m}^3$), na entrada sul do CSS. Um máximo secundário é observado no fundo ($\sigma - t > 24,0\text{ kg/m}^3$), no mesmo ponto onde foi localizado o mínimo de temperatura.

A estrutura vertical das densidades está representada na Fig. 38. Ela confirma as características já mencionadas, apresentando o mínimo na superfície ($\sigma - t < 21,9\text{ kg/m}^3$), a leste da seção D, e o máximo ($\sigma - t < 24,4\text{ kg/m}^3$), junto à seção A, no fundo.

O campo das componentes de velocidades normais (v) às seções (Fig. 39) é semelhante ao do cruzeiro de julho/94, porém com intensidades maiores. O fluxo é para norte ao longo de todas as seções com a exceção da margem oeste da entrada sul, que novamente indica uma recirculação anticiclônica na região. As maiores velocidades se verificam, como sempre, nas seções B, C e D, em decorrência do estreitamento do canal, com o máximo ($v > 0,42\text{ m/s}$) observado na superfície da seção B e na profundidade de 10 m na seção D.

As componentes transversais ao canal, u , (Fig. 40) mostram intensidades bem menores do que as componentes normais e valores sempre positivos, que indicam

correntes fluindo para a ISS. O máximo, a exemplo dos cruzeiros anteriores, se verifica na seção C, com valor aproximado de 0,32 m/s.

SALINIDADE (‰)

Figura 33: Distribuição horizontal de salinidade, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 24/10/94.

SALINIDADE (‰)

Figura 34: Distribuição vertical de salinidade nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna ao Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 24/10/94.

TEMPERATURA (°C)

Figura 36: Distribuição vertical de temperatura nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 24/10/94.

SIGMA - T (kg/m^3)

Figura 37: Distribuição horizontal de densidade convencional, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 24/10/94.

SIGMA - T (kg/m^3)

Figura 38: Distribuição vertical de densidade convencional nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 24/10/94.

VELOCIDADE V (m/s)

Figura 39: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade normal às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 24/10/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para o norte.

VELOCIDADE U (m/s)

Figura 40: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade paralela às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 24/10/94. Valores positivos indicam correntes fluindo para a ISS.

3.2.5 CRUZEIRO JANEIRO/95

O campo horizontal das isohalinas, relativo ao cruzeiro de janeiro/95, está indicado na Fig. 41. Os menores valores de salinidade ($S < 33,5 \text{ ‰}$) ocorrem junto às estações que compõem a seção C ao longo de toda a coluna de água. Os maiores valores de salinidade ($S > 34,7 \text{ ‰}$) encontram-se novamente no fundo, na porção leste da entrada sul do CSS. Em todos os cruzeiros até aqui analisados, com exceção do de julho/94, onde prevaleceram as condições de homogeneidade, os máximos de salinidade ocorreram sempre nesta região do canal. Os valores de salinidade neste cruzeiro foram ligeiramente menores do que aqueles encontrados no cruzeiro anterior.

Junto às seções A e B, na superfície e no lado oeste, da distribuição vertical de salinidade (Fig. 42), são verificados núcleos de águas menos salinas, indicando infiltração das mesmas por esse ponto do canal. Interessante são os núcleos de $S < 33,4 \text{ ‰}$ localizados na seção D e de maneira menos perceptível na seção C.

A estrutura térmica horizontal (Fig. 43) mostra que as temperaturas neste cruzeiro excedem em 4 °C em média as do cruzeiro anterior, porém ligeiramente menores do que aquelas de fevereiro/94. Os menores valores ($T < 26,2 \text{ °C}$) outra vez localizam-se no fundo, no lado leste da entrada sul do canal, ao passo que os maiores valores ($T > 29,0 \text{ °C}$) foram encontrados na região em torno da seção C, na superfície, no mesmo lugar onde se situou o máximo de fevereiro/94.

Os maiores gradientes verticais de temperatura localizam-se no fundo das seções A e B (Fig. 44), em decorrência da infiltração de águas frias e de um mínimo secundário, respectivamente. Na seção D observa-se um núcleo de altas temperaturas ($T > 29,2 \text{ °C}$) que se correspondem aos maiores valores encontrados na distribuição horizontal (Fig. 43) e ao núcleo de baixas salinidades comentado quando da análise da estrutura vertical dessa propriedade (Fig. 42).

A estratificação horizontal da densidade convencional, $\sigma - t$, é apresentada na Fig. 45. Os menores valores de densidade ($\sigma - t < 20,8 \text{ kg/m}^3$) são encontrados na superfície, imediatamente ao norte da região central do CSS, enquanto os maiores valores ($\sigma - t > 22,3 \text{ kg/m}^3$) situam-se no fundo, a leste

da entrada sul. As densidades neste cruzeiro são cerca de 2 unidades de sigma - t menores do que as do cruzeiro anterior, em decorrência da ligeira diminuição das salinidades e acentuado aumento das temperaturas.

A seção D da distribuição vertical de densidade (Fig.46), exhibe os dois núcleos de densidades mínimas, analogamente ao que ocorre com as outras propriedades (salinidade e temperatura) na mesma seção.

O quadro apresentado pelo campo de componentes de velocidades normais às seções (Fig. 47) é análogo àqueles de julho/94 e outubro/94, embora as intensidades observadas neste cruzeiro sejam maiores do que as dos dois anteriores. Com exceção da margem oeste da seção A, as correntes fluem para norte ao longo de todo o canal. A oeste da entrada sul as velocidades são negativas, configurando-se nesta região um giro anticiclônico que a exemplo do constatado em cruzeiros anteriores não atinge a seção B. As maiores velocidades são observadas nas seções B, C e D, com o máximo ($v > 0,70$ m/s) na superfície da seção C. Interessante é o núcleo observado logo abaixo da estação 12 na seção D; nesse mesmo ponto foram destacados núcleos de salinidade, temperatura e densidade.

Dentre os cruzeiros descritos até aqui, este foi o que apresentou o campo de componentes de velocidades transversais com as maiores intensidades (Fig. 48). O máximo ocorre na superfície da seção C ($u > 0,90$ m/s). Essa componente, ao longo de todo o CSS, tem sinal positivo, indicando fluxo para a ISS, com exceção do fundo da seção A, na margem leste, confirmando a infiltração de águas mais frias por esse local.

SALINIDADE (‰)

Figura 41: Distribuição horizontal de salinidade, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 26/1/95.

SALINIDADE (‰)

Figura 42: Distribuição vertical de salinidade nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 26/1/95.

TEMPERATURA (°C)

Figura 43: Distribuição horizontal de temperatura, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 26/1/95.

TEMPERATURA (°C)

Figura 44: Distribuição vertical de temperatura nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 26/1/95.

SIGMA - T (kg/m^3)

Figura 45: Distribuição horizontal de densidade convencional, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 0 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 26/1/95.

SIGMA - T (kg/m^3)

Figura 46: Distribuição vertical de densidade convencional nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 26/1/95.

VELOCIDADE V (m/s)

Figura 47: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade normal às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 26/1/95. Valores positivos indicam correntes fluindo para o norte.

VELOCIDADE U (m/s)

Figura 48: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade paralela às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 26/1/95. Valores positivos indicam correntes fluindo para a ISS.

3.2.6 CRUZEIRO MARÇO/95

Os resultados da distribuição horizontal de salinidade estão representados na Fig. 49. Os menores valores de salinidade foram observados neste cruzeiro, sendo que a maioria deles, ficou abaixo de 33,0 UPS. O mínimo é observado na superfície ($S < 32,0$ UPS) em dois pontos: a oeste da entrada sul e nas imediações das estações que compõem a seção C, enquanto o máximo está localizado no fundo ($S > 33,8$ UPS) na região leste da entrada sul do CSS. Os gradientes horizontais são muito pequenos, principalmente nos níveis de 1 m e 10 m, onde o intervalo entre o mínimo e o máximo não ultrapassa 0,2 UPS, em quase toda a extensão do canal.

Os maiores gradientes verticais de salinidade (Fig. 50) estão localizados no fundo das seções A e B. As isohalinas de 32,0 e 32,1 UPS são observadas na superfície de todas as seções, confirmando a pequena estratificação horizontal. O máximo de salinidade é verificado no fundo, a leste da seção A.

A infiltração de águas mais frias é novamente confirmada quando da análise da distribuição horizontal de temperatura (Fig. 51). O mínimo se encontra nas proximidades do fundo ($T < 25,1$ °C), justamente a leste da entrada sul do canal. Nas imediações das estações que compõem a seção B é verificado um mínimo secundário de temperatura ($T < 25,4$ °C), num ponto de gradientes relativamente grandes. Curioso é que nesta região ocorre igualmente um máximo secundário de salinidade com praticamente a mesma configuração de isohalinas. Os maiores valores de temperatura se encontram na superfície, na extremidade norte e do lado leste do CSS ($T > 27,3$ °C). Nos três níveis amostrados, as temperaturas, de forma geral, crescem de sul para norte e no nível de 10 m são observados os menores gradientes horizontais. As temperaturas neste cruzeiro são ligeiramente menores, cerca de 2 °C, do que as do cruzeiro anterior e praticamente coincidentes com as de março/94, com semelhança inclusive das configurações das isotermas para cada nível, com exceção da região sul do canal nas proximidades do fundo, onde em março/95 a penetração de águas frias não foi tão intensa quanto em março/94.

Nas estruturas verticais de temperatura (Fig. 52), confirma-se o máximo de temperatura na parte leste da entrada sul e nas proximidades do fundo, assim como os maiores valores nas camadas superficiais entre as seções C e D.

A estratificação horizontal da densidade convencional, σ_t , está representada na Fig. 53. Os menores valores encontram-se na superfície, a oeste da entrada sul e logo acima da região central do canal, do lado leste ($\sigma_t < 20,4 \text{ kg/m}^3$). Os maiores valores encontram-se no fundo ($\sigma_t > 22,3 \text{ kg/m}^3$), a oeste da entrada sul do canal. As densidades neste cruzeiro foram cerca de 2 kg/m^3 menores do que as de março/94, apesar de as temperaturas não terem sido muito diferentes, o que determinou a queda das densidades foram as salinidades mais baixas em março/95. No nível de 10 m, a exemplo da distribuição das outras propriedades, encontram-se os menores gradientes horizontais.

Gradientes verticais de densidade (Fig. 54) relativamente intensos aparecem no fundo das seções A (lado leste) e B, revelando penetração de águas frias e salinas por esse ponto no canal.

O campo de componentes de velocidades normais, v , às seções (Fig. 55) tem seus valores muito próximos de 0 m/s. o máximo ocorre na seção D ($v > 0,15 \text{ m/s}$), na superfície. O fluxo é para sul na região da seção B; o mesmo ocorrendo nas seções C e D abaixo de cerca de 10 m de profundidade, acima da qual o fluxo passa a ser para norte. Na seção A, temos fluxo para o sul, da superfície até a profundidade de 12 m aproximadamente, a partir de onde temos fluxo para norte, indicando novamente possível penetração ou influência da aproximação da ACAS por essa localidade.

As componentes de velocidades transversais, u , (Fig. 56) são também muito pequenas e por isso muito próximas do limite de confiabilidade do aparelho, o que impõe dúvidas quanto às inversões de correntes; todavia, os valores negativos na margem leste da entrada sul parecem indicar a proximidade da ACAS. O máximo valor de velocidade ($u < -0,07 \text{ m/s}$) está localizado como em todos os outros cruzeiros, na seção C.

De todos os cruzeiros, este foi o que apresentou menores valores de velocidade.

SALINIDADE (UPS)

Figura 49: Distribuição horizontal de salinidade, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 1 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 17/3/95.

SALINIDADE (UPS)

Figura 50: Distribuição vertical de salinidade nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 17/3/95.

TEMPERATURA (°C)

Figura 51: Distribuição horizontal de temperatura, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 1 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 17/3/95.

TEMPERATURA (°C)

Figura 52: Distribuição vertical de temperatura nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 17/3/95.

SIGMA - T (kg/m^3)

Figura 53: Distribuição horizontal de densidade convencional, na região interna ao Canal de São Sebastião, nos níveis de 1 m (A), 10 m (B) e proximidades do fundo (C), no cruzeiro realizado em 17/3/95.

SIGMA - T (kg/m^3)

Figura 54: Distribuição vertical de densidade convencional nas seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 17/3/95.

VELOCIDADE V (m/s)

Figura 55: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade normal às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 17/3/95. Valores positivos indicam correntes fluindo para o norte.

VELOCIDADE U (m/s)

Figura 56: Distribuição vertical da intensidade da componente de velocidade paralela às seções A, B, C e D, localizadas na região interna do Canal de São Sebastião, no cruzeiro realizado em 17/3/95. Valores positivos indicam correntes fluindo para a ISS.

3.3 TRANSPORTE DE VOLUME

Os transportes de volumes resultantes, $\bar{Q}_V$, através das seções transversais A, B, C e D, obtidos para os cruzeiros de fevereiro, março, julho e outubro de 1994 e janeiro e março de 1995 estão apresentados na Tabela 1.

Nessa tabela verifica-se que no cruzeiro de fevereiro/94, entre as seções A e B, houve um acréscimo significativo do transporte de volume de $5,9 \times 10^3$ a $10,3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ em decorrência da aceleração advectiva entre estas duas seções (Fig. 15). As seções C e D apresentaram transportes de volumes muito próximos ao da seção B, $10,6 \times 10^3$ e $10,0 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente, estabelecendo-se então a partir da seção B, longitudinalmente, razoável conservação do transporte de volume ao longo do CSS.

A situação no cruzeiro de março/94 é oposta à de fevereiro somente com relação ao sentido das correntes, que neste cruzeiro fluem para sul e não para norte. Iniciando a análise a partir da seção mais a norte, observa-se que houve um acentuado aumento, em módulo, do transporte de volume entre as seções D e C, de $-15,6 \times 10^3$ para $-18,5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$; os transportes através das seções B e A, $-18,8 \times 10^3$ e $-18,3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente, indicam conservação, no sentido longitudinal, do transporte de volume.

No cruzeiro de julho/94, as correntes fluem para o norte, com exceção da porção oeste da entrada sul (seção A) onde as correntes fluem para sul (Fig. 31). A pequena descontinuidade do transporte de volume entre as seções A e B, que variou de $2,6 \times 10^3$ a $4,7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente, é devida não somente à aceleração advectiva em direção norte, como também à recirculação junto à seção A. A seção C apresentou um transporte de volume de $8,5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$, ao passo que a seção D apresentou $7,3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$, em decorrência de uma aceleração advectiva entre B e C e uma desaceleração entre C e D, respectivamente.

Tabela 1: Transporte de Volume, $\varnothing_v$, através das seções A, B, C e D, nos cruzeiros de fev/94, mar/94, jul/94, out/94, jan/95 e mar/95, em unidades de $10^3 \text{ m}^3/\text{s}$.

SEÇÕES CRUZEIROS	A	B	C	D
fev/94	5,9	10,3	10,6	10,0
mar/94	-18,3	-18,8	-18,5	-15,6
jul/94	2,6	4,7	8,5	7,3
out/94	7,7	13,1	8,7	10,3
jan/95	5,9	12,8	8,9	20,0
mar/95	0,0	-1,7	-1,2	2,8

O cruzeiro de outubro/94, a exemplo dos cruzeiros anteriores, não indica continuidade do transporte de volume entre as duas primeiras seções, com relação à direção da corrente, aqui entre A e B, cujos transportes variaram de $7,7 \times 10^3$ a $13,1 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ para depois decrescer para $8,7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ na seção C e crescer novamente para $10,3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ na seção D.

Os transportes de volume através das seções transversais durante o cruzeiro de janeiro/95 tiveram valores proporcionais aos de outubro/94, com exceção da seção D, através da qual passaram $20,0 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Guardadas as devidas proporções, poder-se-ia agrupar os cruzeiros de julho, outubro de 1994 e janeiro de 1995 de um lado e com a ressalva da inversão do sentido das correntes, os cruzeiros de fevereiro e março de 1994 de outro, com relação à circulação. O cruzeiro de março/95 é singular, apresentando baixas velocidades e várias inversões de correntes, tornando-as duvidosas devido àquelas estarem muito próximas dos limites de confiabilidade do correntômetro. Todavia constata-se que na seção A, o transporte para norte estabelece-se na metade inferior da coluna d'água ($\emptyset_v = -0,5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$) enquanto que na metade superior ($\emptyset_v = 0,5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$) o transporte é para sul. O transporte através da seção B é integralmente para sul ($\emptyset_v = -1,7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$). Nos primeiros 10 m abaixo da seção C o transporte é para norte ($\emptyset_v = 0,2 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$) e desta profundidade até o fundo, o transporte é para sul ($\emptyset_v = -1,4 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$). Aquela camada de 10 m abaixo da seção C aparentemente aprofunda-se em direção norte, chegando a 15 m diante da seção D, onde o transporte de volume atinge o valor de $2,9 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$. Abaixo desta profundidade, o transporte na seção D é para sul ($\emptyset_v = -0,2 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$).

4 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As distribuições horizontais de temperatura e salinidade na rede externa (Figs. 6 e 7) e o diagrama T-S correspondente (Fig. 57), indicam a massa de Água Costeira ocupando praticamente toda a superfície desde a costa até a isóbata de 50 m. Essa massa de água é caracterizada por águas quentes e pouco salinas; seu índice termohalino sugerido pelo diagrama T-S é ($S = 31$ UPS, $T = 29$ °C). Da massa de Água Tropical (AT), a qual é caracterizada por águas quentes e salinas são observados apenas leves sinais em camadas superficiais ao largo da isóbata de 50 m; o índice termohalino da AT sugerido pelo diagrama T-S é ($S = 37$ UPS, $T = 27$ °C). A Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que é formada por águas frias e de salinidade intermediária com relação às duas anteriores, parece ter presença abaixo do nível de 50 m e ao largo da isóbata de 50 m. Seu índice termohalino sugerido pelo diagrama T-S é ($S = 35,5$ UPS, $T = 16$ °C).

Este não é um quadro típico para esta estação (verão/94). Em oportunidades anteriores, nesta época do ano, tem sido verificada uma maior proximidade da ACAS da costa (Castro Filho et al. 1987). As correntes no CSS neste cruzeiro fluíam para NE, por toda extensão do canal e ao longo de toda a coluna de água. Este panorama para as correntes também não é muito comum na região nesta estação. Fontes (1995) constatou que no verão/92, as correntes superficiais no CSS, fluíam predominantemente para SW. Silva (1984) analisando os ventos mais freqüentes para Cananéia, verificou que entre os meses de outubro e janeiro, para o período de 1956-80, os ventos predominantes são provenientes de E-NE. Como a região em estudo está sujeita às mesmas condições meteorológicas de Cananéia (Castro Filho, 1985), conclui-se que tais ventos favorecem as correntes superficiais para SW. O fluxo das correntes para NE, talvez induzido por uma frente fria que se instalara na região naqueles dias, não favoreceu a penetração da ACAS. De acordo com Castro Filho et al. (op.cit.), ventos de E-NE induziriam um transporte da AC em direção ao oceano na camada de Ekman, compensado pelo transporte em sentido contrário em toda a coluna de água, favorecendo a penetração da ACAS, e é claro, ventos de SW,

inibiriam-na, aproximando por sua vez a AT da costa. As salinidades variaram de 31,5 UPS, obtida na superfície, a 35,8 UPS, obtida no nível de 25 m. Observa-se que abaixo deste nível, as salinidades decresceram, indicando sinais da ACAS no fundo. As temperaturas variaram de 16,5 °C a 29,0 °C, e as densidades de 19,5 a 26 kg/m³.

Confrontando-se os resultados obtidos junto às redes interna e externa, verifica-se grande coerência com relação às temperaturas. Como caso particular, comparando-se as figuras 7A e 11A, observa-se que na entrada norte do CSS encontram-se temperaturas de cerca de 29 °C e temperaturas ligeiramente menores em sua entrada sul, em ambas as figuras. Tal correspondência não houve com relação à salinidade em camadas superficiais. Uma camada superficial de aproximadamente 10 m de profundidade, favorecida pelo vento SW, foi advectada para a região investigada, alterando drasticamente o campo de salinidades. Ao que parece, as respostas das águas do CSS e da região costeira adjacente são relativamente rápidas às forçantes. Como outra medida desta rapidez, podem-se citar os trabalhos de Castro Filho & Miranda (in preparation). Neste trabalho foram realizadas estações hidrográficas ao longo das seções A, B, C e D no CSS de 4 a 7 de março/80, que entre outros objetivos, tinha os de estudar as variações diárias no CSS. Dia 4 as correntes fluíam para NE, ao passo que dia 6 as correntes fluíam para SW, tendo havido portanto uma inversão de correntes durante o dia 5. Comparando-se as distribuições verticais de temperatura dos dias 4 e 6, percebe-se um acentuado decréscimo de temperatura (de 24 para 17 °C) no fundo da seção A, no lado insular, acompanhado de forte gradiente, sugerindo o deslocamento da ACAS rumo à plataforma interna (Fig. 58). Fica claro então que, correntes para SW indicam a aproximação da ACAS na costa e automaticamente no CSS e que a resposta às forçantes se dá relativamente rápida. Se as condições forem favoráveis pode haver uma estratificação de massa em duas camadas, determinadas pela presença de uma termoclina sazonal, inclusive no interior do CSS (Castro Filho et al., 1987; Fontes, 1995).

Neste trabalho, sinais da proximidade da ACAS na entrada sul do canal foram detectados em todas os cruzeiros, no entanto foi no cruzeiro de março/94 que estes sinais tornaram-se mais fortes na entrada sul do canal, justamente no único

cruzeiro em que as correntes fluíram integralmente para SW. Os mínimos de temperatura ocorreram em todos os cruzeiros no CSS em sua entrada sul e nas proximidades do fundo; a exceção ficou por conta do cruzeiro de outubro/94 embora no local houvesse um mínimo secundário. Os máximos de temperatura ocorreram de forma geral na região central do canal, em águas superficiais. Os mínimos de salinidade foram encontrados na maior parte das vezes junto à entrada norte do canal, na superfície e invariavelmente os máximos estiveram na entrada sul, no fundo. Com relação às densidades convencionais, os máximos foram encontrados no fundo, na região sul do canal, associados aos mínimos de temperatura; os mínimos foram detectados na região central ou norte do canal, na superfície. Com exceção dos locais de ocorrência dos mínimos de temperatura e máximos de salinidade que estão associados à proximidade da ACAS no canal, seriam necessários muitos outros cruzeiros oceanográficos no CSS para que se pudesse inferir algo com relação aos outros locais de máximos e mínimos.

A sazonalidade do campo de salinidades não foi verificada nesses seis cruzeiros (Tab. 2), a não ser por um ligeiro decréscimo com a aproximação do inverno. As temperaturas máximas (associadas às águas superficiais) mostraram grande correlação com as estações do ano; assim nos três cruzeiros de verão amostrados, em dois obtiveram-se temperaturas ao redor de 29,0 °C e no cruzeiro de final de verão (março/95) verifica-se $T = 27,3$ °C, pouco maior que a temperatura máxima obtida no cruzeiro de início de outono (março/94) de 27,0 °C. O cruzeiro de início de inverno (julho/94) indicou uma temperatura máxima de 21,8 °C a qual se elevou para 24,8 °C no cruzeiro do início de primavera (outubro/94).

Se por um lado as temperaturas máximas mostraram-se bastante sensíveis aos processos de interação ar-mar, o alcance da penetração da ACAS é que vai determinar como vão variar as temperaturas mínimas no canal, e a infiltração da ACAS vai por sua vez depender dos ventos. Em condições bastante favoráveis, a ACAS pode atingir a entrada norte, o que certamente provocaria uma queda das temperaturas superficiais. O cruzeiro de julho/94 revelou condições de homogeneidade no CSS. Tais condições em meses de inverno têm se manifestado uma constante na região, como se pode observar por exemplo em Castro Filho et al. (1987) onde foi verificado que em um

cruzeiro realizado em julho/86, as estações mais costeiras, nas proximidades da Ilha Anchieta, apresentaram sua curva T-S reduzida praticamente a um ponto. As salinidades relativamente baixas nesta época do ano na região, sugerem que ventos prevalecentes de SW, associados a sistemas meteorológicos frontais, tragam em condições favoráveis, águas de baixa salinidade oriundas de regiões limítrofes a mananciais mais expressivos de água doce, como a Bacia de Santos, por exemplo.

Observando-se a coluna "densidade" da Tab.2, verifica-se que no cruzeiro de março/94, ocorre o maior valor de densidade de todos os cruzeiros ($25,3 \text{ kg/m}^3$). Este valor está associado à ACAS. No local onde ocorreu este máximo de densidade (no limite leste da entrada sul do canal), ocorreu também o mínimo de temperatura (19°C) e o máximo de salinidade ($35,5 \text{ ‰}$). Este fato também é confirmado, observando-se que junto ao diagrama T-S, obtido com pares (S,T) coletados na região adjacente ao CSS, à ACAS estão associados valores de densidade compreendidos entre 25 e 26 kg/m^3 (Fig. 57). Os demais valores de densidade constantes desta tabela, a maioria entre 20 e 22 kg/m^3 , atestam a presença predominante da AC no canal.

As correntes no CSS fluíram para NE em quatro dos seis cruzeiros; em um único cruzeiro (março/94) as correntes fluíram para SW, favorecendo a aproximação da ACAS; no cruzeiro de março/95 houve calma e algumas inversões de correntes, porém velocidades muito próximas de zero e do limite de confiabilidade do aparelho, restringem as conclusões. O cruzeiro de janeiro/95 acusou as maiores velocidades, chegando seus módulos a valores de cerca de 1 m/s . Os valores máximos das velocidades paralelas às seções ocorreram em todos os cruzeiros, junto à seção C (Tab. 3). Devido ao estreitamento do canal nas imediações das seções B e C, foi observada junto a elas uma aceleração advectiva. Este fato foi observado em vários trabalhos anteriores (Emilsson, 1962). Considerando-se a quase continuidade do transporte de volume ocorrida em março/94 entre as seções A e B (Tab. 1), é razoável verificar a lei de conservação de massa para um escoamento irrotacional, estacionário, incompressível e não viscoso:

$$S_A \cdot V_A = S_B \cdot V_B \quad (2)$$

onde S_A e S_B são as medidas das áreas das seções A e B, respectivamente e V_A , V_B , representam os módulos das velocidades médias naquelas seções. Os valores das áreas S_A e S_B foram obtidos por planimetria e V_A e V_B pelo cálculo de médias ponderadas, utilizando áreas parciais entre isotacas de velocidade como pesos. Os resultados encontrados foram os seguintes: $S_A = 175761 \text{ m}^2$, $S_B = 44628 \text{ m}^2$, $V_A = 0,104 \text{ m/s}$ e $V_B = 0,421 \text{ m/s}$. De fato verifica-se que $S_A / S_B \sim V_B / V_A$.

Células de recirculação são previstas por um modelo numérico barotrópico, forçado pelos ventos, nas entradas norte e sul do canal de São Sebastião, como representante de um dos três regimes típicos de distribuição de correntes (Castro Filho, 1985). Miranda e Castro Filho (1995) constataram evidências de vórtices ciclônico e anticiclônico na entrada sul do canal em regime de correntes para sul e norte, respectivamente. Em vários cruzeiros analisados neste trabalho, foram encontrados indícios de recirculação anticiclônica na entrada sul em regime de correntes para norte; entretanto somente quando da análise das distribuições verticais das componentes de velocidades. O cálculo do transporte de volume nada indicou neste sentido, o que leva a atribuir aos seis eventos analisados a preponderância dos outros dois regimes sugeridos pelo modelo de Castro Filho (op. cit.), isto é, os regimes de correntes em direção ao polo e o regime de correntes em direção ao equador.

Tabela 2: Máximos e mínimos das propriedades hidrográficas salinidade, temperatura e densidade, obtidos nos cruzeiros oceanográficos de fev/94, mar/94, jul/94, out/94, jan/95 e mar/95, no Canal de São Sebastião.

<div> <div>PROPRIEDADES</div> <div>CRUZEIROS</div> </div>	SALINIDADE (‰ OU UPS)		TEMPERATURA (°C)		DENSIDADE (kg/m ³)	
	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo
fev/94 (verão)	35,4	34,8	29,3	27,6	22,7	21,8
mar/94 (outono)	35,5	34,3	27,0	19,0	25,3	22,2
jul/94 (inverno)	33,3	33,3	21,8	21,4	23,0	23,0
out/94 (primavera)	35,0	32,6	24,8	21,2	24,4	21,8
jan/95 (verão)	34,7	33,4	29,0	26,2	22,3	20,8
mar/95 (verão)	33,8	32,0	27,3	25,1	22,3	20,4

Tabela 3: Valores máximos das componentes u e v de velocidade durante os cruzeiros de fev/94, mar/94, jul/94, out/94, jan/95 e mar/95. Valores positivos de v e u indicam correntes para NE e para a ISS, respectivamente.

CRUZEIROS	VELOCIDADES MÁXIMAS	
	V (m/s)	U (m/s)
FEV/94	0,55	0,35
MAR/94	-0,80	-0,40
JUL/94	0,38	0,35
OUT/94	0,42	0,32
JAN/95	0,70	0,90
MAR/95	0,15	-0,07

Figura 57: Diagrama T-S espalhado dos dados hidrográficos do cruzeiro realizado de 7 a 10/2/94 (rede externa).

Figura 58: Distribuições verticais de temperatura na seção A, localizada na região do Canal de São Sebastião, observadas em 4 e 6/3/80 (correntes para NE e SW, respectivamente). Adaptada de Castro Filho & Miranda. In preparation .

5 - CONCLUSÕES

No decorrer de doze meses foram realizados seis cruzeiros oceanográficos para a coleta de dados hidrográficos e correntométricos no canal de São Sebastião e região costeira adjacente. Esses dados devidamente tratados, forneceram as distribuições horizontais e verticais das variáveis salinidade, temperatura, densidade e velocidade das correntes, as quais permitiram uma visão tridimensional do campo daquelas propriedades nas diversas estações do ano. É claro que a análise de seis eventos convenientemente intercalados no espaço de um ano não tem a pretensão de extrapolar certos fenômenos observados para períodos futuros. Nesse sentido fica manifestada a importância dos trabalhos anteriores na região em estudo e da continuidade das investigações, para que se possa conclusivamente afirmar a sazonalidade de certos eventos. Assim, o movimento ascendente evidenciado a norte da ISS, a presença de uma camada de aproximadamente 10 m de águas quase salobras ($S < 31,0$ UPS) a oeste da ISS e o contraste de salinidade e de temperatura, de grande interesse biológico, ao redor da ISS, terão em trabalhos posteriores uma melhor definição.

Nesse trabalho confirma-se a influência, no limite leste da região estudada e na superfície, da Água Tropical mais ao largo e sob ela, avançando até as proximidades da isóbata de 50 m, a Água Central do Atlântico Sul. Dessa isóbata até a costa o predomínio foi da Água Costeira. Nos seis cruzeiros analisados não se constatou a penetração da ACAS no CSS, mas sim sua maior ou menor aproximação da entrada sul do canal. Não se pode inferir dessa análise que no período de fevereiro/94 a março/95 a ACAS não penetrou no CSS, pois sua proximidade da costa é regulada pelos ventos e a resposta das águas na região pode ser relativamente rápida. Não foi registrada, portanto, nesses seis cruzeiros, a formação do modelo em duas camadas, típico dos meses de verão. Por outro lado, o cruzeiro de inverno apresentou um quadro típico para essa estação: homogeneidade das águas do canal por toda sua extensão. As águas superficiais no CSS mostraram que suas propriedades têm marcadamente caráter sazonal, ao passo que as águas do fundo têm suas

propriedades reguladas pela maior ou menor aproximação da ACAS. O cruzeiro de março/94, quando se assinalaram correntes para SW, mostrou a maior aproximação da ACAS, o que corrobora o modelo de Castro Filho et al. (1987).

Indícios de uma recirculação anticiclônica na entrada sul do canal foram observados embora o cálculo do transporte de volume não os tenham confirmado; esse mesmo cálculo revela que em duas oportunidades, houve quase continuidade do transporte de volume ao longo do canal.

BIBLIOGRAFIA

- Alves, M.A. 1992. Correntes de maré e inerciais na plataforma continental ao largo de Ubatuba. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico da USP, 162 p.
- Bakun, A. & Parrish, R.H. 1990. Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: the Brazilian Sardine (*Sardinella aurita*). J. Cons. int. perm.Explor. Mer. 46:269-
- Caldas, M. J. 1978. Características da estrutura e da circulação das águas da plataforma continental entre Cabo Frio e a Ilha de Santa Catarina, em janeiro de 1968. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico, 94 p.
- Castro Filho, B. M. de; Miranda, L. B. de. In preparation. Hydrographic Properties in the São Sebastião Channel (SP): Daily Variations observed in March, 1980.
- Castro Filho, B. M. de 1985. Subtidal response to wind forcing in the South Brazil Bight during the winter. PH.D. Dissertation. RSMAS, University of Miami, 211 p.
- 1990. Wind driven currents in the Channel of São Sebastião: Winter 1979. Bolm. Inst. oceanogr., S Paulo, 38 (2): 111-132.
- Castro Filho, B. M. de; Miranda, L. B. de & Miyao, S. Y. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. Bolm Inst. Oceanogr., S Paulo, 35(2):135-151.

Coelho, Alexandre Luiz. In Preparation. Massas de Água no Canal de São Sebastião. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico.

Emílsson, I. 1956. Relatório e resultados físico-químicos de três cruzeiros oceanográficos em 1956. Contrômes. Inst. Oceanogr., Univ. S Paulo, sér Oceanogr. fís., (1):1-70.

----- 1959. Alguns aspectos físicos e químicos das águas marinhas brasileiras. Ciênc. Cult., S Paulo, 11(2):44-54.

----- 1961. The shelf and coastal waters of southern Brazil. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 11(2):101-112

----- 1962. As correntes marítimas no Canal de São Sebastião. Ciência e Cultura, S Paulo, 14 (4): 269-270.

Fedorov, K.N. 1983. The Physical Nature and Structure of Oceanic Fronts. In: Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies. Technical Ed. Garrett C., Springer-Verlag, Berlim, No. 19, 333 p.

Fofonoff, N. P. & Millard Jr., R. C. 1983. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. Tech. Pap. mar. sci., 44, 53 p.

Fontes, Roberto F. C. 1995. As correntes no Canal de São Sebastião. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico da USP, 159 p.

Furtado, V. V. 1978. Contribuição ao estudo da sedimentação atual no Canal de São Sebastião. Tese de Doutorado. Inst. de Geociências, USP, S.Paulo, 2.V., 110 p. + figs. e tabelas.

----- Gallo, J. & Luedemann, E. F. (in memorian) 1987. Análise do comportamento das correntes através de corpos de

deriva no Canal de São Sebastião, São Paulo. Anais do 1º Congresso ABEQUA, Porto Alegre, pp. 93-102.

Harari, J. 1984. Representação da circulação na plataforma continental sudeste do Brasil através de modelo numérico tridimensional linear. In: I Semin. Modelagem do Mar, INPE, S. J. dos Campos, Brasil.

Harari, J. 1985. Desenvolvimento de um modelo numérico hidrodinâmico tridimensional linear, para a simulação e a previsão de circulação na plataforma brasileira, entre 23º e 26ºS. Bolm Inst. Oceanogr., S Paulo, 33(2):159-191.

ICES. International Council for the Exploration of the Sea. 1966. Oceanographic punch cards. 2nd ed.. Copenhagen, 15 p.

JPOTS. 1991 (ed. panel). Processing of oceanographic station data. UNESCO, Paris, 138p.

Johannessen, O. M. 1968. Note on some hydrographical and current observations from in three positions on the Brazilian shelf in the region of Cabo Frio-Santos, 1966. Contrômes. Inst. Oceanogr. Univ. S. Paulo, sér. Ocean. Fís., 9:9-16.

Kvinge, Thor. 1967. On the special current and water level variations in the Channel of São Sebastião. Bolm Inst. oceanograf., S Paulo, 16 (1): 23-38.

Luedemann, E. F. & Rock, N. 1971. Studies with drift bottles in the region of Cabo Frio. In: Fertility of the Sea, Ed. J. D. J. D. Costlow Jr., Gordon & Breach, N. Y., v.1, pp. 267-283.

----- 1979. Contribuição ao estudo das correntes de superfície sobre a plataforma continental do Estado de São Paulo, Brasil (Lat. 24 - 25° S até Long. 045° 40' W). Bolm Inst. Oceanogr., S Paulo, 28(2):55-75.

Matsuura, Y. 1975. A study of surface currents in the spawning area of Brazilian sardine. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 24:31-44.

----- 1986. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica na região sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). Cienc. & Cult., S Paulo, 38(8):1439-1450.

Mesquita & Harari, J. 1987. Harmonic constants of tides and currents of the southern Brazilian shelf. In: Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Síntese dos conhecimentos, Cananéia, São Paulo. ACIESP, 2:415-422.

----- & Harari, J. 1988. Vertical profiles of tidal currents in the southern Brazilian shelf. Ciênc. Cult., 40(7):704-705, supl.

Miranda, L.B. de & Ikeda, Y.. 1976. Investigacion preliminar de la variabilidad de temperatura y salinidad superficiales en la region adyacente a Bahia de Isla Grande (RJ): 16/06 a 21/06/1975. Men. I Reun. Lat. Cienc. Tecnol. Ocean. (México) (1):15-48.

----- , Ikeda, Y., Pereira Filho, N. & Castro Filho B.M. de 1977. Note on the occurrence of saline fronts in the Ilha Grande (RJ) region. Bolm Int. Oceanogr., S Paulo (26):249-256.

----- 1982. Análise de massas de água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) e Ilha de São Sebastião (SP). Tese de Livre-Docência.

Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 123p. + figs.

----- 1985. Forma da correlação T-S de massas de água das regiões costeira e oceânica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP), Brasil. Bolm Inst. Oceanogr., S Paulo, 33(2):105-119.

----- & Katsuragawa, M. 1991. Estrutura térmica na região sudeste do Brasil (outubro/novembro de 1988). publicação esp. Inst. oceanogr., S Paulo, (8):1-14.

----- & Castro Filho, B.M. de. 1995. Variabilidade da circulação e do transporte de volume no Canal de São Sebastião (SP). Publicação esp. Inst. Oceanogr., São Paulo, (11): 1-9.

Owen, R.W. 1981. Fronts and eddies in the sea. mechanisms, interactions and biological effects. In: Analysis of Marine Ecosystems. Ed. A.R. Longhurst, Academic Press, N.Y., p.197-233.

Pereira Filho, N. 1980. Contribuição ao estudo das características térmicas da região oceânica compreendida entre a Ilha de São Sebastião (SP) e Cananéia (SP). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 116 p.

Pingree, R.D. 1977. Effects of mixing and stabilization on phytoplankton distribution on the north-west European continental shelf. NATO School on 'Spatial pattern in Plankton Communities' Erice, Sicily.

----- 1978. Cyclonic Eddies and cross frontal mixing. J. mar. Biol. Assoc., U.K., v.58, p.955-963.

----- Bowman, M.J.; Esaias, W.E. 1978a. Headland fronts. IN: Oceanic Fronts in Coastal Processes. ED. M.Bowman, W.Esaias. Springer-Verlag, p.78-86.

----- Holligan, P.M.; Mardel, G.T. 1978b. The effects of summer on the northwestern European Shelf. Deep-Sea Res., 25(11):1011-1028.

Schumacher, A.1943.Monatskarten der Oberflächenströmungen im äquatorialen und südlichen Atl. Ozean. Ann. Hydr.Mar. Met.209 p.

Silva, J. F. 1984. Dados climatológicos de Cananéia e Ubatuba (Estado de São Paulo). Bolm. Climatol. Inst. Oceanogr. S. Paulo, (5): 1-18.

Soares, I.D. 1995. Um Modelo Numérico de Dispersão Oceânica: Aplicações ao Canal de São Sebastião e Adjacências. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 126 p.

UNESCO, 1981. The Practical Salinity Scale 1978 and the International Equation of State of Seawater 1980.

UNESCO, 1988. The acquisition, Calibration, and Analysis of C.T.D data. A report of SCOR WG 51. Tech Pap. mar. sci., 54, 59 p.

Zembruski, S.G. 1979. Geomorfologia da Margem Continental Sul Brasileira e das Bacias Oceânicas adjacentes (Relatório Final). In: Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira, Ed. Chaves, H.A.F.. PETROBRÁS, p. 129-177.