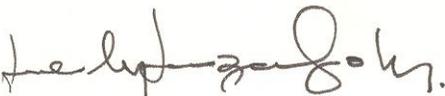
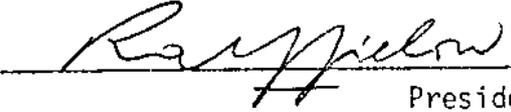


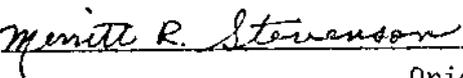
| | | | |
|---|----------------------------|--|--|
| 1. Publicação nº <i>INPE-2780-TDL/137</i> | 2. Versão | 3. Data <i>Junho, 1983</i> | 5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita |
| 4. Origem <i>DRH-DSR</i> | Programa <i>FRH/SER</i> | | |
| 6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>FRENTE OCEÂNICA SUBTROPICAL VARIÇÕES SAZONAIS</i> <i>DADOS OCEANOGRÁFICOS ESTRUTURA TERMAL</i> <i>DADOS VISSR/SMS-2</i> | | | |
| 7. C.D.U.: <i>528.711.7:551.465.532</i> | | | |
| 8. Título <i>INPE-2780-TDL/137</i> <i>ESTUDO DAS VARIÇÕES SAZONAIS DA FRENTE OCEÂNICA SUBTROPICAL ENTRE A CORRENTE DO BRASIL E A CORRENTE DAS MALVINAS, UTILIZANDO DADOS OCEANOGRÁFICOS E DO SATÉLITE SMS-2</i> | | 10. Páginas: <i>328</i> | |
| 9. Autoria <i>Sueli Susana de Godoi</i> | | 11. Última página: <i>B.2</i> | |
| Assinatura responsável  | | 12. Revisada por <i>Merritt R. Stevenson</i> Merritt R. Stevenson | |
| | | 13. Autorizada por <i>Nelson de Jesus Parada</i> Nelson de Jesus Parada Diretor | |
| 14. Resumo/Notas <p><i>Apresenta-se um estudo das variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical (Convergência Subtropical) entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas (Falkland), localizada na área de estudo entre 25°S e 45°S e 045°W e 065°W, utilizando dados oceanográficos e do satélite SMS-2. A interpretação automática das imagens foi realizada através do Sistema IMAGE-100. Observou-se que, no período de janeiro de 1980 a março de 1981, as variações sazonais na direção longitudinal ao deslocamento desta frente foram mais notáveis entre o outono e a primavera. Faz-se uma análise do comportamento estatístico de dados obtidos pelo satélite SMS-2 (faixa espectral 10,5 - 12,6 µm) utilizando um modelo gaussiano. Apresentam-se alguns exemplos das distribuições estatísticas da temperatura equivalente de Corpo Negro do campo de nuvens e de condições isentas de nuvens. Fornece-se uma avaliação quantitativa do ajuste entre os dados das distribuições estatísticas experimentais e os da distribuição gaussiana. Estima-se o gradiente termal da superfície do mar na região da Convergência Subtropical. Confrontam-se as temperaturas da superfície do mar observadas através de sensores remotos e de dados oceanográficos. As informações obtidas através de sensores remotos e de dados oceanográficos mostram que o sensoriamento remoto é uma eficaz ferramenta de pesquisa quando aplicada na detecção e monitoramento da Frente Oceânica Subtropical.</i></p> | | | |
| 15. Observações <i>Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto aprovada em 10 de dezembro de 1982.</i> | | | |

Aprovada pela Banca Examinadora
em cumprimento a requisito exigido
para a obtenção do Título de Mestre
em Sensoriamento Remoto

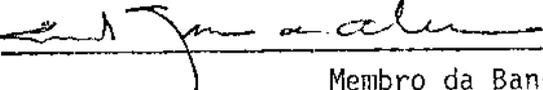
Dr. Ralf Gielow


Presidente

Dr. Merrit R. Stevenson


Orientador

Cmte. Emmanuel Gama de Almeida


Membro da Banca
-convidado-

Dr. Yoshimine Ikeda


Membro da Banca
-convidado-

Candidata: Sueli Susana de Godoi

São José dos Campos, 10 de dezembro de 1982

À Natureza

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Merritt Raymond Stevenson pela orientação deste trabalho e constante atenção com que acompanhou o seu desenvolvimento.

Ao Comandante Emmanuel Gama de Almeida pela amizade, críticas e sugestões que muito auxiliaram na elaboração deste estudo.

Ao Dr. Ralf Gielow pelo apoio e compreensão demonstrada.

Aos meus pais e irmãos pelo incentivo e confiança.

Ao Instituto de Pesquisas Espaciais por ter permitido a realização deste trabalho.

Ao grupo de oceanografia pelo interesse.

À Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha pelo fornecimento dos dados oceanográficos.

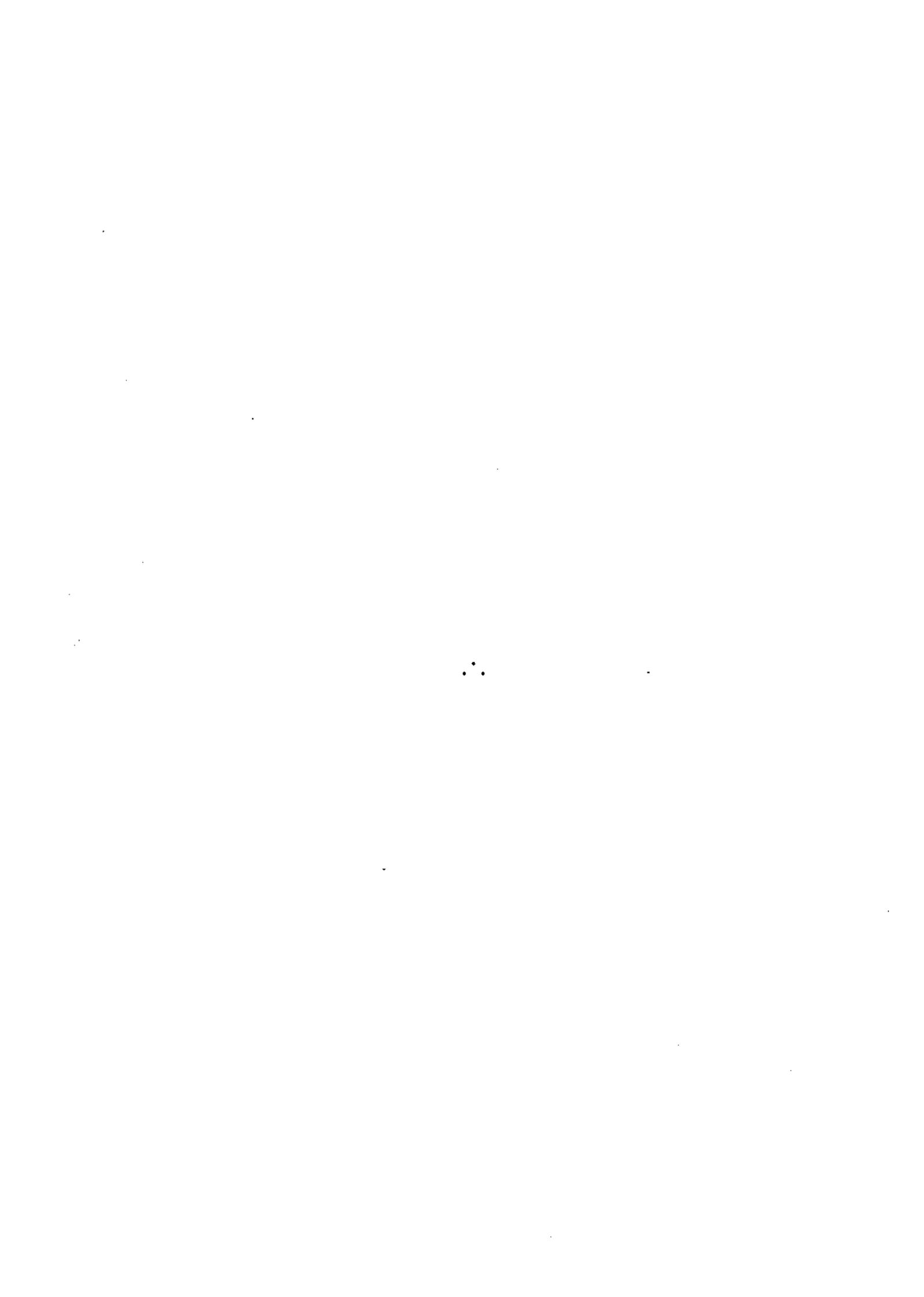
Ao Departamento de Meteorologia do INPE pelo acesso às imagens do satélite SMS-2, utilizadas neste estudo.

Aos membros do Laboratório de Tratamento de Imagens Digitais pela atenção e permanente assistência; em especial a Fernando Mitsuo Ii, José Carlos Moreira e Norma Paiva da Matta e Silva.

Aos amigos Bernadete e Emmanuel Santos pela reprodução dos desenhos originais.

À amiga Célia Regina Rosa pela dedicação e esmero na dactilografia deste trabalho.

Aos amigos Athos Ribeiro dos Santos, Claudio Solano Pereira, Getúlio Vargas Assunção, Luís Arnaud Brito de Castro, Marx Prestes Barbosa, Myrian de Moura Abdon, Paolo Pio Gabriele Camilli, Ranière Alpino, pela valiosa colaboração e pelo apoio com que me acompanharam.



ABSTRACT

A study of seasonal variations of the Subtropical Oceanic Front (Subtropical Convergence) between the Brazil Current and Malvinas (Falkland) Current, located in the study area between 25°S and 45°S and 045°W and 065°W, is realized by utilizing oceanographic and SMS-2 data. The images automatic interpretation was realized by utilizing the IMAGE-100 System. During the period from January 1980 to March 1981, it was observed that the seasonal variations in the longitudinal direction of this front displacement were most prominent between autumn and spring. An analysis of the statistical behavior of the SMS-2 data (10,5 - 12,6 μm spectral window) was made utilizing a Gaussian model. Some statistical examples comparing the distributions of the blackbody temperature field with cloud and cloud free conditions are presented. A quantitative evaluation of the agreement between the experimental statistics distributions and Gaussian distribution data is provided. The values of the thermal gradient of the sea surface in the region of the Subtropical Convergence is estimated. The sea surface temperatures observed by remote sensors and oceanographic data are compared. The information obtained from remote sensors and compared with oceanographic data show that remote sensing is a powerful research tool when applied to the detection and monitoring of the Subtropical Oceanic Front.

SUMÁRIO

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| LISTA DE FIGURAS | <i>xi</i> |
| LISTA DE TABELAS | <i>xix</i> |
| <u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u> | 1 |
| <u>CAPÍTULO 2 - MATERIAIS E MÉTODOS</u> | 5 |
| 2.1 - Área de estudo | 5 |
| 2.2 - Análise de dados oceanográficos | 10 |
| 2.3 - Análise de dados obtidos pelo satélite SMS-2 | 14 |
| 2.3.1 - O satélite SMS-2 e o sistema sensor VISSR | 14 |
| 2.3.2 - Tratamento automático das imagens - VISSR/SMS-2 | 18 |
| 2.3.3 - Análise estatística de dados do satélite SMS-2 | 22 |
| 2.3.4 - Considerações sobre o cálculo do gradiente de temperatura da superfície do mar | 29 |
| 2.4 - Análise comparativa entre dados oceanográficos e de satélite | 32 |
| 2.4.1 - Análise da temperatura da superfície do mar, obtida com dados oceanográficos e de satélite (GOSSTCOMP - VISSR/SMS-2) | 32 |
| 2.4.2 - Análise das variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical, obtida com dados oceanográficos e do satélite SMS-2 | 36 |
| <u>CAPÍTULO 3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES DE DADOS OCEANOGRÁFICOS</u> ... | 39 |
| 3.1 - Análise de dados oceanográficos | 39 |
| 3.1.1 - Análise de dados oceanográficos - Primavera/1977 | 41 |
| 3.1.2 - Análise de dados oceanográficos - Verão/1981 | 77 |
| 3.1.3 - Análise de dados oceanográficos - Outono/1978 | 101 |
| 3.1.4 - Análise de dados oceanográficos - Inverno/1965 | 125 |
| 3.2 - Variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical obtida com dados oceanográficos | 147 |
| 3.2.1 - Comparação entre as distribuições horizontais de temperatura e salinidade na superfície | 148 |
| 3.2.2 - Comparação entre as seções verticais de temperatura e salinidade | 158 |

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| <u>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES DE DADOS DO SATÉLITE SMS-2.</u> | 167 |
| 4.1 - Processamento automático das imagens - VISSR/SMS-2 | 167 |
| 4.1.1 - Classificação temática da região da Frente Oceânica Subtropical entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas | 169 |
| 4.2 - Análise estatística de dados do satélite SMS-2 | 209 |
| 4.3 - Considerações sobre o gradiente de temperatura da superfície do mar | 227 |
| 4.4 - Variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical obtida com dados do satélite SMS-2 | 234 |
| <u>CAPÍTULO 5 - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS OCEANOGRÁFICOS E DE SATÉLITE</u> | 249 |
| 5.1 - Análise da temperatura da superfície do mar, obtida com dados oceanográficos e de satélite (GOSSTCOMP-VISSR/SMS-2).. | 249 |
| 5.2 - Análise das variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical, obtida com dados oceanográficos e do satélite SMS-2.. | 266 |
| <u>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES</u> | 285 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 293 |
| APÊNDICE A - AS EQUAÇÕES HIDRODINÂMICAS DO MOVIMENTO E O MOVIMENTO GEOSTRÓFICO | |
| APÊNDICE B - RELAÇÕES ENTRE NÍVEL DIGITAL/TEMPERATURA EQUIVALENTE DE CORPO NEGRO ($^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{F}$, $^{\circ}\text{K}$) - VISSR/SMS-2 | |

LISTA DE FIGURAS

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| 2.1 - Área de estudo - representação esquemática das Correntes do Brasil e das Malvinas | 6 |
| 2.2 - Correspondência entre as distribuições espaciais da temperatura da superfície do mar e as distribuições estatísticas equivalentes | 27 |
| 2.3 - Correspondência entre o comportamento da distribuição bimodal e a porcentagem relativa de "pixels" | 28 |
| 2.4 - Sistema de coordenadas natural | 31 |
| 2.5 - Orientação da frente oceânica no espaço bidimensional ... | 31 |
| 3.1 - Localização das estações oceanográficas - Primavera/1977. | 42 |
| 3.2 - Diagramas T-S - relações verticais entre massas de água.. | 44 |
| 3.3 - Diagrama T-S - relações horizontais de superfície entre massas de água | 47 |
| 3.4 - Distribuição horizontal de temperatura na superfície - Primavera/1977 | 50 |
| 3.5 - Distribuição horizontal de salinidade na superfície - Primavera/1977 | 51 |
| 3.6 - Distribuição horizontal de sigma-t na superfície - Primavera/1977 | 53 |
| 3.7 - Topografia dinâmica da superfície relativa a 1000 dbar - Primavera/1977 | 55 |
| 3.8 - Estrutura vertical de temperatura na secção SP - Primavera/1977 | 57 |
| 3.9 - Estrutura vertical de salinidade na secção SP - Primavera/1977 | 58 |
| 3.10 - Estrutura vertical de sigma-t na secção SP - Primavera/1977 | 59 |
| 3.11 - Estrutura vertical de temperatura na secção CP - Primavera/1977 | 61 |
| 3.12 - Estrutura vertical de salinidade na secção CP - Primavera/1977 | 62 |
| 3.13 - Estrutura vertical de sigma-t na secção CP - Primavera/1977 | 63 |
| 3.14 - Estrutura vertical de temperatura na secção NP - Primavera/1977 | 65 |
| 3.15 - Estrutura vertical de salinidade na secção NP - Primavera/1977 | 66 |

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| 3.16 - Estrutura vertical de sigma-t na secção NP - Primavera/1977 | 67 |
| 3.17 - Estrutura vertical de temperatura na secção ao longo da costa - Primavera/1977 | 69 |
| 3.18 - Estrutura vertical de salinidade na secção ao longo da costa - Primavera/1977 | 70 |
| 3.19 - Estrutura vertical de sigma-t na secção ao longo da costa - Primavera/1977 | 71 |
| 3.20 - Relação entre distância (km) x velocidade geostrofica (cm/s) - 75 m/500 dbar | 73 |
| 3.21 - Topografia dinâmica de 75 metros relativa a 500 dbar - Primavera/1977 | 74 |
| 3.22 - Distribuição espacial e estatística da temperatura de superfície da secção vertical ao longo da costa - Primavera/1977 | 76 |
| 3.23 - Localização das estações oceanográficas - Verão/1981 | 77 |
| 3.24 - Distribuição horizontal de temperatura na superfície - Verão/1981 | 79 |
| 3.25 - Distribuição horizontal de salinidade na superfície - Verão/1981 | 80 |
| 3.26 - Distribuição horizontal de sigma-t na superfície - Verão/1981 | 82 |
| 3.27 - Topografia dinâmica da superfície relativa a 1000 dbar - Verão/1981 | 83 |
| 3.28 - Estrutura vertical de temperatura na secção SV - Verão/1981 | 86 |
| 3.29 - Estrutura vertical de salinidade na secção SV - Verão/1981 | 87 |
| 3.30 - Estrutura vertical de sigma-t na secção SV - Verão/1981.. | 88 |
| 3.31 - Estrutura vertical de temperatura na secção CV - Verão/1981 | 90 |
| 3.32 - Estrutura vertical de salinidade na secção CV - Verão/1981 | 91 |
| 3.33 - Estrutura vertical de sigma-t na secção CV - Verão/1981.. | 92 |
| 3.34 - Estrutura vertical de temperatura na secção NV - Verão/1981 | 94 |
| 3.35 - Estrutura vertical de salinidade na secção NV - Verão/1981 | 95 |
| 3.36 - Estrutura vertical de sigma-t na secção NV - Verão/1981.. | 96 |
| 3.37 - Estrutura vertical de temperatura na secção ao longo da costa - Verão/1981 | 98 |

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| 3.38 - Estrutura vertical de salinidade na secção ao longo da costa - Verão/1981 | 99 |
| 3.39 - Estrutura vertical de sigma-t na secção ao longo da costa - Verão/1981 | 101 |
| 3.40 - Localização das estações oceanográficas - Outono/1978 ... | 102 |
| 3.41 - Distribuição horizontal de temperatura na superfície - Outono/1978 | 103 |
| 3.42 - Distribuição horizontal de salinidade na superfície - Outono/1978 | 106 |
| 3.43 - Distribuição horizontal de sigma-t na superfície - Outono/1978 | 107 |
| 3.44 - Topografia dinâmica da superfície relativa a 1000 dbar - Outono/1978 | 109 |
| 3.45 - Estrutura vertical de temperatura na secção S0 - Outono/1978 | 111 |
| 3.46 - Estrutura vertical de salinidade na secção S0 - Outono/1978 | 112 |
| 3.47 - Estrutura vertical de sigma-t na secção S0 - Outono/1978. | 113 |
| 3.48 - Estrutura vertical de temperatura na secção C0 - Outono/1978 | 115 |
| 3.49 - Estrutura vertical de salinidade na secção C0 - Outono/1978 | 116 |
| 3.50 - Estrutura vertical de sigma-t na secção C0 - Outono/1978. | 117 |
| 3.51 - Estrutura vertical de temperatura na secção N0 - Outono/1978 | 119 |
| 3.52 - Estrutura vertical de salinidade na secção N0 - Outono/1978 | 120 |
| 3.53 - Estrutura vertical de sigma-t na secção N0 - Outono/1978. | 121 |
| 3.54 - Estrutura vertical de temperatura na secção ao longo da costa - Outono/1978 | 123 |
| 3.55 - Estrutura vertical de salinidade na secção ao longo da costa - Outono/1978 | 124 |
| 3.56 - Estrutura vertical de sigma-t na secção ao longo da costa - Outono/1978 | 125 |
| 3.57 - Localização das estações oceanográficas - Inverno/1965 .. | 126 |
| 3.58 - Distribuição horizontal de temperatura na superfície - Inverno/1965 | 128 |
| 3.59 - Distribuição horizontal de salinidade na superfície - Inverno/1965 | 130 |
| 3.60 - Distribuição horizontal de sigma-t na superfície - Inverno/1965 | 131 |

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| 3.61 - Estrutura vertical de temperatura na secção SI - Inverno/1965 | 133 |
| 3.62 - Estrutura vertical de salinidade na secção SI - Inverno/1965 | 134 |
| 3.63 - Estrutura vertical de sigma-t na secção SI - Inverno/1965. | 135 |
| 3.64 - Estrutura vertical de temperatura na secção CI - Inverno/1965 | 137 |
| 3.65 - Estrutura vertical de salinidade na secção CI - Inverno/1965 | 138 |
| 3.66 - Estrutura vertical de sigma-t na secção CI - Inverno/1965. | 139 |
| 3.67 - Estrutura vertical de temperatura na secção NI - Inverno/1965 | 141 |
| 3.68 - Estrutura vertical de salinidade na secção NI - Inverno/1965 | 142 |
| 3.69 - Estrutura vertical de sigma-t na secção NI - Inverno/1965. | 143 |
| 3.70 - Estrutura vertical de temperatura na secção ao longo da costa - Inverno/1965 | 145 |
| 3.71 - Estrutura vertical de salinidade na secção ao longo da costa - Inverno/1965 | 146 |
| 3.72 - Estrutura vertical de sigma-t na secção ao longo da costa - Inverno/1965 | 147 |
| 4.1 - Classificação temática da imagem de 15 de janeiro de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 171 |
| 4.2 - Classificação temática da imagem de 13 de fevereiro de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 173 |
| 4.3 - Classificação temática da imagem de 27 de março de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 176 |
| 4.4 - Classificação temática da imagem de 16 de abril de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 178 |
| 4.5 - Classificação temática da imagem de 28 de maio de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 180 |
| 4.6 - Classificação temática da imagem de 20 de junho de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 183 |
| 4.7 - Classificação temática da imagem de 24 de julho de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 185 |
| 4.8 - Classificação temática da imagem de 08 de agosto de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 187 |
| 4.9 - Classificação temática da imagem de 05 de setembro de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 189 |

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| 4.10 - Classificação temática da imagem de 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 192 |
| 4.11 - Classificação temática da imagem de 14 de novembro de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 194 |
| 4.12 - Classificação temática da imagem de 22 de dezembro de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 196 |
| 4.13 - Classificação temática da imagem de 07 de janeiro de 1981 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 198 |
| 4.14 - Classificação temática da imagem de 16 de fevereiro de 1981 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 201 |
| 4.15 - Classificação temática da imagem de 09 de março de 1981 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical | 203 |
| 4.16 - Distribuições estatísticas - amostra na região da Corrente do Brasil (35°sul-36°sul) - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal | 213 |
| 4.17 - Distribuições estatísticas - amostra na região da Corrente das Malvinas (40°sul-41°sul) - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal | 214 |
| 4.18 - Distribuições estatísticas - amostra da região da Frente Oceânica Subtropical (36°sul-37°sul) - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal | 215 |
| 4.19 - Distribuições estatísticas - amostra na região da Frente Oceânica Subtropical (33°sul-34°sul) - 24 de julho de 1980 - canal i.v. termal | 217 |
| 4.20 - Distribuições estatísticas - amostra na região da Frente Oceânica Subtropical (35°sul-36°sul) - 22 de dezembro de 1980 - canal i.v. termal | 218 |
| 4.21 - Distribuições estatísticas - amostra na região da Frente Oceânica Subtropical (40°sul) - 13 de fevereiro de 1980 - canal i.v. termal | 219 |
| 4.22 - Distribuições estatísticas - amostra na região da Frente Oceânica Subtropical (43°sul-44°sul) - 13 de fevereiro de 1980 - canal i.v. termal | 220 |
| 4.23 - Distribuições estatísticas - amostra de nuvens - relativamente isotermal - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal | 222 |
| 4.24 - Distribuições estatísticas - amostra de nuvens - temperaturas relativamente baixas - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal | 223 |
| 4.25 - Distribuições estatísticas - amostra de nuvens - temperaturas baixas - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal. | 224 |

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| 4.26 - Representação dos "pixels" na distribuição estatística - amostra na região da Frente Oceânica Subtropical (36°sul-37°sul) - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal | 228 |
| 4.27 - Representação dos "pixels" no espaço bidimensional - amostra na região da Frente Oceânica Subtropical (36°sul-37°sul) - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal | 232 |
| 4.28 - Posições médias da Frente Oceânica Subtropical - Verão/1980 | 235 |
| 4.29 - Posições médias da Frente Oceânica Subtropical - Outono/1980 | 237 |
| 4.30 - Posições médias da Frente Oceânica Subtropical - Inverno/1980 | 239 |
| 4.31 - Posições médias da Frente Oceânica Subtropical - Primavera/1980 | 241 |
| 4.32 - Posições médias da Frente Oceânica Subtropical - Verão/1981 | 242 |
| 4.33 - Variações sazonais da Frente média Subtropical no período de 1980 a 1981 | 244 |
| 5.1 - Temperaturas da superfície do mar (20 de junho de 1978) na costa brasileira, fornecida pelo Projeto GOSSTCOMP da NOAA/NESS, dos Estados Unidos | 250 |
| 5.2 - Relação entre a temperatura da superfície do mar - T_{sf} (CONVERSUT-II) e T_{CN} (GOSSTCOMP), no período de 19 a 21 de junho de 1978 | 252 |
| 5.3 - Relação entre $\Delta T = T_{sf}$ (CONVERSUT-II) - T_{CN} (GOSSTCOMP) e T_{sf} (CONVERSUT-II), no período de 19 a 21 de junho de 1978. | 255 |
| 5.4 - Carta GOSSTCOMP das temperaturas da superfície do mar, no período de 29 de outubro a 04 de novembro de 1980, fornecida pelo Projeto GOSSTCOMP da NOAA/NESS, dos Estados Unidos | 257 |
| 5.5 - Relação entre a temperatura da superfície do mar T_{sf} (CONVERSUT-III) e T_{CN} (SMS-2), no período de 15 a 17 de fevereiro de 1981 | 262 |
| 5.6 - Relação entre $\Delta T = T_{sf}$ (CONVERSUT-III) - T_{CN} (SMS-2) e T_{sf} (CONVERSUT-III), no período de 15 a 17 de fevereiro de 1981 | 264 |
| 5.7 - Representação esquemática da Frente Oceânica Subtropical, obtida com dados oceanográficos (verão/1981) e do satélite SMS-2 (verão/1980) | 272 |
| 5.8 - Representação esquemática da Frente Oceânica Subtropical, obtida com dados oceanográficos (outono/1978) e do satélite SMS-2 (outono/1980) | 274 |

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| 5.9 - Representação esquemática da Frente Oceânica Subtropical, obtida com dados oceanográficos (inverno/1965) e do satélite SMS-2 (inverno/1980) | 275 |
| 5.10 - Representação esquemática da Frente Oceânica Subtropical, obtida com dados oceanográficos (primavera/1977) e do satélite SMS-2 (primavera/1980) | 277 |
| 5.11 - Representação esquemática da Frente Oceânica Subtropical, obtida com dados oceanográficos (verão/1981) e do satélite SMS-2 (verão/1981) | 278 |

LISTA DE TABELAS

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| 2.1 - Características do sistema sensor VISSR | 17 |
| 3.1 - Intervalos termohalinos de superfície baseados em diagramas T-S (Primavera/1977) | 49 |
| 3.2 - Características termohalinas - região da Corrente das Malvinas | 156 |
| 3.3 - Características termohalinas - região da Frente Oceânica Subtropical (35°sul - 40°sul) | 156 |
| 3.4 - Características termohalinas - região da Corrente do Brasil | 157 |
| 4.1 - Classificação temática da imagem de 15 de janeiro de 1980 - 12:17 HL - VISSR/SMS-2 | 172 |
| 4.2 - Classificação temática da imagem de 13 de fevereiro de 1980 - 12:18 HL - VISSR/SMS-2 | 174 |
| 4.3 - Classificação temática da imagem de 27 de março de 1980 - 12:18 HL - VISSR/SMS-2 | 177 |
| 4.4 - Classificação temática da imagem de 16 de abril de 1980 - 12:16 HL - VISSR/SMS-2 | 179 |
| 4.5 - Classificação temática da imagem de 28 de maio de 1980 - 12:16 HL - VISSR/SMS-2 | 181 |
| 4.6 - Classificação temática da imagem de 20 de junho de 1980 - 12:16 HL - VISSR/SMS-2 | 184 |
| 4.7 - Classificação temática da imagem de 24 de julho de 1980 - 12:18 HL - VISSR/SMS-2 | 186 |
| 4.8 - Classificação temática da imagem de 08 de agosto de 1980 - 12:16 HL - VISSR/SMS-2 | 188 |
| 4.9 - Classificação temática da imagem de 05 de setembro de 1980 - 15:18 HL - VISSR/SMS-2 | 191 |
| 4.10 - Classificação temática da imagem de 30 de outubro de 1980 - 12:16 HL - VISSR/SMS-2 | 193 |
| 4.11 - Classificação temática da imagem de 14 de novembro de 1980 - 12:16 HL - VISSR/SMS-2 | 195 |
| 4.12 - Classificação temática da imagem de 22 de dezembro de 1980 - 12:16 HL - VISSR/SMS-2 | 197 |
| 4.13 - Classificação temática da imagem de 07 de janeiro de 1981 - 12:16 HL - VISSR/SMS-2 | 199 |
| 4.14 - Classificação temática da imagem de 16 de fevereiro de 1981 - 09:15 HL - VISSR/SMS-2 | 202 |

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| 4.15 - Classificação temática da imagem de 09 de março de 1981 - 12:16 HL - VISSR/SMS-2 | 204 |
| 4.16 - Temperatura média equivalente de Corpo Negro (\bar{T}_{CN})-região da Corrente das Malvinas | 206 |
| 4.17 - Temperatura média equivalente de Corpo Negro (\bar{T}_{CN})-região da Frente Oceânica Subtropical | 207 |
| 4.18 - Temperatura média equivalente de Corpo Negro (\bar{T}_{CN})-região da Corrente do Brasil | 208 |
| 4.19 - Nível digital correspondente à frequência de "pixels" ... | 229 |
| 5.1 - Temperatura da superfície do mar - T_{sf} (CONVERSUT-II) x T_{CN} (GOSSTCOMP), no período de 19 a 21 de junho de 1978 | 251 |
| 5.2 - Temperatura da superfície do mar - T_{sf} (CONVERSUT-III) x T_{CN} (SMS-2), no período de 15 a 17 de fevereiro de 1981 ... | 260 |
| 5.3 - Temperatura da superfície do mar - T_{sf} (CONVERSUT-III) x T_{CN} (SMS-2), no período de 08 a 10 de março de 1981 | 261 |
| 5.4 - Variações sazonais da temperatura da superfície do mar na região da Frente Oceânica Subtropical, observada com <u>da</u> dos oceanográficos e do satélite SMS-2 | 268 |
| 5.5 - Deslocamento médio (Δd - km) obtido entre a posição média da Frente Oceânica Subtropical, observada com dados <u>ocea</u> nográficos e do satélite SMS-2 | 280 |

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Como conceito de Frente Oceânica Convergente pode-se citar a definição de Browman (1977): "Frentes oceânicas representam o limite na maioria das correntes da margem oeste dos oceanos. Essas frentes estão associadas com a intrusão de águas quentes e salinas de origem Tropical em direção a altas latitudes". Esta definição pode ser especificamente aplicada à Frente Oceânica Subtropical situada na área de estudo, ao sul do Brasil, entre as latitudes de 25° sul e 45° sul e entre as longitudes de 045° oeste e 065° oeste. Complementando este conceito, frentes de superfície estão na maioria das vezes associadas a diferentes massas de água e são consideradas uma região ou zona de fronteira, caracterizada pela presença de diferenças horizontais na densidade, as quais são evidentes pela observação de fortes gradientes de temperatura e/ou salinidade. A configuração de frentes convergentes é também caracterizada pela presença de notáveis gradientes de velocidade entre o sistema de correntes (Stevenson and Miller, 1972). Estes autores citam também que as frentes oceânicas, através de seu mecanismo de convergência, concentram forragem para as espécies predadoras, tais como atuns, e atuam em algumas extensões como fronteiras físicas para espécies que se movem ao longo de sua trajetória migratória.

As características oceânicas condicionam o sistema biológico que vive no ambiente marinho. Sendo assim, os limites de distribuição das diferentes espécies podem corresponder exatamente aos limites de diferentes massas de água. Cada massa de água tem suas propriedades que definem ambientes onde se encontram espécies que possuem valor econômico. A primeira condição para uma maior exploração destas espécies é o melhor conhecimento da distribuição das correntes (Boltovskoy, 1959). Agregações de determinadas espécies podem estar também relacionadas com limites de vórtices de águas quentes e frias, meandros, zonas de mistura ao redor de ilhas e montes marinhos, e flutuações na estrutura da onda. A concentração de muitas espécies, usualmente permane

ce em um dado sistema de correntes e/ou massas de água em determinadas estações do ano, podendo migrar para outro sistema de correntes durante as mudanças de estações (Laevastu and Rosa, 1962; Squire, 1962).

Além desse aspecto, as frentes oceânicas influem na dinâmica dos oceanos, uma vez que o processo de advecção vertical e a troca de momentum e outras propriedades são localmente intensas. Frentes de superfície de grande escala atuam nos efeitos de interação ar/mar em relação às condições meteorológicas e climáticas (Browman, 1977).

Existe a possibilidade de estudar a Frente Oceânica Subtropical usando somente dados oceanográficos convencionais. Entretanto, não é praticável fazer um estudo compreensivo na escala de tempo e espaço desta forma, devido ao tempo necessário que o navio precisa para mapear toda a área em estudo. O uso de dados obtidos através de sensores remotos, para estudar as variações espaciais e temporais desta frente, oferece como vantagem informações sinópticas e repetitividade sobre uma extensa área geográfica oceânica associada com a região costeira, o que possibilita uma melhor localização dos fenômenos que ocorrem no oceano.

No estudo dos deslocamentos de correntes oceânicas, várias técnicas de diferentes abordagens podem ser utilizadas. Experimentos realizados com informações de sensoriamento remoto na faixa do visível e infravermelho termal do espectro eletromagnético, obtidas por satélite e pela análise das características físicas, químicas, biológicas e geológicas do ambiente marinho, têm permitido o estudo da detecção e movimento relativo das fronteiras de correntes oceânicas (Warnecke et alii, 1971; Stevenson and Miller, 1974; Stevenson, 1974; Tseng, 1974; Tseng, 1976; Tseng et alii, 1977; Stevenson et alii, 1977b; Johnson and Norris, 1977; Leetmaa and Voorhis, 1978; Legeckis, 1979).

Melhoramentos realizados nos sistemas imageadores infravermelhos disponíveis em satélite de órbita geoestacionária e polar, operados pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA),

permitem a detecção de frentes termais, associadas a correntes oceânicas, com melhor resolução (Legeckis, 1978; Huh et alii, 1978; Breaker et alii, 1978; Harris et alii, 1978; Legeckis and Legg, 1980; Legeckis and Gordon, 1982).

O uso de técnicas de interpretação automática de sensores remotos, na obtenção de informações para verificar e delinear frentes oceânicas, minimizam fatores tais como, escala de tempo e custo na análise de informações disponíveis.

Aproximações estatísticas oferecem, de forma eficaz, soluções práticas quanto à utilização de dados coletados por sensores a bordo de satélites e interpretados automaticamente (Stevenson et alii, 1977a; Ikeda and Stevenson, 1978; Stevenson e Inostroza, 1981).

O propósito básico deste trabalho é realizar um estudo das variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical (Convergência Subtropical) entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas (Falkland), através de uma comparação de dados oceanográficos e dados obtidos através do satélite SMS-2. Dados oceanográficos de temperatura, salinidade, sigma-t e anomalia da profundidade dinâmica são utilizados para descrever algumas características dessa frente e auxiliar na avaliação de dados obtidos na faixa do infravermelho termal provenientes deste satélite. As imagens obtidas na faixa do infravermelho termal, através do sistema sensor VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer) do satélite geoestacionário SMS-2 (Synchronous Meteorological Satellite), são utilizadas para adquirir informações do comportamento termal da superfície do mar e da localização do sistema de correntes. Estas informações são obtidas através da utilização dos produtos adquiridos pelo emprego de técnicas de processamento automático das imagens no Sistema Interativo de Análise Multiespectral de Imagens (IMAGE-100).

As informações do conjunto de imagens são utilizadas também na avaliação de várias matrizes de dados obtidos na faixa do infravermelho termal, com a finalidade de verificar o comportamento es

estatístico das matrizes espaciais de regiões da superfície do mar isentas de nuvens e com cobertura de nuvens. O uso de um modelo estatístico gaussiano auxilia nesta avaliação, no sentido de obter um melhor entendimento das variações da temperatura da superfície do mar, que podem ser observadas na região de estudo; uma estimativa quantitativa é feita com a finalidade de verificar a medida de incerteza do ajuste entre as distribuições estatísticas experimentais e aquelas simuladas pelo modelo adotado.

Paralelamente, o trabalho tem por finalidade verificar, através de um modelo numérico simples e informações das distribuições estatísticas experimentais, o valor do gradiente de temperatura da superfície do mar na região da Frente Oceânica Subtropical. Os dados obtidos do Projeto GOSSTCOMP (Global Operation Sea Surface Temperature Computation) da NOAA/NESS dos Estados Unidos e as informações das imagens do satélite SMS-2 são utilizadas na análise da temperatura da superfície do mar, em comparação com os dados oceanográficos, com o propósito de verificar as correlações entre os dados, sua exatidão e estabilidade.

CAPÍTULO 2

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 2.1), situada no Atlântico Sul, está localizada entre 25° e 45° de latitude sul e entre 045° e 065° de longitude oeste, abrangendo uma área oceânica de aproximadamente $2,5 \times 10^6$ km², em frente ao Estado do Rio Grande do Sul, Uruguai e parte da Argentina.

A Convergência Subtropical resultante da confluência da Corrente do Brasil com a das Malvinas, localizada na área de estudo, como toda zona de convergência, é também caracterizada por correntes que fluem em diferentes proporções e pelo encontro de massas de água de temperaturas e salinidades distintas (Emilsson, 1961; Brosin and Nehring, 1967; Miranda, 1972; Miranda e Maglioca, 1975; Signorini, 1975).

A Convergência Subtropical e a zona equatorial delimitam a circulação de superfície no Atlântico Sul. Próximo ao Equador, o giro superficial atinge a profundidade de 200 metros e no seu limite sul, cerca de 800 metros, junto à Convergência Subtropical. A fricção dos ventos alíseos de sueste, entre o Equador e 10° ou 15° de latitude sul, é a principal força motriz responsável pelo giro Sul Atlântico. Atua sobre as águas e propõe a Corrente Sul Equatorial para oeste, ou seja, para a margem americana do Atlântico Sul. Parte desta corrente transpõe o Equador e continua em direção ao Atlântico Norte. O restante inflete para o sul, ao longo da costa da América do Sul em uma direção aproximadamente longitudinal como a Corrente do Brasil, que transporta águas de origem Tropical, com alta salinidade e alta temperatura, pois provêm da região dos alíseos. Posteriormente, esta corrente inflete para leste e atravessa o Oceano Atlântico como parte da Deriva do Vento Oeste, voltando-se para o norte, junto à costa africana, como Corrente de Benguela (Pickard, 1975).

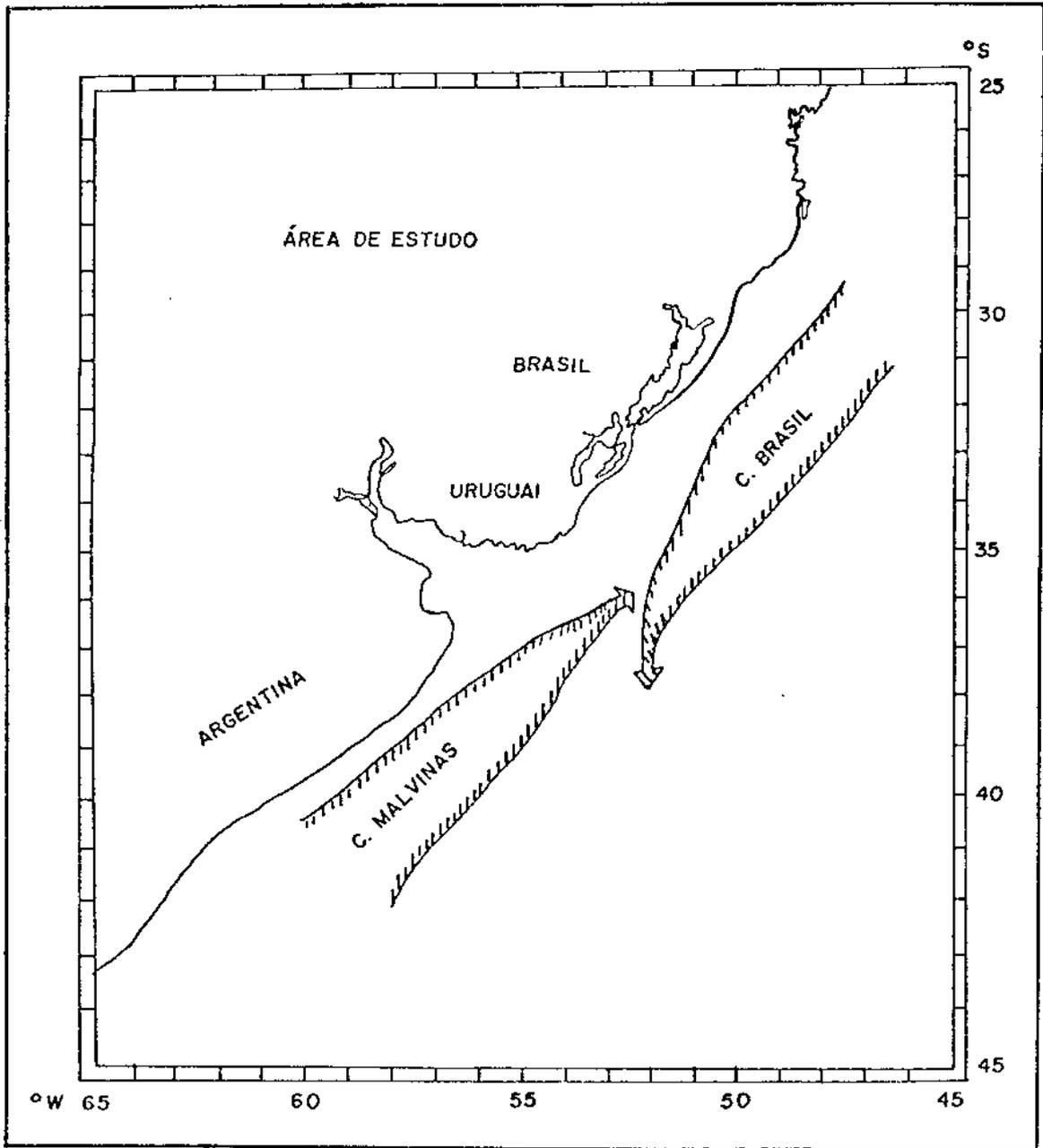


Fig. 2.1 - Área de estudo - representação esquemática das Correntes do Brasil e das Malvinas.

A Corrente do Brasil é uma corrente relativamente estreita, fraca e não muito profunda, comparada com a Corrente de Benguela, que é mais larga, mais forte e transporta maiores volumes de água. Algumas vezes comparada também com a Corrente do Golfo, no Hemisfério Norte, a Corrente do Brasil deveria apresentar uma intensificação do lado oeste similar à Corrente do Golfo, intensificação esta devida à variação do parâmetro de Coriolis com a latitude, o que não ocorre (Wust, 1965). Este autor salienta que uma das causas para esta anomalia poderia ser a existência de uma contracorrente, a Corrente Intermediária Subantártica em direção norte, entre 100 e 500 metros ao longo do talude continental brasileiro.

Reid et alii (1977) indicam, através da topografia dinâmica da superfície ao nível de 1000 decibar (dbar) no Atlântico Sudoeste, que a Corrente do Brasil estende-se em direção aos pólos depois da confluência com a Corrente das Malvinas, e então retorna a 40° sul para fluir no seu curso em direção leste.

Emilsson (1959) observou valores de velocidade da Corrente do Brasil, para os meses de verão, da ordem de 30 cm/s, ao largo da região do Rio da Prata e Abrolhos. Mascarenhas Jr. et alii (1971) e Signorini (1976), utilizando cálculos geostroficos, registraram valores próximos a 70 cm/s de velocidade de superfície para a Corrente do Brasil, como também a presença de vórtices anticiclônicos ao largo da região de Cabo Frio e Cabo de São Tomé. O transporte do volume desta corrente, verificado por Signorini (1976), foi da ordem de 14×10^6 m³/s. A intensificação da Corrente do Brasil nessa região, segundo Defant (1961), ocorre devido a uma contração no seu lado oriental, na maior parte do ano.

A Corrente das Malvinas, situada próxima à costa argentina, procedente da região Subantártica, transpõe a passagem Drake e segue em direção ao norte, aproximadamente até 25°-30° de latitude sul, transportando água de baixa salinidade e temperatura (Pickard, 1975).

Esta corrente caracteriza-se por seu alto conteúdo de nutrientes minerais (fosfatos e nitratos), que exercem uma ação fertilizante sobre as águas da plataforma continental com as quais se misturam (Popovici, 1956). Além disso, como todas as demais correntes polares, caracteriza-se também pela presença de grande quantidade de peixes comestíveis (Boltovskoy, 1959).

Segundo Neumann e Pierson (1966), a Corrente das Malvinas apresenta velocidade de superfície de 50 cm/s, em média. Esta corrente fluindo sob a Corrente do Brasil, torna-se cada vez mais profunda, à medida que se dirige para o norte, e sua capacidade de transporte de minerais diminui (Etchichury y Remiro, 1963).

De acordo com Sverdrup et alii (1942), ao largo do estuário do Rio da Prata, próximo ao paralelo de 35°sul, águas de origem Tropical transportadas pela Corrente do Brasil encontram-se com águas de origem Subantártica transportadas pela Corrente das Malvinas. É nessa região que se localiza o limite oeste da Convergência Subtropical, a qual recebe também a contribuição de águas de origem continental que desaguam nela através do estuário do Rio da Prata e da Barra do Rio Grande.

Miranda e Castro Filho (1979), analisando as massas de água da plataforma continental do Rio Grande do Sul (29°sul-34°sul), no período de abril de 1968 a março de 1969, concluíram que os volumes de Água Tropical e Subtropical foram predominantes durante o período observado. Estes volumes representaram em média 47,5% do volume total para os meses de inverno (junho e agosto), e cerca de 64% para os meses de verão (dezembro e março). As águas de origem Subantártica tiveram sua maior contribuição nos meses de abril (18%) e junho (15%), com menor influência nos meses de verão (< 3%).

A presença de múltiplos vórtices de água quente na região da Convergência Subtropical tem como resultado uma extensa zona de mistura, com frentes múltiplas de temperatura da superfície do mar fluin

do até 50°su (Legeckis, 1978). Estudos têm demonstrado que vórtices e meandros como componentes desta circulação são muitas vezes caracteristicamente migratórios (Silva, 1965; Legeckis and Gordon, 1982).

Boltovskoy (1965), utilizando indicadores biológicos para o estudo da localização da Convergência Subtropical, observou que no verão seu extremo norte situou-se aproximadamente entre 35°su e 36°su , enquanto no inverno, atingiu seu ponto mais setentrional aproximadamente entre 30°su e 31°su .

Tseng (1976), utilizando dados oceanográficos e dados obtidos por sensores remotos (do satélite NIMBUS-V/THIR - Temperature Humidity Infrared Radiometer), indica que entre as estações opostas inverno e verão, no período de 1972 a 1973, as mudanças sazonais foram mais acentuadas; no inverno a Frente Oceânica Subtropical teve seu máximo alcance atingindo 30°su e no verão, 32°su ; entre o outono e a primavera praticamente não houve mudanças, atingindo $30^{\circ}30'\text{su}$ na primavera e 32°su no outono.

Legeckis e Gordon (1982) utilizaram informações do sensor VHRR (Very High Resolution Radiometer), instalado nos satélites de órbita polar da série NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), nos períodos de setembro de 1975 a abril de 1976 e de janeiro a junho de 1978, para monitorar as posições da fronteira de temperatura da superfície do mar associada com a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas. Estes autores mostram que a água quente associada com a Corrente do Brasil oscilou na direção norte e sul, entre 38°su e 46°su , em uma escala de tempo de aproximadamente dois meses. Pôde-se observar a presença de vórtices com centro de alta temperatura, os quais foram formados durante o deslocamento desta corrente em direção ao norte, em intervalos de aproximadamente uma semana. Estes vórtices com configuração elíptica apresentaram um eixo maior de 180 km e um eixo menor de 120 km, com velocidade de 4 a 35 km/dia na direção sul. Neste trabalho, foram utilizados também dados oceanográficos, os quais evidenciaram, através da estrutura vertical de temperatura, vórtices associados com

o núcleo quente da Corrente do Brasil. Estes autores citam também um gradiente de temperatura da superfície do mar da ordem de $5,0^{\circ}\text{C}$ em 2 km, associado com a fronteira norte da Corrente das Malvinas.

Johnson e Norris (1977), utilizando dados do sensor multiespectral (S192) do Skylab, observaram um gradiente de temperatura da superfície de $1,0^{\circ}\text{C}$ em 67 metros, na fronteira entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas.

Wust (1965), analisando dados oceanográficos de setembro do trabalho de Schumacher de 1949, salienta a localização da Convergência Subtropical no campo da pressão atmosférica e do vento. Na região oeste da zona de convergência são encontradas as mais altas salinidades do Atlântico Sul, como uma consequência do alto excesso de evaporação em relação à precipitação. Nessa região, a Subcorrente Subtropical transporta, entre 100 e 150 metros de profundidade, as águas mais salinas, principalmente para noroeste em direção ao Atlântico Tropical, isto é, parcialmente contra o deslocamento da Corrente do Brasil.

2.2 - ANÁLISE DE DADOS OCEANOGRÁFICOS

Os dados oceanográficos utilizados neste estudo foram fornecidos pelo Banco Nacional de Dados Oceanográficos da DNH (Diretoria de Hidrografia e Navegação). Especificamente foram analisados os dados das Comissões Oceanográficas 025, CONVERSUT-I, CONVERSUT-II e CONVERSUT-III, realizadas em julho/agosto de 1965, agosto/novembro de 1977, abril/junho de 1978 e janeiro/abril de 1981, respectivamente. Estas comissões foram efetuadas utilizando-se o Navio Oceanográfico (NOc.) "Almirante Saldanha". Os dados contêm, dentre outras, informações de temperatura $T(^{\circ}\text{C})$, salinidade $S(^{\circ}/\text{oo})$, densidade ($\sigma\text{-t}$) e anomalia da profundidade dinâmica (mdin), que apresentaram interesse neste estudo, referentes aos Quadrados de Marsden 376, 412 e 413.

Com a finalidade de obter as características do sistema de correntes da região de estudo, com base na análise das massas de água, foi adotada a seguinte classificação:

- *Água Tropical do Atlântico Sul* - Emilsson (1961), analisando dados obtidos no decorrer de três cruzeiros oceanográficos realizados em 1956, ao sul do Brasil, classifica como Água Tropical aquela com $S > 36,0^{\circ}/\text{oo}$ e $T > 20,0^{\circ}\text{C}$, que é transportada pela Corrente do Brasil.

- *Água Subtropical do Atlântico Sul* - De acordo ainda com Emilsson, esta massa de água apresenta características termohalinas de $10,0^{\circ}\text{C} < T < 20,0^{\circ}\text{C}$ e $35,0^{\circ}/\text{oo} < S < 36,0^{\circ}/\text{oo}$. Segundo Sverdrup et alii (1942), esta massa de água é classificada como parte da Água Central do Atlântico Sul. Esta última é identificada pela relação temperatura e salinidade quase linear entre os pontos $T = 6,0^{\circ}\text{C}$, $S = 34,5^{\circ}/\text{oo}$ e $T = 18,0^{\circ}\text{C}$, $S = 36,0^{\circ}/\text{oo}$. Salienta-se ainda que a relação temperatura/salinidade da estrutura vertical desta massa de água é similar à relação temperatura/salinidade horizontal de superfície, encontrada na região da Convergência Subtropical e localizada entre 30°sul e 40°sul ; portanto, é provável que toda a massa de água tenha sido formada pelo afundamento, na região, da Convergência Subtropical e, subsequentemente, espalhada ao longo da superfície de sigma-t apropriada.

- *Água Subantártica* - Thomsen (1962), discutindo as características das massas de água do Oceano Atlântico Sudoeste classifica como água de origem Subantártica aquela que possui propriedades termohalinas de $4,0^{\circ}\text{C} < T < 15,0^{\circ}\text{C}$ e $33,70^{\circ}/\text{oo} < S < 34,15^{\circ}/\text{oo}$, transportada pela Corrente das Malvinas em direção ao norte. Na região do Rio da Prata, essa massa de água delimita-se com águas costeiras situadas ao longo da plataforma continental.

- *Água Intermediária Antártica* - Esta massa de água apresenta como característica principal o mínimo de salinidade na maior parte dos oceanos, a uma profundidade de aproximadamente 800 metros. Suas características de temperatura e salinidade, de acordo com Defant (1961), estão situadas entre os valores extremos de $3,0^{\circ}\text{C} < T < 5,0^{\circ}\text{C}$ e $34,10^{\circ}/\text{oo} < S < 34,60^{\circ}/\text{oo}$.

- *Água Costeira* - A água costeira que abrange a plataforma continental é essencialmente água oceânica com mistura de água dos rios. Em consequência a salinidade geralmente aumenta desde a costa até o talude. Ademais, este incremento transversal é acompanhado de um aumento de salinidade de sul a norte. Entre 36°sul e 50°sul a salinidade é sempre superior a 33,3‰. Próximo da costa e particularmente perto dos grandes rios, pode-se esperar valores de salinidade relativamente baixos. Uma exceção é a região ao largo do Rio da Prata, onde se observam, a grandes distâncias em direção à região oceânica, zonas de água costeira. A água costeira apresenta temperatura relativamente maior que a Água Subantártica, e o limite entre ambas as massas de água pode ser observado por um repentino incremento da temperatura de superfície, geralmente em torno de 2,0°C, observando-se saltos de até 5,0°C (Thomsen, 1962). Em determinadas estações do ano há evidências de que a água costeira pode, por sua vez, ser subdividida em duas partes, a saber: água costeira com influência de Água Subantártica, e água costeira com influência de Água Tropical (Miranda, 1972).

Esta classificação de massas de água apresentada foi utilizada basicamente na interpretação de diversas secções horizontais de temperatura, salinidade e sigma-t na superfície, secções verticais destas propriedades e diagramas T-S.

Inicialmente foi construído um conjunto de distribuições horizontais de temperatura, salinidade e sigma-t na superfície e circulação relativa, utilizando-se os dados oceanográficos disponíveis nos diferentes anos e estações e considerando a base de tempo sazonal.

Os diagramas T-S foram construídos para verificar as relações verticais e horizontais entre massas de água, utilizando-se algumas estações oceanográficas selecionadas da estação da primavera, pela observação de distribuições horizontais de temperatura e salinidade na superfície. Estes diagramas T-S tiveram por finalidade evidenciar a

ocorrência de massas de água características da Corrente do Brasil, Corrente das Malvinas, águas costeiras e as que contribuem para a formação da Frente Oceânica Subtropical.

Com a finalidade de verificar algumas características do sistema de circulação horizontal na superfície relativa, particularmente ao nível de 1000 dbar, foi adotado o modelo geostrofico, cujas equações exprimem o equilíbrio entre as componentes horizontais da força do gradiente de pressão com as respectivas componentes horizontais da força de Coriolis. A esta condição dá-se o nome de equilíbrio geostrofico, ou seja, um movimento não-acelerado e sem atrito (Neumann and Pierson, 1966). Alguns valores de velocidade relativa foram obtidos utilizando-se a Equação A.12, citada no Apêndice A, juntamente com o procedimento das derivadas. Nomogramas relacionando distâncias entre contornos e valores de velocidade relativa foram obtidos através desta equação.

Foram selecionadas para cada estação do ano três secções verticais perpendiculares à costa e uma secção vertical ao longo da costa, com a finalidade de fornecer informações sobre a ocorrência das massas de água da Corrente do Brasil, Corrente das Malvinas, a influência de águas costeiras e a ocorrência da Frente Oceânica Subtropical. No caso de secções verticais perpendiculares à costa foi selecionada, para cada estação do ano, uma secção em cada região da área de estudo, subdividida da seguinte forma: região sul ($35^{\circ}\text{sul}-40^{\circ}\text{sul}$ e $048^{\circ}\text{oeste}-060^{\circ}\text{oeste}$), região central ($30^{\circ}\text{sul}-35^{\circ}\text{sul}$ e $045^{\circ}\text{oeste}-054^{\circ}\text{oeste}$) e região norte ($25^{\circ}\text{sul}-30^{\circ}\text{sul}$ e $044^{\circ}\text{oeste}-050^{\circ}\text{oeste}$).

As variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical, na análise de dados oceanográficos, foram realizadas considerando-se os conjuntos de distribuições horizontais de temperatura e salinidade na superfície. Nesta análise foi considerado basicamente o comportamento das variações sazonais da fronteira oeste desta frente, baseada na análise das massas de água do sistema de correntes. As informações das secções verticais perpendiculares e ao longo da costa, destas proprie

dades, foram utilizadas para verificar o comportamento sazonal quanto à localização da Corrente do Brasil e da Corrente das Malvinas. As seções verticais ao longo da costa foram utilizadas para verificar também o comportamento de frentes de temperatura e de salinidade na superfície e próximo à superfície.

As comparações entre as distribuições horizontais na superfície, como também entre as seções verticais, foram realizadas entre as estações da primavera e outono e entre as estações do verão e inverno, considerando-se as regiões sul, central e norte, já definidas.

Sendo assim, através das características das seções verticais e das distribuições horizontais das isolinhas na superfície, a metodologia adotada teve por finalidade verificar os comportamentos e as variações das massas de água da região, assim como observar algumas características do sistema de circulação durante as estações do ano. O conjunto de seções verticais foi utilizado, conjuntamente com as distribuições horizontais de superfície dos parâmetros mencionados, com a finalidade de descrever algumas características da Frente Oceânica Subtropical, auxiliando a avaliação de dados obtidos através do sistema sensor VISSR do satélite SMS-2.

2.3 - ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PELO SATÉLITE SMS-2

2.3.1 - O SATÉLITE SMS-2 E O SISTEMA SENSOR VISSR

O Departamento de Meteorologia do INPE recebe, processa e grava diariamente imagens de satélite da série geostacionária. O satélite SMS-2 (Synchronous Meteorological Satellite), como parte desta série de satélites, foi lançado em 05 de junho de 1975, operado pela NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), e substituído em 05 de agosto de 1981 pelo satélite GOES-5 (Geostationary Operational Environmental Satellite). Como características gerais, a série destes satélites possui inclinação orbital de $0,6^{\circ}$, situa-se a 75° de longitude oeste e altitude de 35800 km e desloca-se no plano equatorial numa

velocidade de aproximadamente 11000 km/h. O satélite mantém uma taxa de giro de 100 rotações por minuto (r.p.m.), tal que seu eixo permanece paralelo ao eixo polar da Terra (NASA, 1980).

O sistema sensor VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer) com dois canais, um na faixa do visível (0,55-0,75 μm) e outro na faixa do infravermelho termal (10,5-12,6 μm), realiza mapeamento diurno e noturno da superfície terrestre. A área observada por este sistema sensor é circular com um raio da Terra de aproximadamente 55° , isto é, a cobertura da imagem estende-se cerca de 55° de latitude norte/sul e longitude leste/oeste, a partir do subponto do satélite. Cobertura repetitiva hemisférica é obtida em intervalos de 30 minutos (Costa, 1972; Carvalho et alii, 1979).

A sistemática de varredura da superfície terrestre executada pelo satélite, no caso estabilizado por rotação, consta da combinação do movimento do satélite e uma ação passo a passo do conjunto de sensores. Isto corresponde a uma linha da imagem a ser formada por uma rotação do satélite em torno de seu eixo, e uma seguinte que será feita pela próxima rotação, mas com os detectores deslocados um passo. Cada passo corresponde a 192 microrradianos (μrad) do campo de visada. O conjunto de sensores necessita de 18,2 minutos para varrer toda a área norte/sul, numa taxa de giro de 100 r.p.m.

As imagens obtidas pelo satélite são enviadas a uma estação processadora central, pertencente ao Sistema Operador do Satélite, que procede, dentre outras tarefas, à calibração dos dados infravermelho e visível e à retransmissão pelo mesmo satélite, dessas imagens para difusão mundial (Camilli, 1981).

A resolução espacial do canal infravermelho no subponto do satélite é de 8,9 km, enquanto a do canal visível é de 1 km. A resolução máxima relativa de temperatura na faixa do infravermelho termal é de $0,5^\circ\text{C}$. Segundo Anderson (1974), o erro médio para a leitura da temperatura no solo e na superfície do oceano varia de 3° a 4° Celsius para menos.

Os sinais de alta resolução têm suas conversões analógico/digital a bordo de satélite, que simplificam o tratamento destes sinais nas estações de recepção.

O sistema sensor VISSR possuiu 8 bits de resolução, correspondendo a 256 níveis de cinza e intervalo de resolução termal de 163^oK a 330^oK. Os valores de nível digital determinados durante o processo de calibração representam intervalos específicos de temperatura. Cada nível representa uma variação de 0,5^oK no intervalo entre 242^oK e 330^oK, e uma variação de 1,0^oK no intervalo entre 163^oK e 242^oK, fornecendo uma precisão de 0,5^oK a 1,0^oK por nível digital.

Os valores de contagem digital associados a valores de temperatura equivalente de Corpo Negro - T_{CN} (^oC, ^oF e ^oK) são tabelados (Apêndice B) e não se alteram devido ao processo de calibração (Camilli, 1981).

Embora o satélite SMS-2 fosse da série geoestacionária, ocorria uma pequena mudança em sua posição orbital com periodicidade diária, provocando um deslocamento da ordem de 10 "pixels" (elemento de resolução na imagem) a cada duas horas aproximadamente, nas imagens do espectro visível e infravermelho termal de máxima resolução (menor área) Camilli (1981).

As principais características dos radiômetros sensores estão resumidas na Tabela 2.1 (Carvalho et alii, 1979).

TABELA 2.1

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA SENSOR VISSR

| CARACTERÍSTICAS | VISÍVEL | INFRAVERMELHO |
|--|--|---------------------------|
| Espectro | 0,55 a 0,75 μm | 10,5 a 12,6 μm |
| Número de detectores | 8 | 2 (1 redundante) |
| Campo instantâneo (IGFOV) | 0,21 x 0,025 mrad | 0,25 x 0,25 mrad |
| Resolução (nadir) | 0,9 km | 8,9 km |
| Largura da banda | 210 kHz | 26 kHz |
| Número de varreduras | 14600 | 1821 |
| Tempo de imagem | 18,2 min a 100 r.p.m. | |
| Radiação equivalente ao ruído (Hg-Cd-Te refrigerado) | Canal visível - com referência a uma imagem do sol, representa 50% do albedo da Terra. Canal infravermelho - $0,9 \times 10^{-5} \text{ Watt cm}^{-2} \text{ sterad}^{-1}$ | |

FONTE: Carvalho et alii (1979).

2.3.2 - TRATAMENTO AUTOMÁTICO DAS IMAGENS - VISSR/SMS-2

Selecionou-se um conjunto de quinze imagens em base de tempo mensal no período de janeiro de 1980 a março de 1981, gravadas em fita CCT (Compatível Com Computador) na faixa do infravermelho termal (10,5 μm - 12,6 μm), obtidas através do sistema sensor VISSR do satélite SMS-2.

O tratamento automático das imagens realizado no Sistema Interativo de Análise de Imagem Multiespectral ("Interactive Multispectral Image Analysis System/IMAGE-100"), da General Electric (GE), teve por finalidade o processamento das imagens digitais e classificação de padrões destas imagens.

Primeiramente, os programas utilizados destinaram-se a realçar as estruturas termais e definir os temas ou classes correspondentes à região da Corrente do Brasil, Corrente das Malvinas e da Frente Oceânica Subtropical (zona da Convergência Subtropical). Posteriormente, foram utilizados programas que permitiram adquirir parâmetros estatísticos de áreas de amostragem selecionadas nestas regiões.

O processamento das imagens foi realizado utilizando-se as técnicas de processamento radiométrico, as quais alteram o nível de cinza sem considerar sua vizinhança, e as de processamento espacial que consideram as relações entre "pixels" adjacentes, ou seja, consideram a informação espacial (Dutra et alii, 1981).

No processamento radiométrico e espacial foram utilizados os programas "Contrast Stretch" e "MD5FIL", respectivamente.

- "*Contrast Stretch*" - O realce de contraste mais simples é feito de forma linear, onde não há perda de informação. O procedimento consiste em, extraído o histograma (nível de cinza/frequência), avaliar o mínimo e máximo nível de cinza existentes na imagem e levar o mínimo nível ao extremo escuro, nível zero, e o máximo nível ao extremo claro, nível 255. Todos os outros níveis da imagem são distribuídos linearmente entre zero e 255 GE (1975).

- "*MDSFIL*" - Este programa está contido no sistema "filtros". Os parâmetros utilizados neste programa fizeram com que o filtro tivesse um comportamento "passa-alta" (alta frequência), que realça na imagem os limites de transição (bordas) entre áreas com características radiométricas diferentes (Ribeiro et alii, s.d.).

Na classificação de padrões, cujos métodos fornecem informações sobre o alvo de interesse associado a uma classe ou a um padrão conhecido, foram utilizados os programas "Cluster Synthesis" e "Single Cell".

- "*Cluster Synthesis*" - Este programa permite especificar as células espectrais e combinar linearmente os alarmes espaciais correspondentes a estas células, sintetizar manualmente o agrupamento e dispor os "pixels" alarmados correspondentes na memória do IMAGE-100.
- "*Single Cell*" - O método envolve a aquisição de histogramas dos dados espectrais de uma área de treinamento selecionada para cada "N" canais independentemente. Limites inferiores e superiores das distribuições de nível de cinza são pré-selecionados para cada canal independentemente, baseado num critério definido pelo usuário, obtendo-se um paralelepípedo ou célula N-dimensional; isto resulta numa primeira aproximação de uma assinatura que consiste em um volume de espaço de atributos definido por uma célula única. A metodologia em que se utilizou os produtos obtidos através do programa "Single Cell" é detalhada na Secção 2.3.3.

Utilizando o programa "Cluster Synthesis" foi obtida a classificação temática, isto é, a associação de intervalos de níveis de cinza a uma classe ou padrão conhecido. Esta classificação foi representada através do programa auxiliar "Grey Level Slicer".

- "*Grey Level Slicer*" - O processo consiste em dividir o histograma da imagem em intervalos de níveis de cinza, e a cada um destes intervalos associar uma cor diferente. Cada intervalo é representado no sistema IMAGE-100 por um tema. Este programa permite a discriminação de alvos que se apresentam em diferentes intervalos de níveis de cinza e podem possuir uma pequena diferença espectral, representada na imagem por níveis de cinza próximos.

O programa auxiliar "GERCOR" foi utilizado para gerar cores padrões e o programa auxiliar "PNTOUT" foi utilizado para representar o conjunto de temas, através de símbolos alfanuméricos na impressora de linhas ("printout").

As imagens obtidas na faixa do infravermelho termal gravadas em fita CCT (Compatível Com Computador) foram analisadas no Sistema IMAGE-100, utilizando-se os programas descritos anteriormente, de acordo com a seguinte metodologia:

A área de treinamento, constituída normalmente de 256 "pixels" por 256 linhas de varredura de resolução, foi selecionada na região de estudo, dentro da imagem global. Posteriormente, a imagem foi armazenada na memória de imagens do Sistema IMAGE-100, que contém 512 pontos por 512 linhas, resultando numa área com ampliação de 4:1.

No processamento radiométrico a imagem ampliada foi submetida a duas vezes o programa "Contrast Stretch", quando necessário. A seguir foi utilizado, no processamento espacial, o programa "MD5FIL" com a finalidade de melhor observar a estrutura termal, através da intensidade dos níveis de cinza.

A segunda etapa constitui-se na classificação temática de campos de água da área de estudo. Neste caso foram utilizados os programas "Cluster Synthesis" e "Grey Level Slicer". Nesta fase, cada nível de cinza foi relacionado ao valor de temperatura equivalente de

Corpo Negro (T_{CN}), utilizando-se a tabela de conversão disponível para os dados do satélite SMS-2, encontrada no Apêndice B.

Os produtos obtidos para uma análise posterior constituíram-se em "slides" e "printouts" da classificação temática de campos de água e também da grade geográfica da área, o que permitiu localizar as estruturas termais mais evidentes.

A precisão da localização destas estruturas termais está relacionada, dentre outros fatores, com a qualidade da grade que, de certa forma, fornece a magnitude do erro cometido no posicionamento geográfico dos temas classificados. Geralmente a qualidade da grade geográfica de uma imagem depende da combinação de fatores tais como, características da posição orbital do satélite e ângulo de visada do sensor. Estes fatores influem, de certa forma, nos cálculos básicos das equações utilizadas para obter a posição do satélite e, posteriormente, na aplicação destes dados para a obtenção da imagem, sua análise e os produtos desta análise.

Geralmente o "printout" obtido através da análise da imagem no Sistema IMAGE-100 contém impresso, dentro de suas dimensões físicas, em média 256 "pixels" na direção horizontal e 204 linhas de varredura na direção vertical, sendo que cada "pixel" é impresso a cada 0,1 polegada. Na direção vertical o número de "pixels" é menor porque é feita uma amostragem de todos os "pixels" da memória deste sistema. Admitindo 10 km de resolução para o radiômetro infravermelho termal do sistema sensor VISSR, devido à localização geográfica da área de estudo em média latitude, tem-se uma área de aproximadamente 5×10^6 km² e uma incerteza dentro da resolução de cada "pixel" impresso, da ordem de ± 10 km.

2.3.3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DADOS DO SATÉLITE SMS-2

O uso de um único canal, no caso o infravermelho termal, para o estudo de frentes oceânicas e avaliação de temperaturas da superfície do mar, apresenta algumas limitações. A energia eletromagnética que chega no sensor pode ser alterada pela presença de nuvens com diferentes temperaturas que se encontram no mesmo campo de interesse da superfície do mar; além disto, nuvens estratiformes a pouca altura normalmente apresentam temperaturas similares à temperatura da superfície do mar. Mesmo quando não ocorre a presença de nuvens, o conteúdo de umidade atmosférica produz alterações na radiação emitida pela superfície do mar, devido à absorção da radiação infravermelha pela atmosfera.

Uma forma de minimizar a influência dos "pixels" contaminados pela presença de nuvens nos dados de temperatura da superfície do mar, é verificar o comportamento estatístico de amostras do campo de nuvens e de água. Conseqüentemente, pode-se ter um melhor entendimento da variabilidade espaço/temporal da temperatura da superfície do mar.

Entretanto, neste trabalho, a finalidade principal foi verificar o comportamento estatístico, explicar algumas variações espaciais de alguns dados obtidos pelo canal infravermelho termal através do sistema sensor VISSR, de regiões isentas de nuvens, e exemplificar o comportamento estatístico de algumas amostras coletadas em regiões com cobertura de nuvens; para tanto, foi utilizado um modelo estatístico gaussiano. Neste modelo considera-se o nível de cinza como uma variável aleatória contínua, que obedece uma função de distribuição Normal. A justificativa inicial para adotar uma distribuição Normal (gaussiana) é que variáveis aleatórias que aparecem em muitas aplicações físicas têm uma distribuição similar à distribuição Normal.

A distribuição gaussiana, básica de uma população, é definida pela seguinte equação, segundo Spiegel, 1970.

$$Y_i = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} e^{-1/2(x_i - \bar{x}_i)^2/\sigma_i^2} \quad (2.1)$$

onde:

x_i - valor genérico da população,

\bar{x}_i - média da população,

σ_i - desvio padrão da população,

σ_i^2 - variância da população.

Para ajustar a curva gaussiana a uma distribuição estatística experimental particular, foi utilizada a Equação 2.1 na forma modificada, dada por:

$$Y_i = A_i e^{-1/2(x_i - \bar{x}_i)^2/\sigma_i^2} \quad (2.2)$$

onde:

A_i - frequência de pico da distribuição observada.

O procedimento para se chegar à forma da Equação 2.2 pode ser encontrado em Tienstra (1956).

As seguintes suposições foram feitas na obtenção e análise dos dados, usando o modelo gaussiano:

- Os dados da região de interesse envolvem condições de "pixels" da superfície do mar, isenta de nuvens e com cobertura de nuvens.

- Amostras que representam somente população de "pixels" da superfície do mar sem obstrução (regiões isentas de nuvens), geralmente estão relacionadas a intervalos de níveis de cinza menores (T_{CN} quente).
- Amostras que representam somente população de "pixels" que correspondem a regiões de nuvens, geralmente estão relacionadas a intervalos de níveis de cinza maiores (T_{CN} fria).
- As populações são independentes em ambos os campos, campo de dados e no modelo.
- O modelo supõe uma combinação linear de populações.
- As distribuições reais dos dados de satélite são combinações lineares de populações.

Para os propósitos da execução dos cálculos estatísticos foram utilizados, em média, 484 "pixels" (Stevenson et alii, 1977a; Stevenson e Inostroza, 1981) para cada subgrupo do campo de dados infravermelho termal, selecionados da área de treinamento na imagem, no Sistema IMAGE-100. Cada subgrupo corresponde a 22 "pixels" por 22 linhas de varredura, na memória de imagem deste sistema. Entretanto, na imagem original, cada subgrupo representa 11 "pixels" por 11 linhas de varredura, uma vez que esta apresenta uma ampliação de 4:1. Considerando-se a resolução espacial de 10 km por "pixel", ou seja, a condição sem recobrimento entre faixas adjacentes na imagem, a área correspondente à imagem original é de aproximadamente $1,2 \times 10^4 \text{ km}^2$ ($3 \times 10^3 \text{ mn}^2$); com recobrimento, esta área é um pouco menor, da ordem de $1 \times 10^4 \text{ km}^2$ ($2,5 \times 10^3 \text{ mn}^2$), ou seja, 10 "pixels" por 10 linhas de varredura.

Utilizando-se o programa "Single Cell" descrito na Seção 2.3.2, foram obtidos os valores de média e variância da distribuição correspondente à área de amostragem. O histograma e as coordenadas cor

respondentes desta área foram obtidos através dos programas auxiliares "H-List" e "Scaled Cursor", respectivamente, no Sistema IMAGE-100. Na obtenção dos produtos para a análise estatística utilizaram-se também como referência qualitativa, todos os resultados obtidos no processamento automático das imagens.

Para cada curva experimental foi ajustada uma curva equivalente à distribuição gaussiana, ou uma combinação de gaussianas e, posteriormente, a envoltória resultante desta família de curvas.

A medida de incerteza do ajuste entre as frequências da distribuição estatística experimental e a distribuição gaussiana foi verificada utilizando-se a Equação 2.3, segundo Panofsky e Brier, 1965.

$$\text{RMSE} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_g - Y_{\text{exp}})^2}{N}}, \quad (2.3)$$

onde:

RMSE - erro quadrático médio,

Y_g - frequência correspondente à curva gaussiana,

Y_{exp} - frequência correspondente à curva experimental.

No caso, esta equação indicou a variabilidade entre as frequências das distribuições em termos do erro quadrático médio ("Root Mean Square Error - RMSE"). O índice em percentagem da variabilidade em relação à frequência total observada forneceu a magnitude do erro.

Na Figura 2.2, as lebras a, b, c mostram a correspondência entre as distribuições espaciais da temperatura da superfície do mar e as distribuições estatísticas equivalentes que podem ser obtidas com dados de satélite, representativos de uma determinada amostra sele

cionada na região de interesse; na Figura 2.2, as letras a e b mostram as distribuições que apresentam características relativamente isotermas, com temperatura média \bar{T}_i (Figura 2.2a) mais fria, que corresponde a níveis de cinza maiores que a distribuição indicada na Figura 2.2b que apresenta temperatura média \bar{T}_j mais quente. Em ambos os casos, os valores de desvio padrão e variância da população são relativamente pequenos e à medida que estes valores aumentam para um mesmo número de observações, as distribuições tornam-se mais alongadas, o que pode indicar uma região de mistura entre campos de água ou entre campos de nuvens e água. A Figura 2.2c ilustra a distribuição espacial e estatística características de frentes oceânicas. O intervalo espacial entre as temperaturas médias (\bar{T}_i e \bar{T}_j) pode fornecer a extensão da frente oceânica numa determinada área.

A comparação da diferença de magnitude entre a frequência de pico e a frequência do "vale", em uma distribuição bimodal, pode indicar a percentagem relativa de "pixels" envolvidos na área correspondente à subpopulação da amostra. Se o "vale" entre os dois picos apresentar uma configuração relativamente aguda e profunda, ou seja, se a diferença entre as frequências for relativamente grande entre ambos, poucos "pixels" estarão envolvidos na zona de transição entre as subpopulações. Esta configuração (Figura 2.3a) pode sugerir uma frente oceânica relativamente estreita. Se, por outro lado, o "vale" apresentar uma configuração mais suave e larga, com pequena diferença entre as frequências de pico e "vale", uma maior quantidade de "pixels" estará envolvida na zona de transição entre as subpopulações, consequentemente, uma frente oceânica relativamente mais larga que no caso anterior (Figura 2.3b).

Ainda, se a distribuição bimodal apresentar picos com frequências discrepantes, o menor pico corresponderá a um número menor de "pixels" envolvidos para uma subpopulação da amostra, enquanto o maior pico corresponderá a um número maior de "pixels" (Figura 2.3c e d).

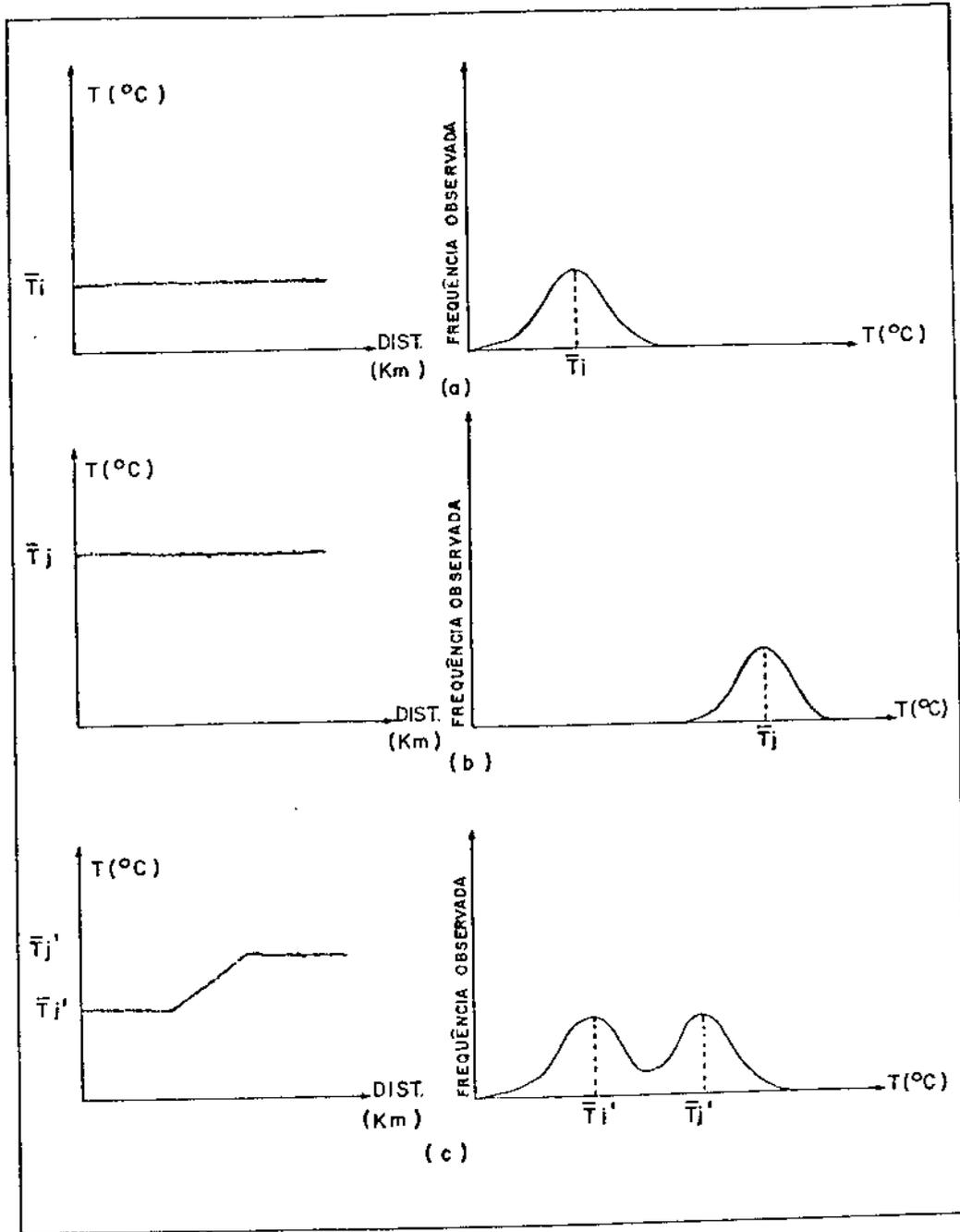


Fig. 2.2 - Correspondência entre as distribuições espaciais da temperatura da superfície do mar e as distribuições estatísticas equivalentes.

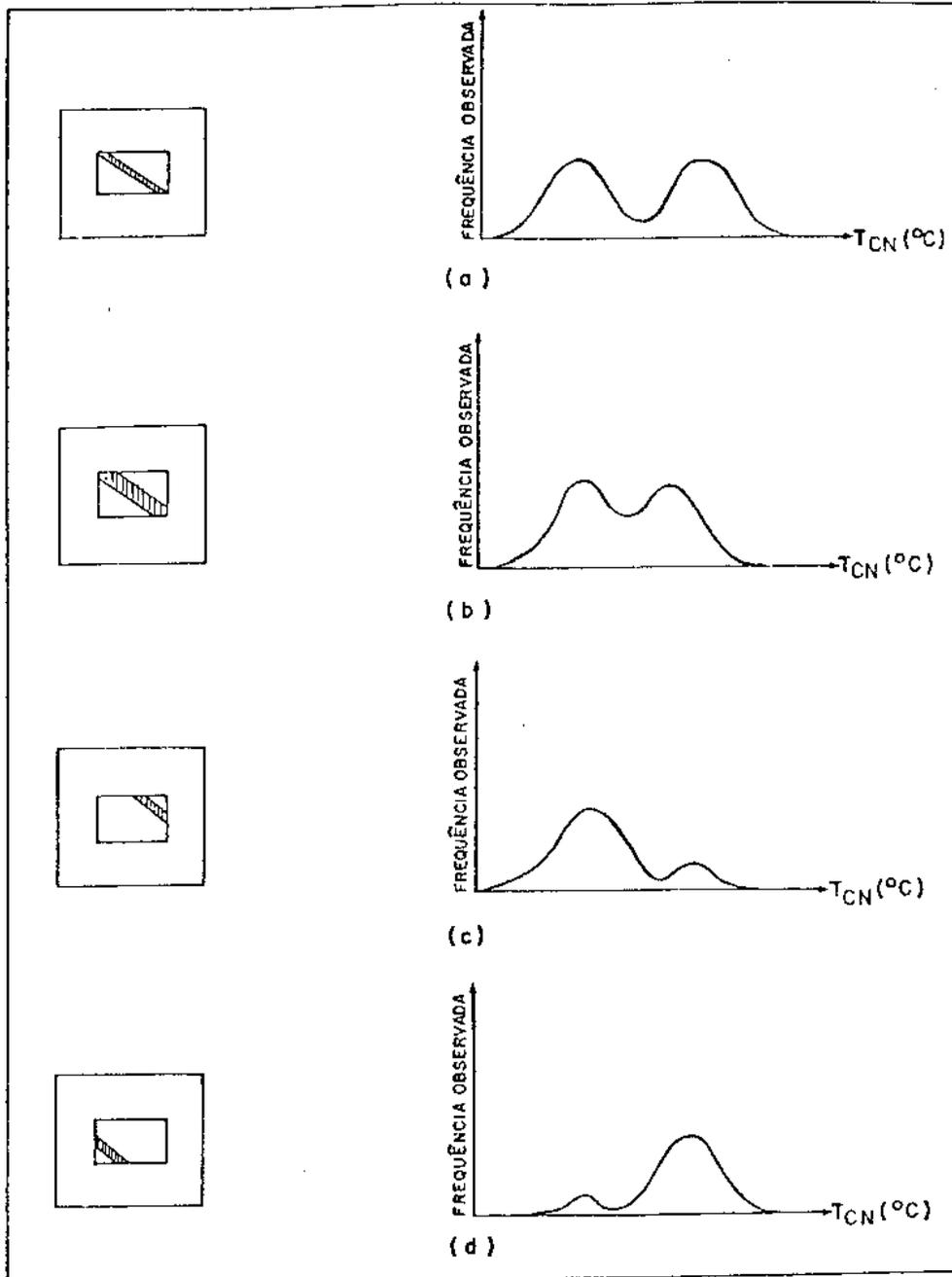


Fig. 2.3 - Correspondência entre o comportamento da distribuição bimodal e a porcentagem relativa de "pixels".

Entretanto, o método utilizado apresenta algumas limitações. Amostras de duas regiões podem apresentar distribuições com as mesmas temperaturas médias e o mesmo desvio padrão. Porém, estas distribuições podem representar populações de campos diferentes no terreno, ou seja, campo de água ou campo de nuvens. Esta é uma limitação intrínseca do modelo que pode ser otimizada pelo aumento de "graus de liberdade", ou seja, informações do canal na faixa do visível, utilizadas para discernir campos de água de campos de nuvens, pela respectiva diferença de albedo, as quais não estão disponíveis neste estudo. De maneira geral, outro fator que auxilia também para uma melhor interpretação dos resultados é o incremento de momentos de ordem maior, tal como assimetria e curtose, que não foram incluídos nos propósitos deste trabalho.

2.3.4 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O CÁLCULO DO GRADIENTE DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

As distribuições estatísticas referentes a amostras coletadas na região da Frente Oceânica Subtropical indicaram, sob determinadas condições, o gradiente de temperatura da superfície do mar envolvido na área de amostragem. A obtenção deste gradiente foi baseada nas seguintes suposições:

- a) A área de amostragem possui um comportamento de gradiente coerente e não-aleatório, definido por um campo de temperaturas quentes, zona de transição e campo de temperaturas frias.
- b) A frente oceânica consiste em dois campos de temperatura, definidos por um campo de temperaturas quentes e um de temperaturas frias.
- c) A homogeneidade termal é admitida ao longo da frente oceânica.
- d) A somatória dos "pixels" da distribuição estatística correspondente à frente oceânica relaciona-se em um espaço bidimensional.

- e) Um sistema de coordenadas natural é admitido e definido por um eixo normal (n) à frente oceânica e outro paralelo (p) à esta (Figura 2.4).
- f) O gradiente de temperatura em relação ao eixo normal (n) da frente oceânica é muito maior que o gradiente de temperatura em relação ao seu eixo paralelo (p), ou seja:

$$\frac{\Delta T}{\Delta n} \gg \frac{\Delta T}{\Delta p} .$$

Esta suposição é devida à condição de fronteira de temperatura quente e fria. No eixo paralelo o gradiente não é tão evidente porque esta condição é pouco acentuada.

- g) No espaço bidimensional, a frente oceânica deve estender-se entre lados adjacentes (Figura 2.5a) ou lados opostos (Figura 2.5b), de um vértice a outro (Figura 2.5c), ou seja, admite-se continuidade. A orientação da frente oceânica encontra-se mais comumente neste espaço, na condição típica mostrada na Figura 2.5a, do que em casos especiais (Figura 2.5b e c), que envolvem simetria entre as zonas quente e fria.
- h) As áreas correspondentes aos campos de temperatura quente e fria no espaço bidimensional não são necessariamente iguais, elas são calculadas pelo número de "pixels" correspondentes, obtidos na distribuição estatística da amostra.

Basicamente utilizando-se as informações da distribuição estatística experimental, foi calculado o número total de "pixels" que não contribuem para a zona quente e fria da frente oceânica, o número total de "pixels" que contribuem para sua zona quente e fria, o número de "pixels" de interesse para a zona quente e fria do gradiente termal.

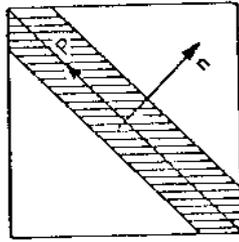


Fig. 2.4 - Sistema de coordenadas natural.

(n) eixo normal à frente oceânica,
(p) eixo paralelo à frente oceânica.

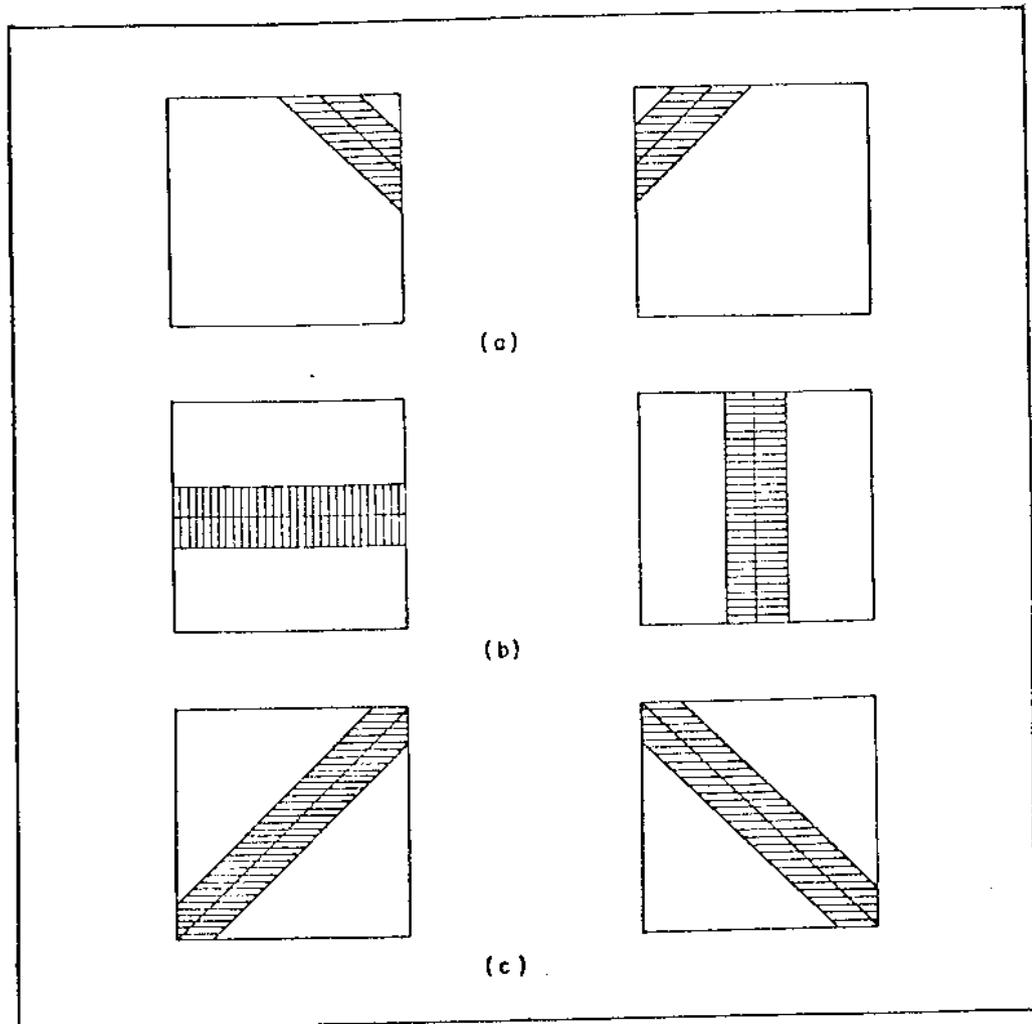


Fig. 2.5 - Orientação da frente oceânica no espaço bidimensional.

A razão entre o número total de "pixels" na zona quente do gradiente termal e o número de "pixels" que contribuem para a zona quente da frente oceânica fornece a proporção dos lados da área em que há o gradiente termal, nesta zona. Esta proporção foi utilizada para verificar o número de "pixels" correspondentes ao eixo normal e paralelo da zona quente do gradiente termal. Analogamente, o mesmo procedimento foi utilizado para obter a proporção dos lados da área em que há o gradiente termal, na zona fria da frente oceânica.

Considerando a condição em que o gradiente de temperatura na direção normal é muito maior que o gradiente na direção paralela à frente oceânica, obteve-se o número total de "pixels" na zona quente e fria do gradiente, somente no eixo normal à frente oceânica. Este total de "pixels" foi então relacionado com a resolução espacial, considerando-a com 10 km. O intervalo de temperatura foi verificado através da distribuição estatística experimental.

A avaliação dos resultados foi baseada inicialmente na verificação do gradiente de temperatura em um espaço bidimensional. Tendo-se a localização geográfica da amostra no "printout", foi verificada a disposição espacial da frente oceânica. A equivalência entre "pixels" e caracteres impressos no "printout" foi calculada considerando-se que a área de amostra corresponde originalmente a 121 "pixels", ou seja 11 "pixels" por 11 linhas de varredura, e resolução de 100 km². Posteriormente, foi feita a avaliação dos valores do gradiente de temperatura, obtido com a metodologia descrita, em comparação com os resultados dos valores obtidos com dados oceanográficos.

2.4 - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS OCEANOGRÁFICOS E DE SATÉLITE

2.4.1 - ANÁLISE DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR, OBTIDA COM DADOS OCEANOGRÁFICOS E DE SATÉLITE (GOSSTCOMP - VISSR/SMS-2)

A análise da temperatura da superfície do mar teve por finalidade fazer uma comparação entre os dados oceanográficos conven

cionais e os dados obtidos através de satélites, na tentativa de verificar as correlações significativas, exatidão e estabilidade entre os dados.

A radiação infravermelha emanante da superfície do oceano é devida não só à auto-emissão da película de alguns micrômetros do topo da superfície do mar, como também da reflexão, por esta superfície do oceano, da radiação infravermelha de fontes atmosféricas naturais como nuvens, vapor de água, dióxido de carbono e aerossóis. A soma destas componentes de radiação, ou seja, auto-emissão e reflexão, é definida como a emitância radiante espectral efetiva da superfície do mar. Nas medições desta radiação por satélite, deve-se considerar a absorção da radiação infravermelha e a emissão pelo vapor de água da atmosfera, dióxido de carbono e ozona. Na atmosfera real, nuvens e aerossóis atenuam a emitância radiante da superfície do oceano e, por sua vez, emitem radiação (Hanson, 1972). A atenuação atmosférica pode ser minimizada pela redução da concentração dos constituintes absorventes, isto é, vapor de água, dióxido de carbono etc. (Moore and Myers, 1972).

Outros fatores que devem ser considerados na comparação entre dados oceanográficos e dados de satélite são os erros devidos ao efeito da microssuperfície, emissividade da superfície do mar diferente da unidade, ruído instrumental e térmico inerentes aos dados, e calibração instrumental. A contribuição atmosférica na medida de radiação por satélite varia significativamente com o ângulo de visada de observação, as condições de nuvens e a quantidade de água precipitável na atmosfera (Smith et alii, 1980).

Maul e Sidran (1973) observam que as diferenças entre a temperatura real e a obtida por satélite (NOAA), observadas do subponto do satélite, podem variar no intervalo de $2,2^{\circ}\text{C}$ para uma atmosfera seca de inverno, até $10,5^{\circ}\text{C}$ sob condições de uma atmosfera úmida subtropical no verão. Uma diferença de temperatura de $8,0^{\circ}\text{C}$ na superfície do mar, quando observada do nadir até um ângulo de 30° , em uma atmosfera padrão de julho registra valores menores que $3,0^{\circ}\text{C}$ no satélite, e é

comprimida para $1,0^{\circ}\text{C}$ quando observada em um ângulo de 60° em relação ao nadir. 10% de cobertura de nuvens pode introduzir erros num intervalo de $0,5^{\circ}\text{C}$ a $4,0^{\circ}\text{C}$, dependendo da altura e formação das nuvens. Ruído aleatório nos dados de radiossonda podem introduzir erros maiores que $1,0^{\circ}\text{C}$ para qualquer dada sondagem.

Dados de temperatura da superfície do mar, referentes a junho de 1978, outubro de 1980, fevereiro e março de 1981, foram comparados utilizando-se informações oceanográficas, resultados obtidos na classificação temática das imagens no Sistema IMAGE-100, provenientes de informações na faixa do infravermelho termal (VISSR/SMS-2), e dados do Projeto GOSSTCOMP (Global Operational Sea Surface Temperature Computation) da NOAA/NESS dos Estados Unidos.

Os dados obtidos pelo sistema sensor VISSR são calibrados eletronicamente e radiometricamente (Camilli, 1981). Os níveis digitais ou níveis de cinza são transformados em temperatura equivalente de Corpo Negro (T_{CN}) (Tabela B.1 - Apêndice B). Estes dados não envolvem correções em relação aos efeitos causados pela absorção atmosférica da radiação infravermelha termal.

Em relação ao Projeto GOSSTCOMP foram utilizados dois tipos de produtos. O primeiro é uma grade de $15^{\circ} \times 15^{\circ}$ de latitude sul e longitude oeste, com valores de temperatura equivalente de Corpo Negro (T_{CN}) impressos a cada intervalo geográfico de $0,5^{\circ}$ (50 km). Cada observação é obtida por uma técnica de histograma, aplicada a 1024 medidas com superposições parciais, em uma área de aproximadamente 100 km^2 ao redor de um ponto central (Ikeda and Stevenson, 1978).

O segundo é uma carta que contém isotermas, fornecida manualmente, que são traçadas através da análise de um conjunto de dados de uma grade global de $1,0^{\circ}$ (100 km), no caso, obtida em 1981. Esta carta cobre a Terra em segmentos Mercator de 50° de latitude por 50° de longitude, desde 70° norte a 70° sul, com sobreposição de 5° em 20° norte e 20° sul. O intervalo de contorno é de $1,0^{\circ}\text{C}$.

O campo de $0,5^{\circ}$ é analisado semanalmente usando-se observações prévias de sete dias, e o campo de $1,0^{\circ}$ é produzido diariamente para todas as observações obtidas durante as últimas 24 horas. A exatidão dos campos de temperatura da superfície do mar analisados é dependente da técnica de observação, do procedimento da análise e, no caso de cartas com os contornos das isotermas, do programa utilizado nestes contornos. A exatidão é de $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ quando comparadas com as observações de navio (Dismachek et alii, 1980).

A fonte de dados do Projeto GOSSTCOMP em relação ao primeiro produto foi obtida através do sensor SR (Scanner Radiometer), instalado no satélite NOAA-4. Atualmente as medidas de temperatura da superfície do mar são tomadas através do sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), instalado no satélite NOAA-7, na faixa do infravermelho termal ($10,5 \mu\text{m} - 12,5 \mu\text{m}$).

As temperaturas da superfície do mar são corrigidas em relação às faixas do dióxido de carbono e da absorção do vapor de água (Brower et alii, 1976). As informações para estas correções, no primeiro caso, foram obtidas pelo sistema de processamento orbital VTPR (Vertical Temperature Profile Radiometer), e atualmente são obtidas pela unidade HIRS/2 (High Resolution Infrared Radiation Sounder). Segundo Stevenson e Miller (1974), os dados GOSSTCOMP envolvem também correções quanto à contaminação de nuvens. Maiores detalhes sobre os sistemas sensores podem ser encontrados em Barnes e Smallwood (1982).

Basicamente, na metodologia adotada para verificar as relações e incertezas entre os dados de temperatura adquiridos a nível de superfície (T_{sf}) e por satélite (T_{CN}), utilizou-se cálculos estatísticos para obter os parâmetros da reta de regressão e do coeficiente de correlação. A distribuição de "Student" foi utilizada para verificar o nível de significância do coeficiente de correlação. O nível de significância mínimo de aceitação foi de 95%. As equações utilizadas neste caso podem ser encontradas em Spiegel (1970). Esta relação teve por finalidade verificar a equivalência entre os valores de temperatu

ra obtidos através de sensores remotos termais e os valores obtidos através de dados oceanográficos. Uma aproximação da medida de exatidão entre os dados foi obtida em termos do erro quadrático médio, de acordo com Panofsky e Brier (1965).

O mesmo procedimento foi utilizado para verificar o comportamento e as relações entre as diferenças de temperatura obtidas a nível de superfície (T_{sf}) e por sensores remotos termais (T_{CN}), ou seja, ($\Delta T = T_{sf} - T_{CN}$) em função da temperatura a nível de superfície (T_{sf}). Neste caso, o valor do erro quadrático médio indicou uma aproximação da medida de estabilidade entre os dados.

2.4.2 - ANÁLISE DAS VARIACÕES SAZONAIS DA FRENTE OCEÂNICA SUBTROPICAL, OBTIDA COM DADOS OCEANOGRÁFICOS E DO SATÉLITE SMS-2

Para esta análise considerou-se, no conjunto de dados oceanográficos, a posição média da Frente Oceânica Subtropical delinea da basicamente através das informações obtidas das distribuições horizontais de temperatura e salinidade na superfície. As distribuições de salinidade na superfície foram utilizadas conjuntamente com as de temperatura, apenas como referência para melhor identificar as massas de água da Corrente do Brasil e da Corrente das Malvinas. O uso conjunto destas distribuições teve por finalidade proporcionar uma informação mais completa da interface física desta frente. Identificada a Frente Oceânica Subtropical, tomou-se basicamente a posição média de suas isotermas associada principalmente com as massas de água transportadas pela Corrente do Brasil e pela Corrente das Malvinas. Com a finalidade de representar toda a interface dessa frente, foram obtidos os limites ocidental e oriental em relação à sua posição média. Estes limites representam a zona de oscilação da Frente Oceânica Subtropical, ou seja, a zona que a contém. O limite ocidental foi obtido considerando-se o extremo oeste desta frente sob influência da massa de água transportada pela Corrente das Malvinas, e o limite oriental foi obtido considerando-se seu extremo leste com influência da massa de água transportada pela Corrente do Brasil.

No conjunto de dados do satélite SMS-2 considerou-se, em princípio, as informações obtidas através dos produtos "printouts" da classificação temática das imagens (janeiro de 1980 a março de 1981). Inicialmente obteve-se a posição média da Frente Oceânica Subtropical equivalente à frente de temperatura da superfície do mar, em base de tempo mensal. Sua localização foi delimitada considerando-se a fronteira da temperatura da superfície do mar entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas, e utilizando uma grade geográfica básica em transparência, que não envolve correções em relação às distorções geométricas. Na obtenção das posições médias dessa frente foram consideradas, também, as informações sobre o comportamento estatístico de amostras coletadas na região da Convergência Subtropical, através do Sistema IMAGE-100. Os produtos foram utilizados para verificar o comportamento das posições médias da Frente Oceânica Subtropical, obtida em base de tempo mensal, para cada estação do ano. Com base nestas posições médias, foi delimitada a posição média da Frente média Subtropical ou frente média de temperatura da superfície do mar, representativa do trimestre ou estação do ano.

Basicamente, as comparações de superfície foram realizadas considerando-se algumas características da Frente Oceânica Subtropical, observadas através de informações oceanográficas e do satélite SMS-2. As informações no período de janeiro a março de 1980 (verão de 1980) e janeiro a março de 1981 (verão de 1981) foram utilizadas também para verificar as oscilações desta frente em uma mesma estação, em escala de tempo diferente.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS E DISCUSSÕES DE DADOS OCEANOGRÁFICOS

3.1 - ANÁLISE DE DADOS OCEANOGRÁFICOS

Na análise de dados oceanográficos, as características do sistema de correntes da região de estudo foram obtidas com base na análise das massas de água, conforme a classificação adotada na metodologia.

Como mencionado na metodologia, para verificar as relações verticais e horizontais entre as massas de água da região em estudo, foram construídos dois tipos de diagramas T-S, utilizando-se algumas estações oceanográficas selecionadas da estação da primavera.

A distribuição horizontal de temperatura, salinidade e σ_t na superfície foi construída para todas as estações do ano, com a finalidade de verificar o comportamento espacial e temporal da Frente Oceânica Subtropical.

Obteve-se a distribuição horizontal da circulação na superfície relativa ao nível de 1000 dbar somente para as estações da primavera, verão e outono, uma vez que os dados da Comissão Oceanográfica 025 utilizados para o estudo no inverno contêm poucas estações oceanográficas na região oceânica, ou seja, com profundidade igual a 1000 metros. Entretanto, cabe salientar que foi realizada uma tentativa no sentido de verificar a utilização de um nível de referência menor, ou seja, 0/100 dbar e 0/500 dbar. A razão da utilização de um nível de referência menor é que a área de estudo envolve tanto a região costeira, como a região oceânica. Fez-se esta tentativa utilizando dados da estação do outono, os quais envolvem um maior número de estações oceanográficas, comparada com a estação de inverno. Entretanto, não foi possível adotar nenhum destes níveis, uma vez que apresentaram configurações relativamente discrepantes. Isto é, verificou-se que a topografia dinâmi

ca obtida ao nível de 0/1000 dbar e 0/500 dbar apresenta similaridade na direção do fluxo da corrente, mas não na magnitude da velocidade. Por outro lado, não se observou essa similaridade na comparação da topografia dinâmica entre 0/500 dbar e 0/100 dbar.

O valor da velocidade horizontal relativa do sistema de correntes foi estimado tomando-se a medida da distância entre contornos adjacentes e comparando-a com os nomogramas que acompanham as distribuições horizontais da topografia dinâmica. Estes nomogramas foram construídos utilizando-se a equação simplificada do movimento geostrofico. Devido ao grande intervalo de latitude, foi necessário construir três nomogramas, com a finalidade de preservar uma razoável exatidão entre as medidas.

Como mencionado anteriormente, foram selecionadas três secções verticais perpendiculares à costa e uma secção ao longo da costa, para todas as estações do ano, as quais forneceram informações sobre a ocorrência das massas de água características da Corrente do Brasil, Corrente das Malvinas e Frente Oceânica Subtropical. As secções verticais perpendiculares à costa, selecionadas em cada região da área de estudo, ou seja, região sul, central e norte, foram denominadas de acordo com a região em que se encontram, como: SP (Sul/Primavera), CP (Central/Primavera), NP (Norte/Primavera), SV (Sul/Verão), CV (Central/Verão), NV (Norte/Verão), SO (Sul/Outono), CO (Central/Outono), NO (Norte/Outono), SI (Sul/Inverno), CI (Central/Inverno), NI (Norte/Inverno).

A secção vertical ao longo da costa foi selecionada de tal modo que incluísse um maior número de estações oceanográficas e pudesse fornecer simultaneamente características das massas de água da Corrente das Malvinas, influência de águas costeiras, Frente Oceânica Subtropical e Corrente do Brasil. Para as estações da primavera, verão e outono, a secção vertical ao longo da costa está orientada a 30° nordeste. Devido à pouca extensão dos perfis oceanográficos realizados pela Comissão Oceanográfica 025, no inverno, a secção ao longo da costa para esta estação do ano foi obtida girando 8° de nordeste para norte/

nordeste. Entretanto, como a área de estudo foi relativamente grande, este giro foi desprezível.

Somente para a estação da primavera foram verificadas as velocidades relativas na profundidade de 75 metros ao nível de referência de 500 dbar, com dados correspondentes à secção vertical ao longo da costa. Com a finalidade de verificar a causa das máximas velocidades encontradas, foi feita a correspondente distribuição horizontal da topografia dinâmica no mesmo nível de referência.

Os dados de temperatura de superfície da secção vertical ao longo da costa, referentes à primavera, foram utilizados também para exemplificar e verificar a localização da Frente Oceânica Subtropical, com base nas características da distribuição espacial e estatística dos dados.

3.1.1 - ANÁLISE DE DADOS OCEANOGRÁFICOS - PRIMAVERA/1977

O estudo das variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical, na primavera, foi realizado utilizando os dados da Comissão Oceanográfica CONVERSUT-I, realizada no período de 25 de agosto a 14 de novembro de 1977. Esta comissão contém informações de 198 estações oceanográficas, localizadas entre 25° e 40° de latitude sul e 044° e 057° de longitude oeste. As estações efetuadas no sentido sul/norte contêm 24 perfis espaçados de, aproximadamente, 73 km e com 453 km de extensão para cada perfil, em média, realizadas em 82 dias, ou seja, 8 estações oceanográficas/perfil (Figura 3.1).

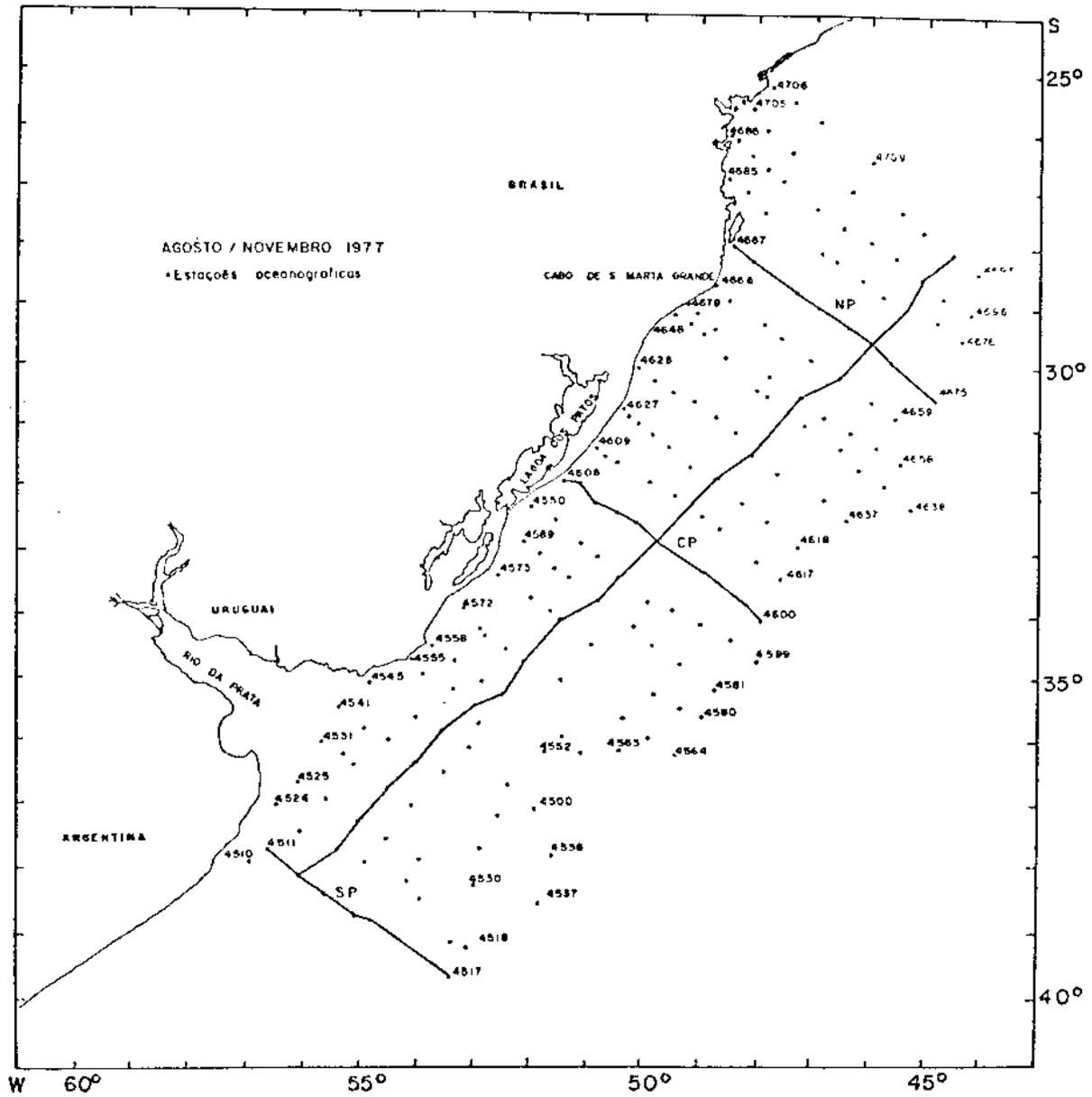


Fig. 3.1 - Localização das estações oceanográficas - Primavera/1977.

1) Diagramas T-S

Foram construídos dois tipos de diagramas T-S utilizando-se os dados da estação da primavera, obtidos pela Comissão Oceanográfica CONVERSUT-I. O primeiro tem como finalidade verificar as relações verticais entre as massas de água (Figura 3.2), e o segundo verificar as relações horizontais de superfície entre massas de água (Figura 3.3). Este último auxilia a análise e interpretação da classificação dos campos de água obtida com dados do satélite SMS-2.

Para tanto, foram selecionadas algumas estações oceanográficas que pudessem evidenciar a ocorrência de massas de água da Corrente do Brasil, Corrente das Malvinas e águas costeiras, utilizando-se as distribuições horizontais de temperatura, salinidade e sigma-t na superfície.

a) Relações verticais entre massas de água

A Figura 3.2 mostra um conjunto de diagramas T-S representativos das massas de água da Corrente do Brasil, Corrente das Malvinas, parte da Frente Oceânica Subtropical e águas costeiras.

A envoltória resultante para cada diagrama T-S foi construída considerando-se cálculos estatísticos e intervalos de confiança de dois desvios padrões (dois sigmas), que significa que 95% da amostra está incluída na população. A linha central de cada diagrama foi obtida considerando-se os valores médios.

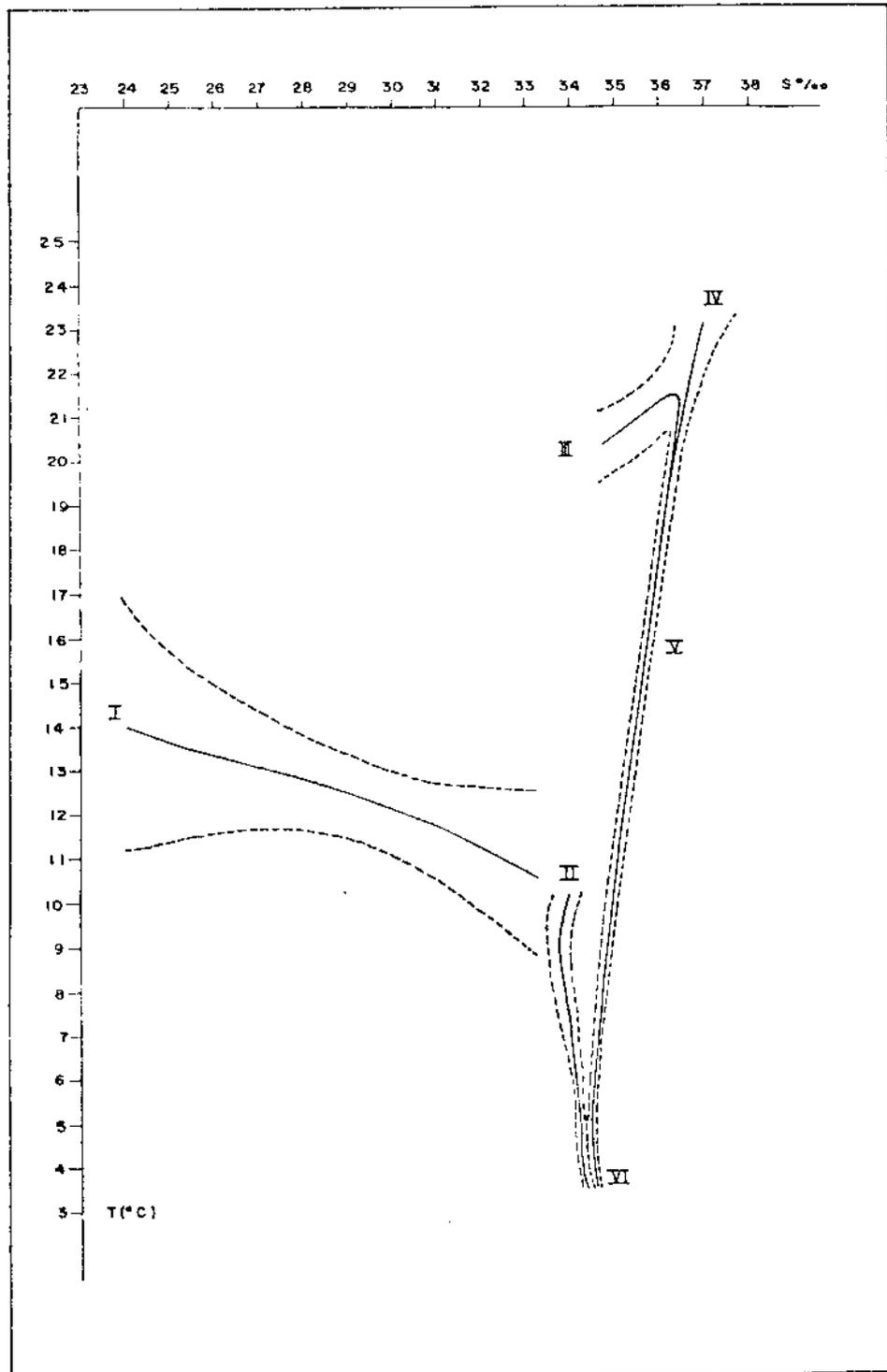


Fig. 3.2 - Diagramas T-S - relações verticais entre massas de água.

(I) - águas costeiras; (II) - Subantártica; (III) - Tropical e Subtropical; (IV) - Tropical; (V) - Central; (VI) - Intermediária Antártica.

A seguir descrevem-se os conjuntos de diagramas T-S:

- *Representativo de águas costeiras* - A maior variabilidade neste diagrama T-S (curva I) é notada próxima à superfície, e devido à própria configuração deste diagrama, pode-se considerá-lo como representativo de águas costeiras provenientes da região do estuário do Rio da Prata. À medida que aumenta a profundidade, a salinidade cresce rapidamente, variando entre $24,0^{\circ}/\text{oo}$ e $33,10^{\circ}/\text{oo}$, e a temperatura varia entre $9,0^{\circ}\text{C}$ e $17,0^{\circ}\text{C}$. Isto não define certamente uma massa de água com características próprias, devido às várias influências decorrentes tanto da mistura com a água oceânica, como de processos costeiros.
- *Representativo da Corrente das Malvinas* - Apresentando características termohalinas da massa de água de origem Subantártica, portanto oceânica, este diagrama T-S (curva II) envolve intervalos de variação destas propriedades entre $7,0^{\circ}\text{C}$ e $10,5^{\circ}\text{C}$ e $33,30^{\circ}/\text{oo}$ e $34,20^{\circ}/\text{oo}$, respectivamente. Verifica-se, neste caso, mínima influência de águas costeiras, o que define melhor as características da massa de água representativa da Corrente das Malvinas.
- *Representativo da Corrente do Brasil e parte da Frente Oceânica Subtropical* - A curva (III), representativa das massas de água da Frente Oceânica Subtropical, apresenta uma envoltória relativamente larga, com temperaturas que variam entre $19,5^{\circ}\text{C}$ e $22,0^{\circ}\text{C}$ e salinidade entre $34,50^{\circ}/\text{oo}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$, o que indica uma maior influência de massas de água de origem Tropical e Subtropical. Como contribuição das águas transportadas pela Corrente do Brasil, tem-se a curva (IV), com temperaturas que variam entre $22,0^{\circ}\text{C}$ e $23,5^{\circ}\text{C}$ e salinidade entre $36,0^{\circ}/\text{oo}$ e $38,0^{\circ}/\text{oo}$. Com o aumento da profundidade, observa-se a Água Central do Atlântico Sul (curva V), identificada pela correlação quase linear entre os pontos $T = 6,0^{\circ}\text{C}$, $S = 34,50^{\circ}/\text{oo}$ e $T = 18,0^{\circ}\text{C}$, $S = 36,0^{\circ}/\text{oo}$, e como parte desta, encontra-se a Água Subtropical que, de acordo

com a classificação adotada, apresenta valores de temperatura entre $12,5^{\circ}\text{C}$ e $17,0^{\circ}\text{C}$ e de salinidade entre $35,0^{\circ}/\text{oo}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$. Aproximadamente a 1000 metros de profundidade, esta massa de água encontra-se com a massa de água Subantártica, convergindo para a Água Intermediária Antártica, com temperaturas que variam entre $3,5^{\circ}\text{C}$ e $4,0^{\circ}\text{C}$ e salinidade entre $34,10^{\circ}/\text{oo}$ e $34,50^{\circ}/\text{oo}$ (curva VI).

b) Relações horizontais de superfície entre massas de água

O segundo diagrama T-S (Figura 3.3) mostra que, se na região de estudo há ocorrência de três tipos de massas de água, pode-se ter diferentes combinações, que resultam em diferentes frentes oceânicas.

As áreas hachuradas indicam a região onde se teve uma maior avaliação dos dados e podem ser consideradas como a fonte de cada massa de água. Neste diagrama, as linhas pontilhadas (1) e (2) indicam as relações horizontais entre as massas de água de origem Tropical, Subtropical e águas costeiras, e massas de água de origem Subantártica e águas costeiras, respectivamente, o que contribui para a formação da Frente Subtropical Costeira. A linha (3) mostra a relação horizontal entre massas de água de origem essencialmente oceânica, ou seja, águas de origem Tropical e Subantártica, que estão interligadas pela água de origem Subtropical, relacionadas com a formação da Frente Oceânica Subtropical.

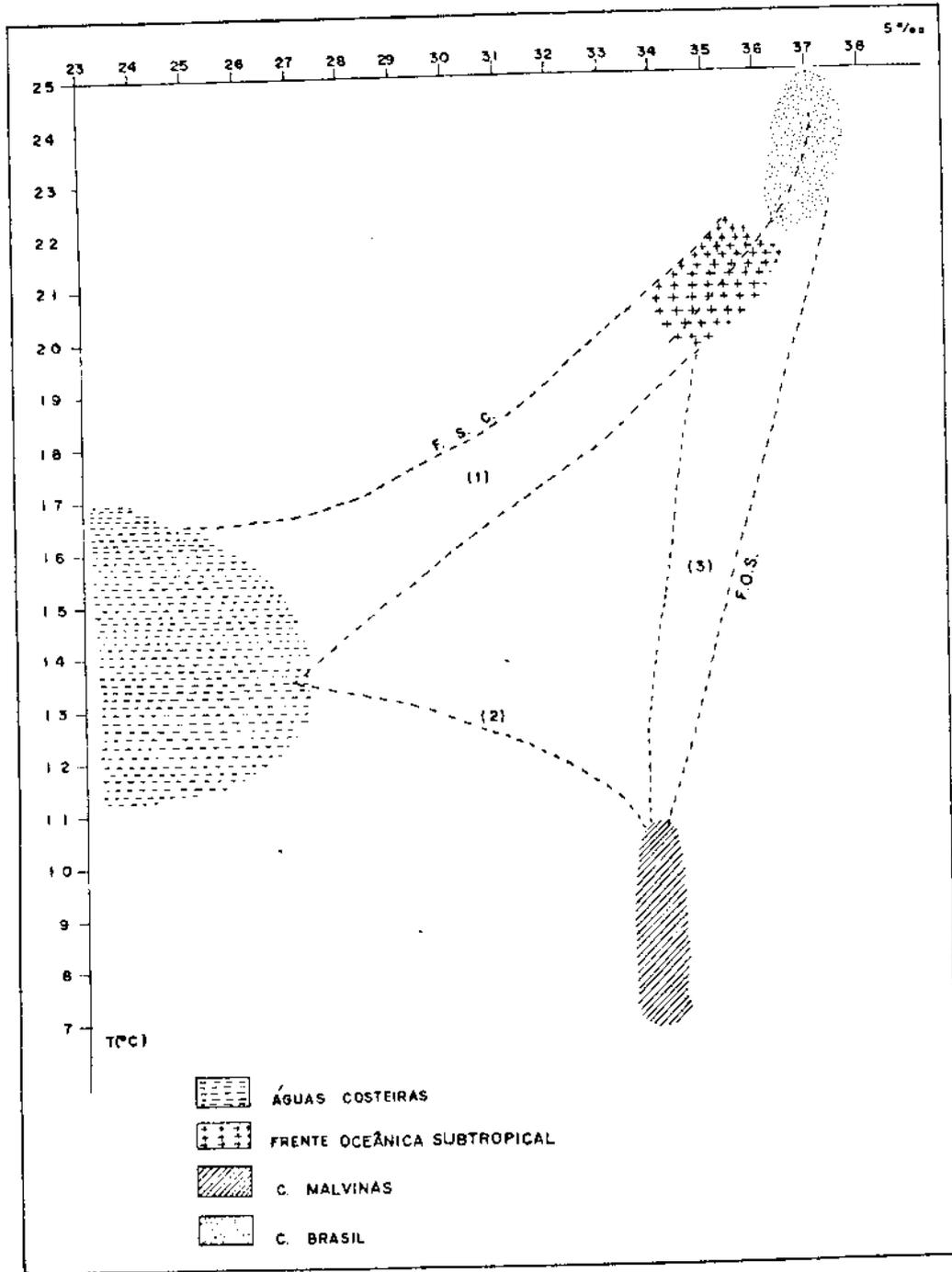


Fig. 3.3 - Diagrama T-S - relações horizontais de superfície entre massas de água.

- (1) e (2) F.S.C. - Frente Subtropical Costeira
- (3) F.O.S. - Frente Oceânica Subtropical

A Frente Subtropical Costeira é definida, no caso, como a confluência entre águas costeiras e águas oceânicas, com maior contribuição de águas costeiras. Esta frente pode apresentar simultaneamente, intensificações de temperatura e de salinidade. Com relação ao encontro de águas costeiras com águas características da Corrente do Brasil e águas de origem Subtropical, a variação de temperatura e salinidade é da ordem de $\Delta T = 5,0^{\circ}\text{C}$ e $\Delta S = 11,0^{\circ}/\text{oo}$, respectivamente. Embora apresente uma razoável variação de temperatura, verifica-se que a salinidade é o principal fator que contribui para a formação desta frente. Esta observação pode ser também verificada na distribuição horizontal de salinidade na superfície, apresentada na secção seguinte.

No caso do encontro de águas costeiras e águas de origem Subantártica transportadas pela Corrente das Malvinas, nota-se também a variação de salinidade de aproximadamente $\Delta S = 10,0^{\circ}/\text{oo}$; a variação de temperatura neste caso é bem menor, da ordem de $\Delta T = 1,0^{\circ}\text{C}$.

Frentes decorrentes do encontro de águas de origem oceânica, ou seja, massas de água transportadas pela Corrente do Brasil e pela Corrente das Malvinas, apresentam variações de temperatura de até $\Delta T = 11,0^{\circ}\text{C}$, que correspondem a uma pequena variação de salinidade, da ordem de $\Delta S = 2,0^{\circ}/\text{oo}$. Neste caso, a temperatura é o fator dominante na formação da Frente Oceânica Subtropical. Salienta-se que o gradiente de temperatura é o principal fator observado quando se utiliza sensores remotos termais, com o propósito de estudar frentes oceânicas.

Desta forma, a Frente Oceânica Subtropical é caracterizada por uma maior variação de temperatura, enquanto a salinidade apresenta pouca variação. Deve-se considerar que embora em menor proporção, pode-se ter também a contribuição de águas costeiras na formação desta frente. Este aspecto será visto através da análise das distribuições horizontais de temperatura e salinidade, referentes às estações do ano.

Através dos diagramas T-S conclui-se, nesta análise, que podem ser observados os seguintes intervalos termohalinos de superfície para as massas de água na região de estudo (Tabela 3.1).

TABELA 3.1

INTERVALOS TERMOHALINOS DE SUPERFÍCIE BASEADOS EM DIAGRAMAS T-S
(PRIMAVERA/1977)

| MASSAS DE ÁGUA | T (°C) | S (‰) |
|--|-------------|---------------|
| Água Tropical (Corrente do Brasil) | 22,0 - 25,0 | 36,0 - 38,0 |
| Água Subantártica (Corrente das Malvinas) | 7,0 - 11,0 | 33,50 - 34,20 |
| Águas Costeiras (forte influência do Rio da Prata) | 11,0 - 17,0 | 23,0 - 27,50 |

2) Distribuição horizontal de temperatura, salinidade e sigma-t
na superfície - Primavera/1977)

Temperatura: Na região norte, aproximadamente entre 27°sul e 30°sul e 044°30' oeste e 047°oeste, são encontrados núcleos de temperaturas mais altas, maiores que 24,0°C (Figura 3.4).

Apresentando configuração semelhante a uma língua de água quente, a massa de água Tropical transportada pela Corrente do Brasil atinge 33° de latitude sul, com temperaturas maiores que 20,0°C. Células menores deslocam-se até aproximadamente 34°30'sul. Próximo ao Cabo de Santa Marta Grande uma pluma de água mais fria, com temperatura menor que 17,0°C, estende-se até 30°30'sul. Dirigindo-se para o sul, em frente à baía do Rio da Prata, ocorre uma forte interação entre águas costeiras e águas transportadas pelo ramo costeiro da Corrente das Malvinas. Esta frente termal, com temperaturas que variam entre 8,0°C e 19,0°C, recebe também contribuição de Água Subtropical, que devido aos movimentos ascendentes atinge as camadas superiores. Em 36°sul e

050°30' oeste, pode-se observar a intrusão de um núcleo desta massa de água com temperatura entre 14,0°C e 17,0°C.

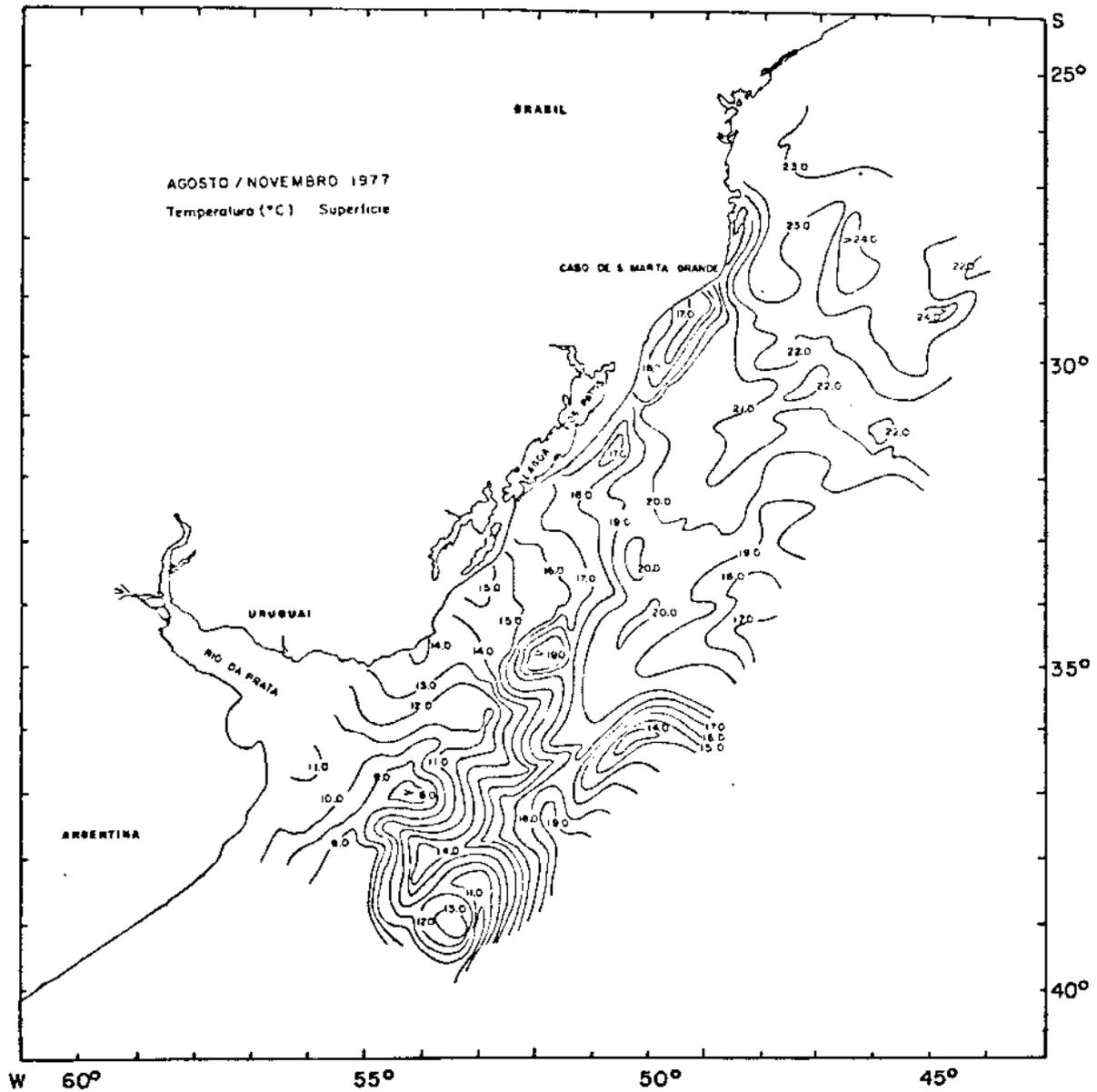


Fig. 3.4 - Distribuição horizontal de temperatura na superfície - Primavera/1977.

Salinidade: O núcleo mais salino desta distribuição ($S \geq 37,0^0/00$) é observado com centro em 28^0 sul e 046^0 oeste. A Água Subtropical ($35,0^0/00 < S < 36,0^0/00$) delimita-se com a Água Tropical próximo a 35^0 sul, acompanhando o meridiano de 050^0 oeste (Figura 3.5).

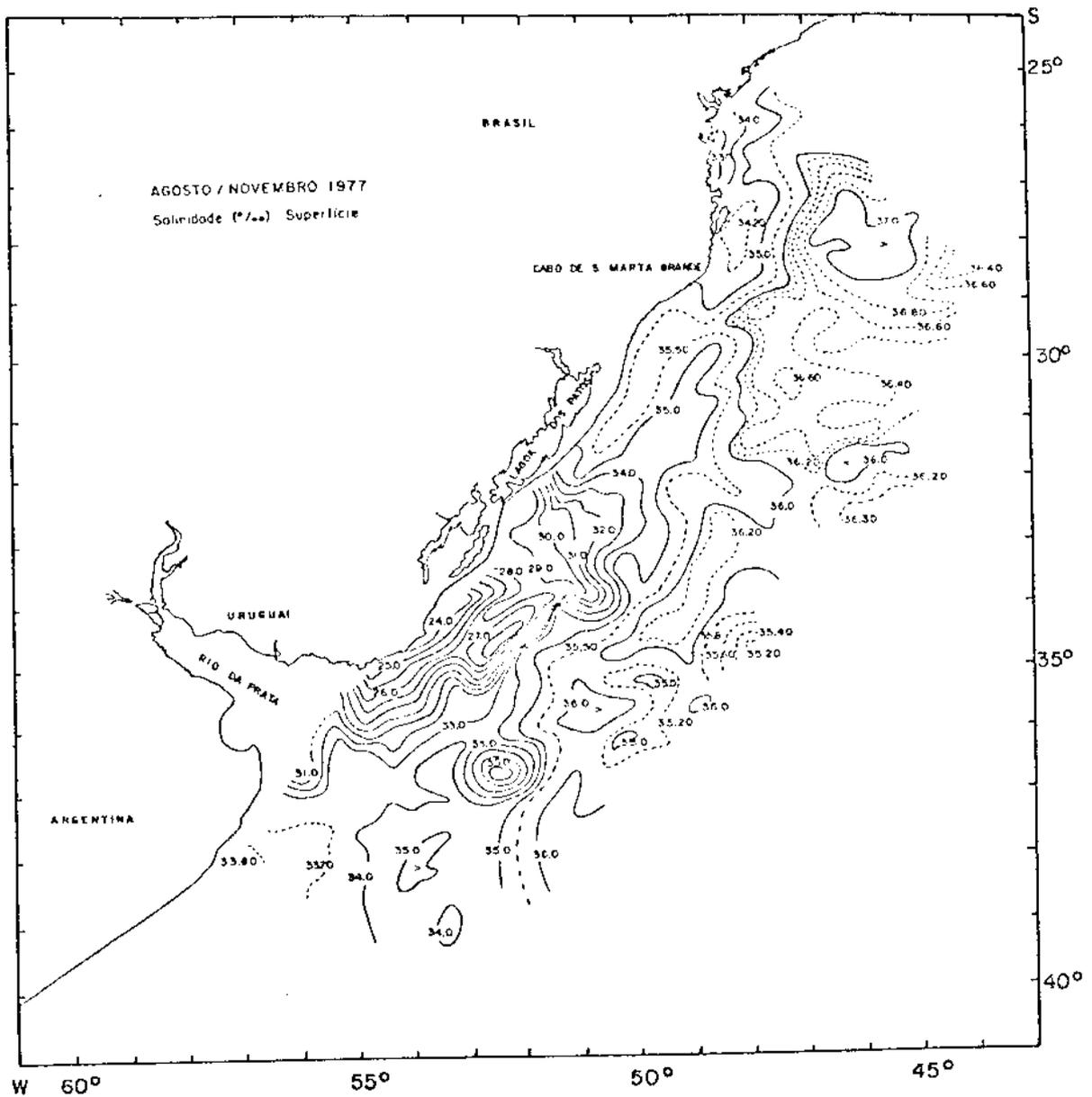


Fig. 3.5 - Distribuição horizontal de salinidade na superfície - Primavera/1977.

Na região costeira, aproximadamente em $34^{\circ}30'$ sul e 052° oeste, encontra-se uma frente de salinidade que varia entre $26,0^{\circ}/\text{oo}$ e $34,0^{\circ}/\text{oo}$, decorrente da afluência de águas de origem continental provenientes do Rio da Prata, da pequena contribuição de águas provenientes da Lagoa dos Patos e da Água Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas. Aproximadamente em $36^{\circ}30'$ sul e $052^{\circ}30'$ oeste, observa-se uma configuração semelhante à de um vórtice, que possivelmente deve ter sido formado pela influência de águas costeiras, vindas da região do Rio da Prata, na região oceânica, com valores de salinidade que variam entre $30,0^{\circ}/\text{oo}$ e $33,0^{\circ}/\text{oo}$.

Sigma-t: Pela observação da distribuição horizontal do campo de sigma-t na superfície (Figura 3.6), verifica-se que as isopcinais acompanham, de forma relativamente idêntica, a configuração das isohalinas, principalmente ao largo do estuário do Rio da Prata, o que indica que o parâmetro salinidade é o fator principal na estratificação da densidade da água do mar em superfície nesta região, devido à influência de águas costeiras. Nesta região, a frente de densidade envolve valores entre 18,0 e 25,0 unidades de sigma-t. No caso da Corrente do Brasil, os valores situam-se em torno de 25,0 e 26,0 unidades de sigma-t; no caso da Corrente das Malvinas, os valores são maiores que 26,0 unidades de sigma-t.

Outra configuração observada é que a pluma de água fria próxima ao Cabo de Santa Marta Grande está presente nesta mesma região com altas densidades. Pode-se supor a ocorrência de uma possível ressurgência nesta região, ou a presença de uma fina lâmina de massa de água, transportada pela Corrente das Malvinas, que algumas vezes atinge regiões mais ao norte.

Pela análise conjunta das distribuições horizontais, verifica-se que intensificações de temperatura, salinidade e sigma-t ocorrem entre 33° sul e 38° sul, o que sugere uma localização aproximada da Frente Oceânica Subtropical entre a Corrente do Brasil e a das Malvinas. Em 36° sul esta frente aproxima-se de 052° oeste e em 38° sul está centrada em $053^{\circ}30'$ oeste.

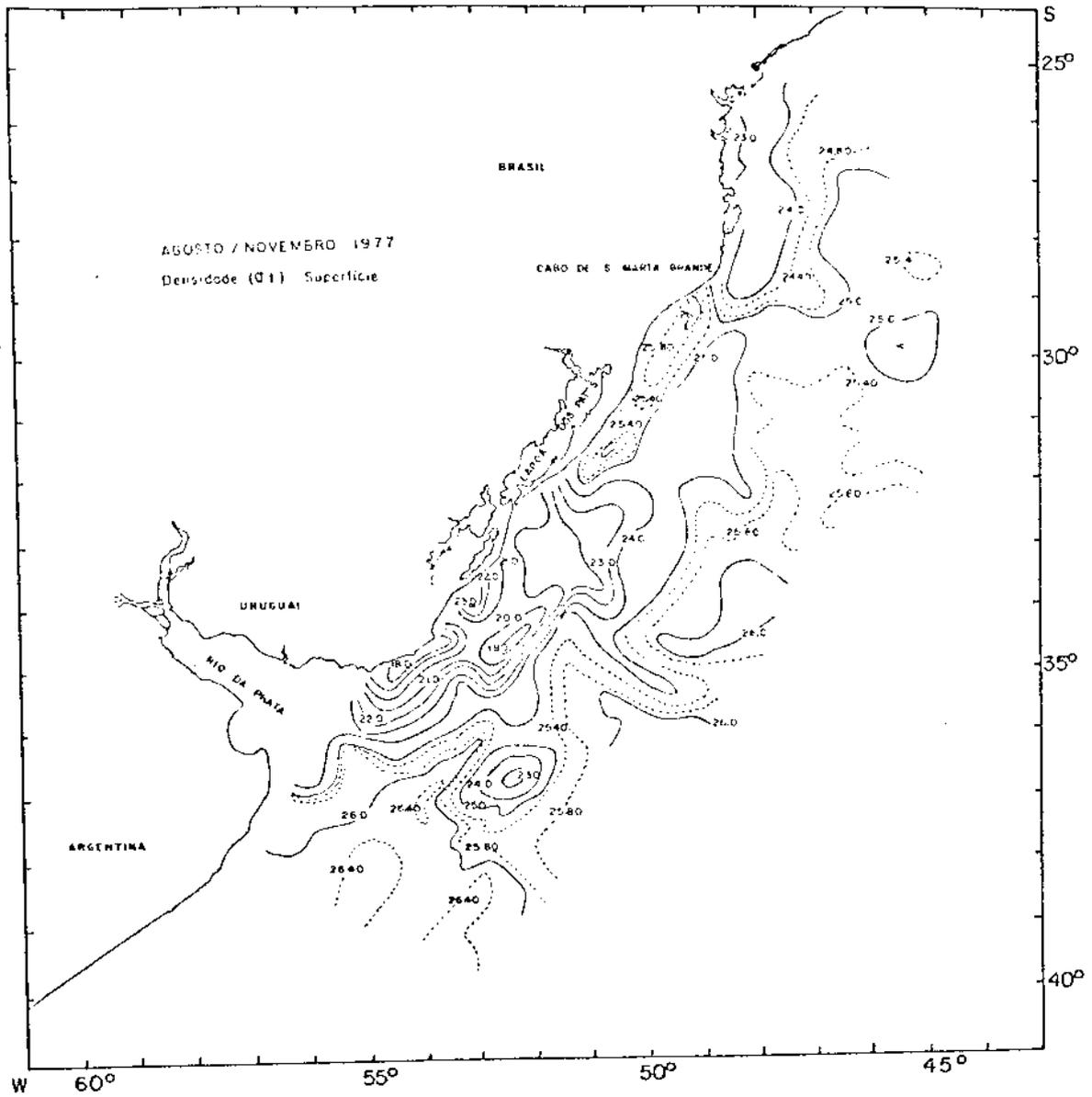


Fig. 3.6 - Distribuição horizontal de sigma-t na superfície - Primavera/1977.

3) Distribuição horizontal da topografia dinâmica da superfície relativa a 1000 dbar - Primavera/1977

A circulação horizontal na superfície relativa ao nível de referência de 1000 dbar foi construída utilizando-se 87 estações oceanográficas. Pelo uso conjunto desta distribuição com a distribuição horizontal de temperatura e salinidade na superfície, pode-se observar (Figura 3.7), neste nível de referência, a presença de três configurações com características de vórtices ciclônicos e um anticiclônico. No primeiro caso, dois vórtices estão situados na região norte, com o centro aproximadamente em $29^{\circ}40'$ sul e $046^{\circ}10'$ oeste e 32° sul e $045^{\circ}50'$ oeste; o outro na região sul, com o centro aproximadamente em 36° sul e 050° oeste, apresenta valores de temperatura relativamente menores e alta salinidade, quando comparados com seus valores vizinhos. O primeiro vórtice na região norte, possui um diâmetro médio de 185 km e o segundo possui 160 km, com velocidade média de 58 km/dia (67 cm/s). No segundo caso, o vórtice anticiclônico, com o centro aproximadamente em $30^{\circ}50'$ sul e $046^{\circ}30'$ oeste, encontra-se aprisionado pelos dois vórtices ciclônicos, ao norte da região.

A fronteira oeste da Corrente do Brasil, fluindo em direção aos pólos, inverte parte de seu fluxo no limite sul, dirigindo-se para o mar aberto, ou seja, para leste. A Corrente das Malvinas, que flui de sudoeste, encontra-se com a Corrente do Brasil, sendo esta última desviada para sudeste, originando um tipo de circulação semelhante a uma cunha. Entre 35° sul e 40° sul a velocidade média relativa do sistema de correntes é de aproximadamente 50 km/dia (58 cm/s), sendo que próximo de 38° sul a velocidade relativa deste sistema é da ordem de 47 km/dia (55 cm/s).

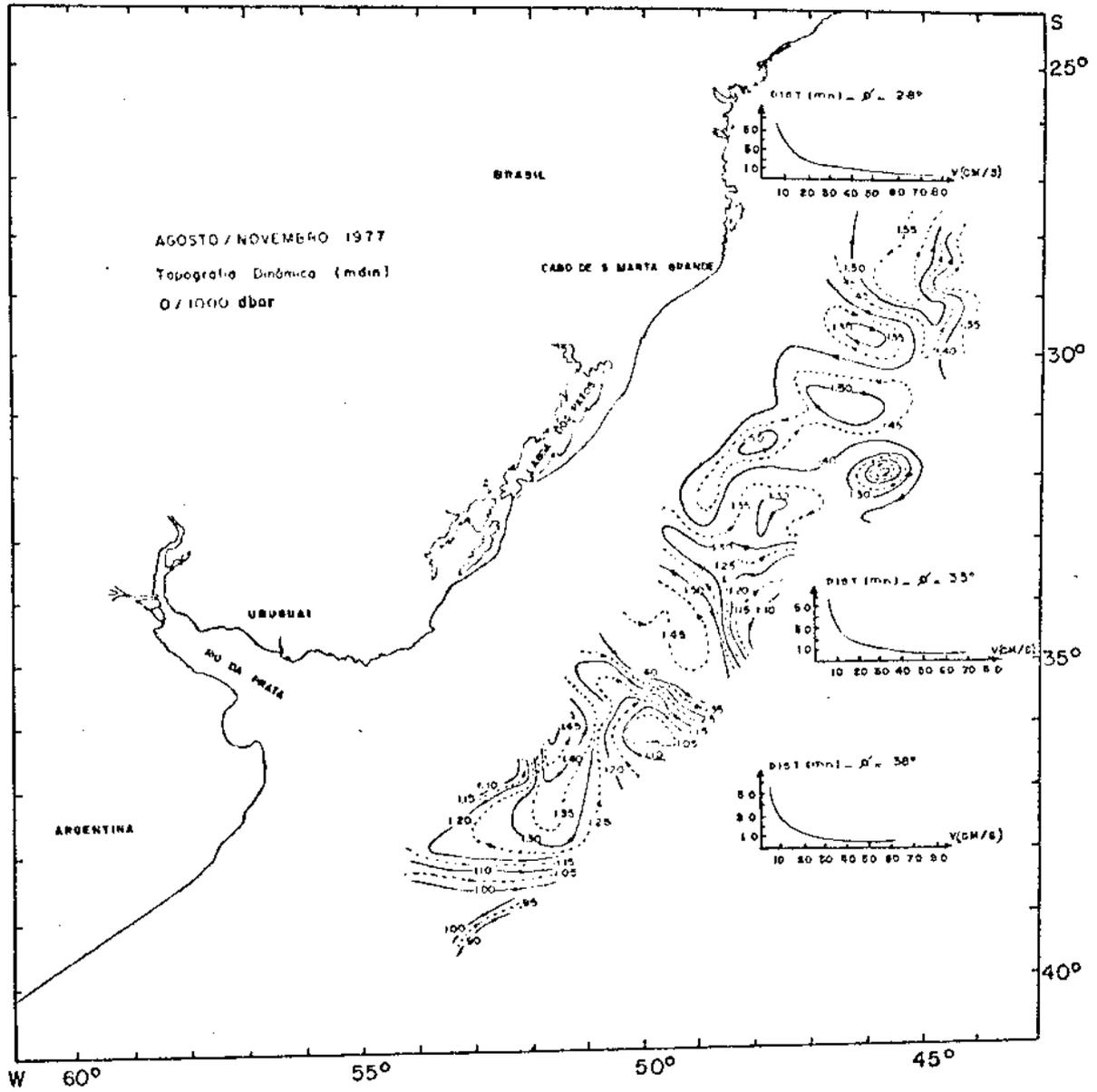


Fig. 3.7 - Topografia dinâmica da superfície relativa a 1000 dbar - Primavera/1977.

4) Secções verticais de temperatura, salinidade e sigma-t - Primavera/1977

Na estação da primavera foram consideradas as seguintes secções verticais perpendiculares à costa: na região sul (35° sul- 40° sul), secção SP (Sul/Primavera) com 6 estações oceanográficas distribuídas em 430 km; na região central (30° sul- 35° sul), secção CP (Central/Primavera), com 9 estações oceanográficas distribuídas em 435 km; na região norte (25° sul- 30° sul), secção NP (Norte/Primavera) com 7 estações oceanográficas distribuídas em 470 km. A secção ao longo da costa (30° nordeste) contém 21 estações oceanográficas distribuídas em 1600 km (Figura 3.1).

a) Secção vertical perpendicular à costa SP (Sul/Primavera)

Temperatura: A estrutura vertical de temperatura na secção SP (Figura 3.8) mostra que na camada de mistura, aproximadamente nos primeiros 100 metros de profundidade, a temperatura varia entre $5,0^{\circ}\text{C}$ e $10,0^{\circ}\text{C}$, com um máximo valor em aproximadamente 260 km da costa. Uma frente de temperatura, com valores entre $6,0^{\circ}\text{C}$ e $10,0^{\circ}\text{C}$, é observada no prolongamento da curva da termoclina, atingindo a superfície e dissipando-se ao longo desta. Nas regiões do talude e oceânica, entre as estações 4514 e 4517, supõe-se que a corrente desta frente flui acima da plataforma, e devido ao afastamento das isotermas, ao longo da plataforma, pode-se sugerir a influência de águas costeiras, provenientes do Rio da Prata, no fluxo desta corrente. Abaixo de 100 metros a variabilidade de não é tão notada, com um mínimo de temperatura em torno de $3,5^{\circ}\text{C}$.

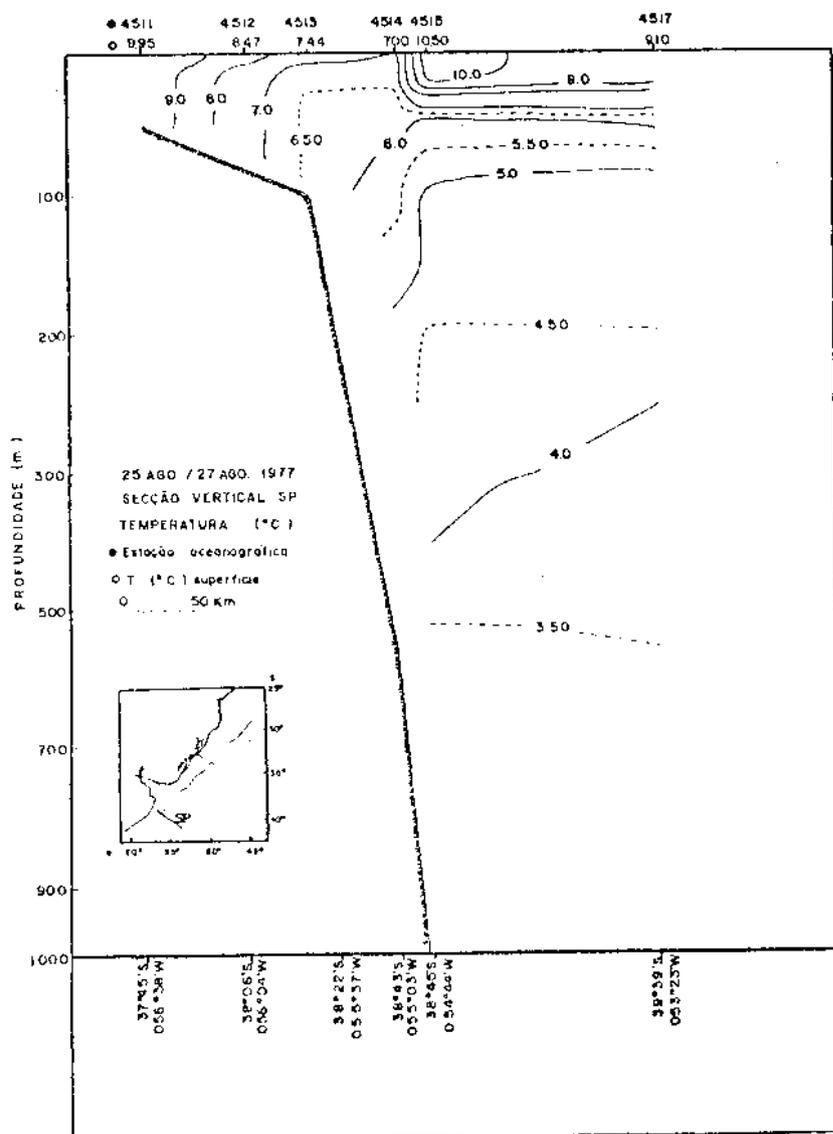


Fig. 3.8 - Estrutura vertical de temperatura na secção SP - Primavera/1977.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

Salinidade: Nesta secção (Figura 3.9) pode-se observar uma frente de salinidade na mesma localização em que se encontra a frente termal, ou seja, entre a superfície e 75 metros de profundidade. Uma célula com máximo de salinidade maior que 34,80‰ é encontrada na subsuperfície, aproximadamente a 260 km da costa, mas esta é composta de um pequeno

número de observações e, conseqüentemente, torna-se difícil, no momento, adicionar outros comentários sobre esta configuração. Nos primeiros 100 metros a salinidade varia entre $33,60^{\circ}/\text{oo}$ e $35,0^{\circ}/\text{oo}$, sendo que entre 100 e 700 metros encontram-se valores entre $34,0^{\circ}/\text{oo}$ e $34,30^{\circ}/\text{oo}$.

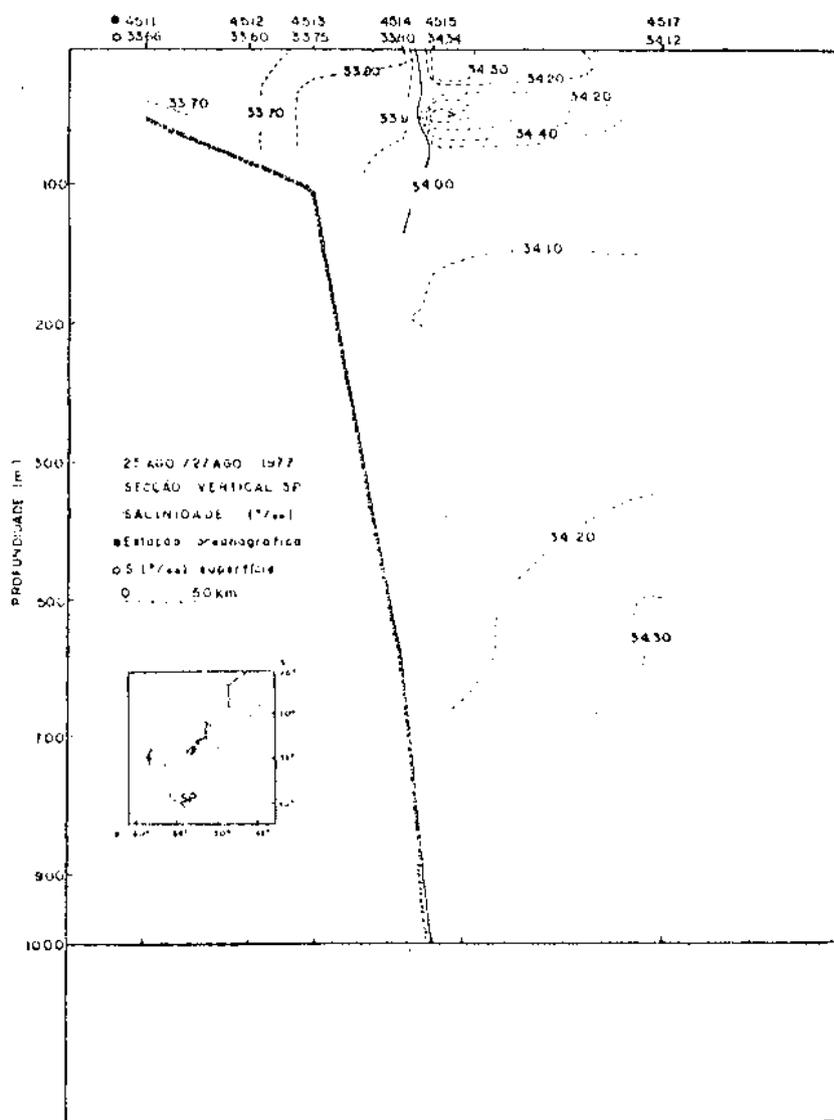


Fig. 3.9 - Estrutura vertical de salinidade na secção SP - Primavera/1977.

Sigma-t: O campo de *sigma-t* (Figura 3.10) também sugere a presença da corrente de subsuperfície na borda da plataforma continental, em direção à região oceânica. Verifica-se uma pequena influência das águas costeiras, ao longo da plataforma continental, evidente através do alinhamento relativamente vertical das isopciniais. O parâmetro temperatura é o principal fator na estrutura vertical de *sigma-t*, assim que a água costeira torna-se oceânica.

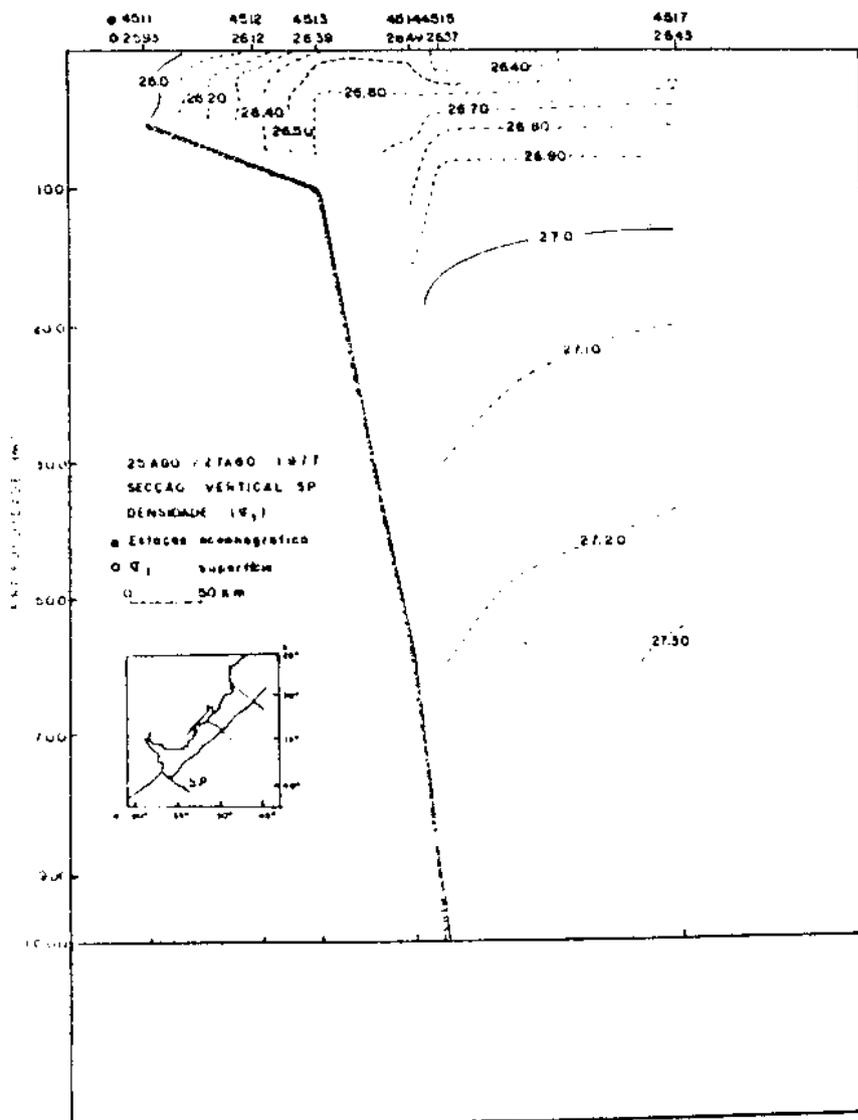


Fig. 3.10 - Estrutura vertical de *sigma-t* na seção SP - Primavera/1977.

Devido às características termohalinas da secção SP, observa-se a presença de Água Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas nas regiões da plataforma continental e da oceânica, entre as estações 4512 e 4517, com espessura de aproximadamente 300 metros na região oceânica. A Água Intermediária Antártica é observada nesta secção, logo abaixo da Água Subantártica.

b) Secção vertical perpendicular à costa CP (Central/Primavera)

Temperatura: Devido à sua localização, esta secção (Figura 3.11) apresenta uma configuração mais complexa que a anterior, envolvendo valores de temperatura entre $15,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$, nos primeiros 100 metros, chegando até $4,0^{\circ}\text{C}$ em maiores profundidades. Nota-se considerável inversão de temperatura próximo ao talude, entre a profundidade de 50 e 75 metros, a qual ocorre no centro da célula delimitada pela isoterma de $19,0^{\circ}\text{C}$. Em direção à região oceânica, observa-se uma compressão das isothermas e verifica-se a presença de uma frente termal de subsuperfície, entre as estações 4601 e 4600.

Salinidade: Observa-se uma similaridade entre as células de alta temperatura e alta salinidade (Figura 3.12) no limite entre a plataforma e o talude, o que indica a presença de Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil. Entre as estações 4604 e 4606 (0-20 metros), encontra-se a água costeira, possivelmente proveniente da região da Lagoa dos Patos. Os valores de salinidade encontrados na camada de mistura variam entre $32,45^{\circ}/\text{oo}$ e $36,50^{\circ}/\text{oo}$.

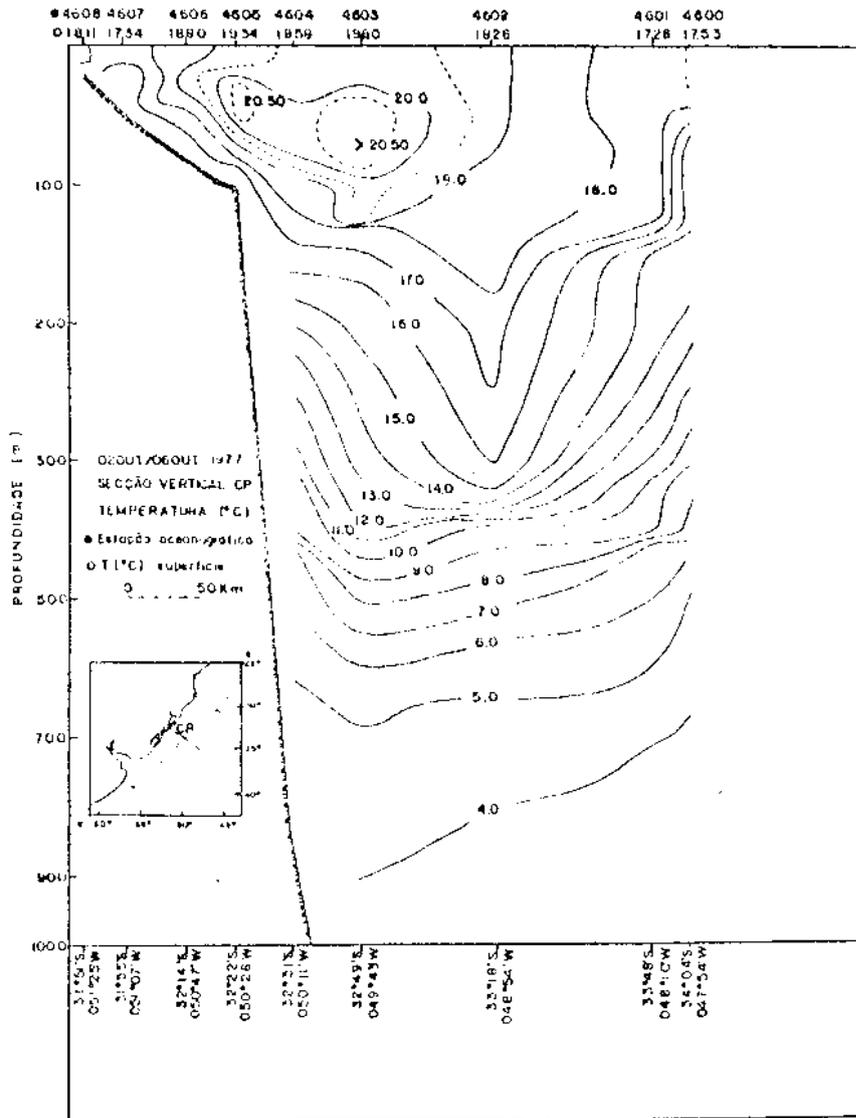


Fig. 3.11 - Estrutura vertical de temperatura na secção CP - Primavera/1977.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

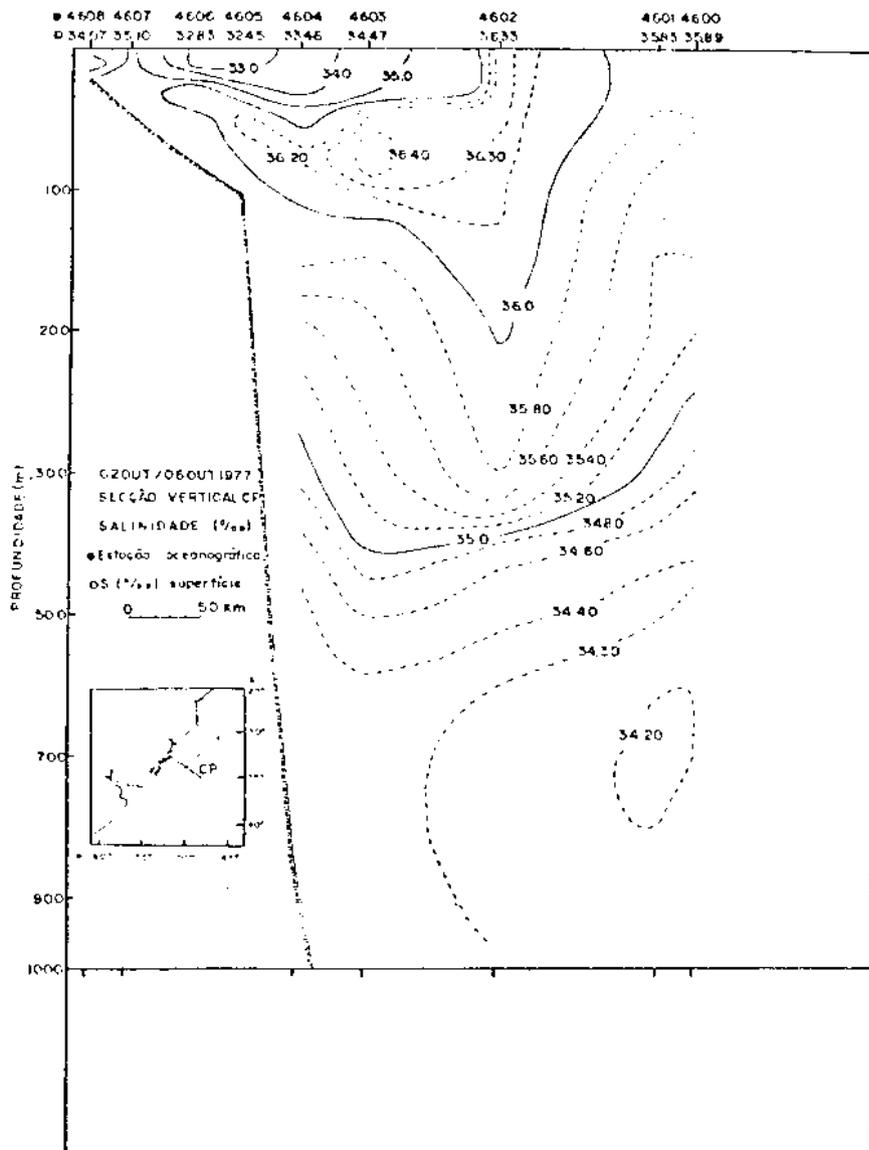


Fig. 3.12 - Estrutura vertical de salinidade na secção CP - Primavera/1977.

Sigma-t: Na estrutura vertical de sigma-t na secção CP (Figura 3.13), observa-se uma célula entre as estações 4607 e 4602, onde as isopci nais apresentam maior intensificação, principalmente sobre a platafor ma continental. Esta célula, localizada na camada de mistura, é forma da particularmente por Água Subtropical com centro de Água Tropical.

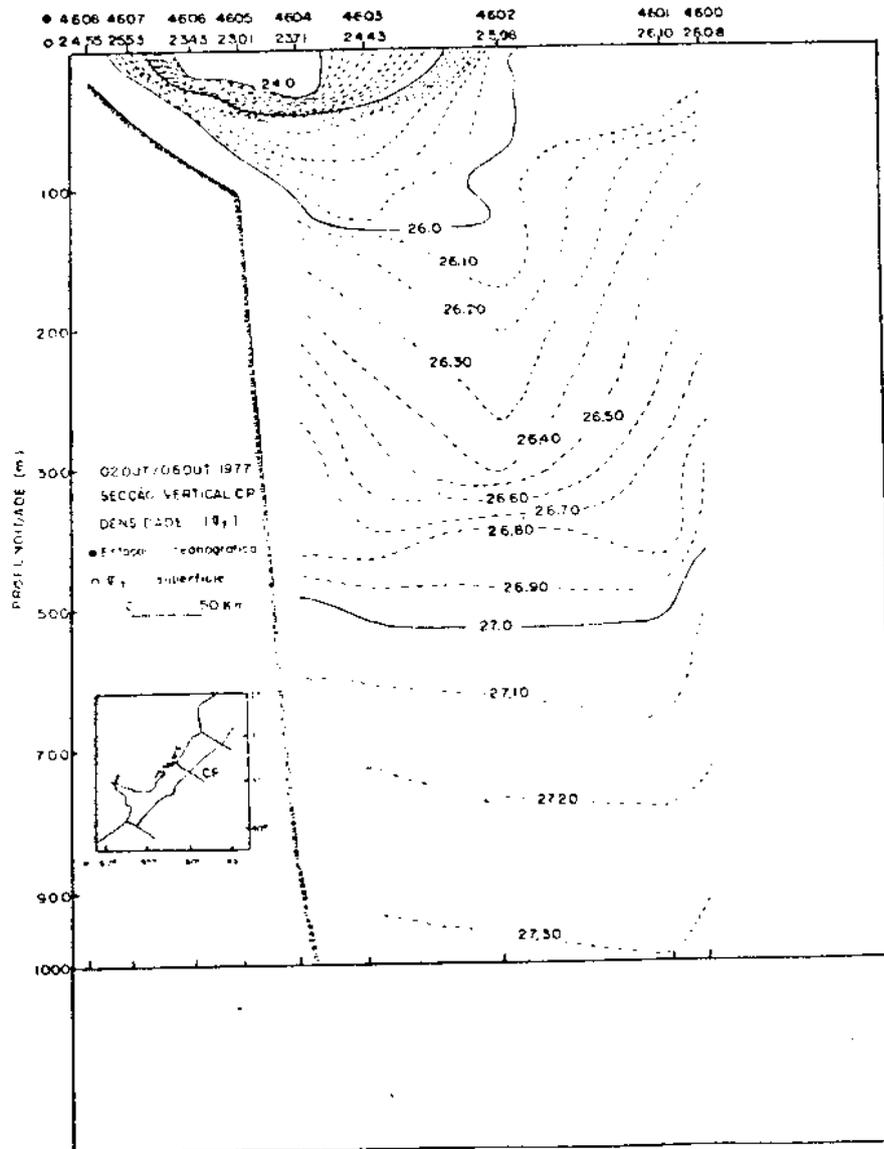


Fig. 3.13 - Estrutura vertical de sigma-t na secção CP - Primavera/1977.

Sobre a plataforma continental a água de origem Tropical encontra-se entre 20 e 100 metros e na região oceânica, nos primeiros 200 metros. Esta secção é um exemplo da extensão do núcleo da Corrente do Brasil, que algumas vezes avança próximo à costa, sobre a plataforma continental. Nesta região as águas costeiras recebem a influência de Água Subtropical. Próximo à estação 4601, região oceânica, a água de origem Subtropical é observada até a profundidade de 400 metros.

c) Secção vertical perpendicular à costa NP (Norte/Primavera)

Temperatura: Próximo à estação 4668 (Figura 3.14), a 60 km da costa, entre a superfície e 80 metros de profundidade, os valores de temperatura variam entre $14,0^{\circ}\text{C}$ e $23,0^{\circ}\text{C}$, observando-se uma frente de temperatura que se estende do talude à plataforma continental. Em direção a região oceânica, a 200 km da costa, o campo de temperatura não apresenta grandes intensificações e varia entre $20,0^{\circ}\text{C}$ e $25,0^{\circ}\text{C}$, nos primeiros 100 metros de profundidade.

Salinidade: As intensificações na estrutura vertical de salinidade (Figura 3.15) situam-se também, desde a região do talude, a 200 km da costa (estação 4670), estendendo-se em direção à plataforma continental, com valores que variam entre $34,17^{\circ}/\text{oo}$ e $37,20^{\circ}/\text{oo}$. Esta frente de salinidade torna-se mais vertical à medida que se dirige para a superfície e dissipa-se ao longo dela. Os valores de salinidade característicos de Água Tropical, maiores que $36,0^{\circ}/\text{oo}$, podem ser observados numa extensão de 270 km, entre a superfície e 100 metros de profundidade.

Sigma-t: A frente de sigma-t nesta secção (Figura 3.16) é controlada pela frente de temperatura, situando-se praticamente na subsuperfície, abaixo de 10 metros de profundidade.

A massa de água Tropical transportada pela Corrente do Brasil é a principal massa de água encontrada nesta secção, estando 210 km distante da costa, entre a superfície e 170 metros de profundidade. A massa de água Subtropical encontra-se entre 100 e 400 metros, e devido aos movimentos ascendentes alcança 30 metros de profundidade, na região do talude e ao longo da estação 4669. Da mesma forma que nas outras secções, a massa de água Intermediária Antártica está presente em maiores profundidades.

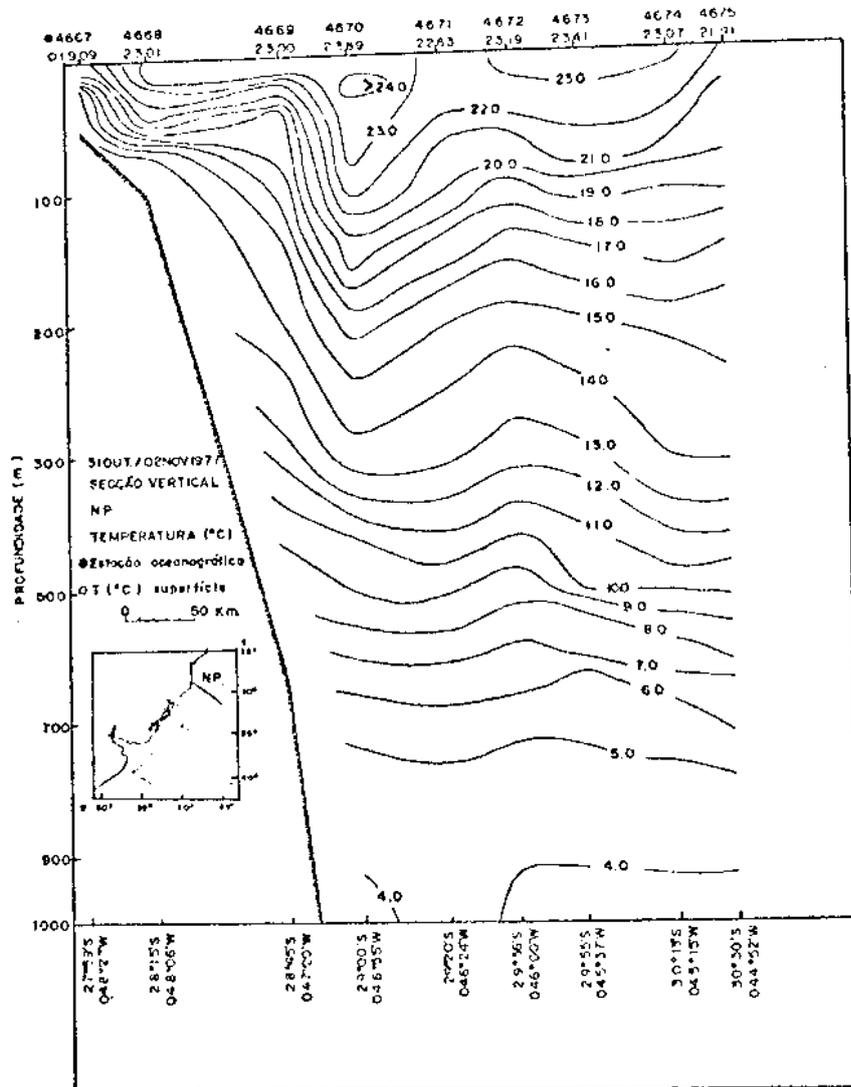


Fig. 3.14 - Estrutura vertical de temperatura na secção NP - Primavera/1977.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

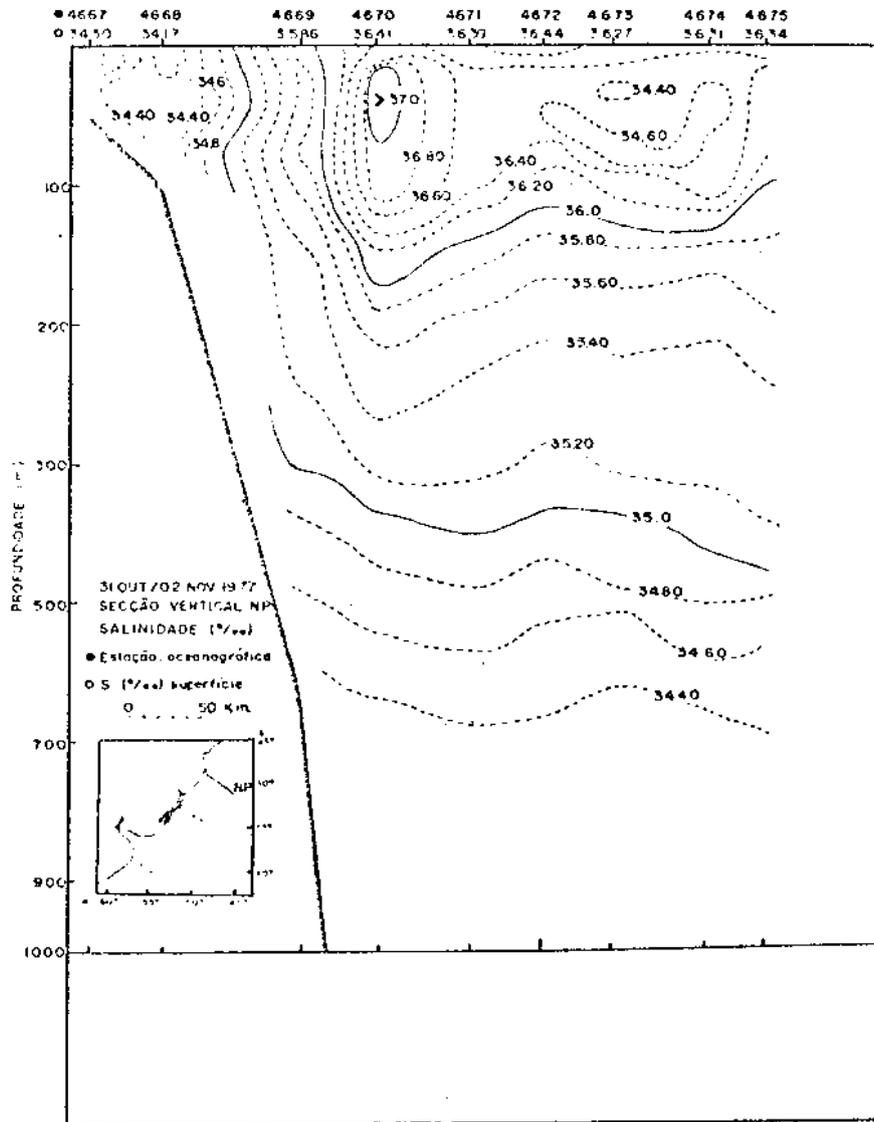


Fig. 3.15 - Estrutura vertical de salinidade na secção NP - Primavera/1977.

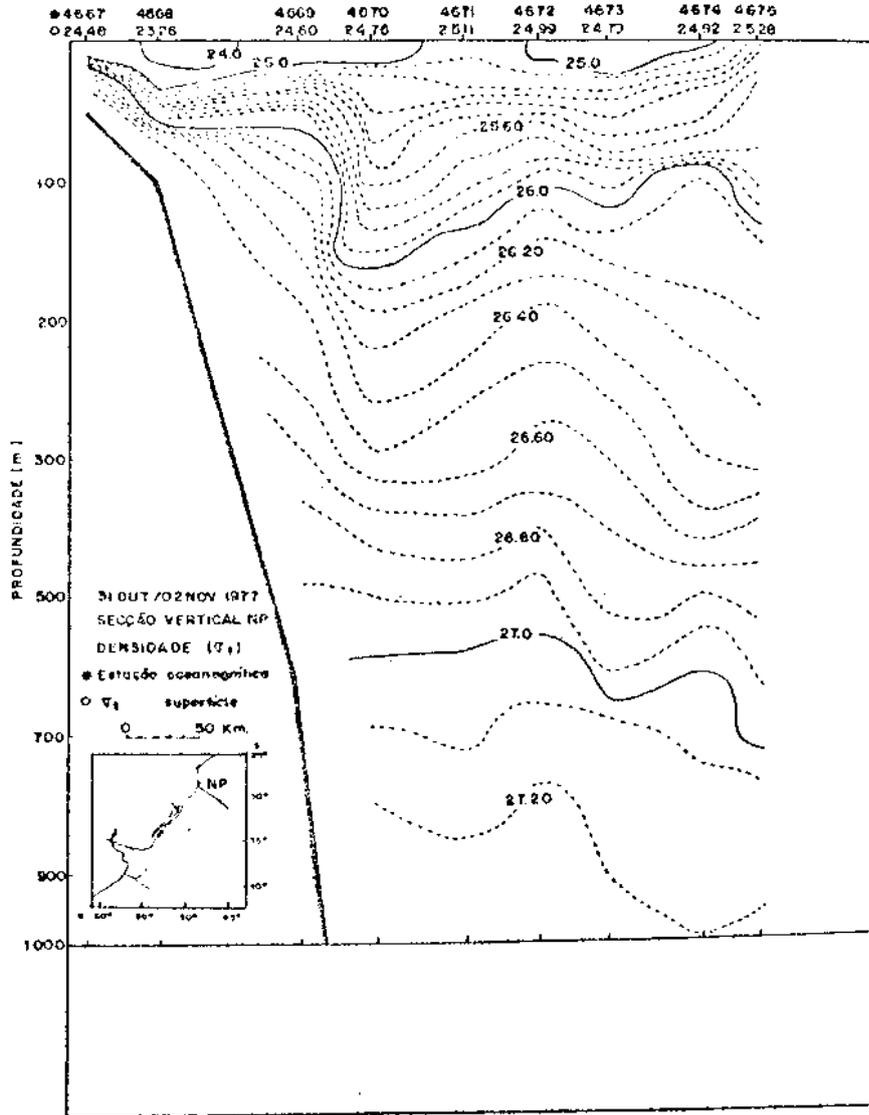


Fig. 3.16 - Estrutura vertical de sigma-t na secção NP - Primavera/1977.

d) Secção vertical ao longo da costa - Primavera/1977

O extremo sul desta secção está localizado em $38^{\circ}05'$ sul- $056^{\circ}00'$ oeste e o extremo norte em $28^{\circ}05'$ sul- $044^{\circ}00'$ oeste.

Temperatura: Observa-se através da estrutura vertical de temperatura na secção ao longo da costa (Figura 3.17) que entre as estações 4554 ($35^{\circ}25'$ sul) e 4568 ($34^{\circ}45'$ sul), próximo ao talude continental, ocorre uma forte compressão das isotermas, com temperaturas que variam entre $12,0^{\circ}\text{C}$ e $19,0^{\circ}\text{C}$, resultando numa variação de $6,0^{\circ}\text{C}$ na superfície. A interface desta frente de temperatura que forma uma "parede" é separada por águas de origens contrastantes, possivelmente Água Subantártica com influência de águas costeiras provenientes da região do Rio da Prata e Água Subtropical. Na região central, próximo a estação 4594 ($33^{\circ}25'$ sul), a Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil ocupa aproximadamente os primeiros 150 metros de profundidade. O empilhamento ascendente das isotermas, ao longo da estação 4585, pode ser devido à influência da topografia do fundo. Na região ao norte, entre as estações 4672 ($29^{\circ}35'$ sul) e 4698 ($28^{\circ}05'$ sul), ocorre uma compressão das isotermas, sendo que nos primeiros 100 metros de profundidade a intensificação termal é da ordem de $3,0^{\circ}\text{C}$, envolvendo temperaturas entre $20,0^{\circ}\text{C}$ e $23,0^{\circ}\text{C}$.

Salinidade: Da mesma forma que na secção de temperatura, observa-se nesta secção (Figura 3.18) frentes de salinidade similares a frentes de temperatura. Na região sul, entre as estações 4561 ($35^{\circ}15'$ sul) e 4568 ($34^{\circ}45'$ sul), a configuração da frente de salinidade é relativamente similar à frente termal. Nos primeiros 100 metros, esta frente apresenta valores de salinidade entre $34,0^{\circ}/\text{oo}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$, indicando a presença de Água Subantártica e Água Subtropical. Entre a superfície e 50 metros de profundidade, observa-se que esta frente estende-se horizontalmente até a estação 4634 ($31^{\circ}25'$ sul). Neste trecho ela é composta principalmente por Água Subtropical com pequenos núcleos de águas costeiras, entre 0 e 20 metros de profundidade. Estes núcleos com centro de mínima salinidade de $31,0^{\circ}/\text{oo}$, formados possivelmente por águas costeiras provenientes da região em frente à Lagoa dos Patos, são encontrados próximo

mos a estação 4585 (33°45'sul). A ocorrência de água de origem Subtropical, na região central, é observada entre 200 e 500 metros de profundidade. Na região norte a frente de salinidade apresenta valores entre 36,0‰ e 37,0‰, localizada entre a superfície e 220 metros, indicando a presença de Água Tropical. Esta frente apresenta configuração e localização similar à da frente de temperatura.

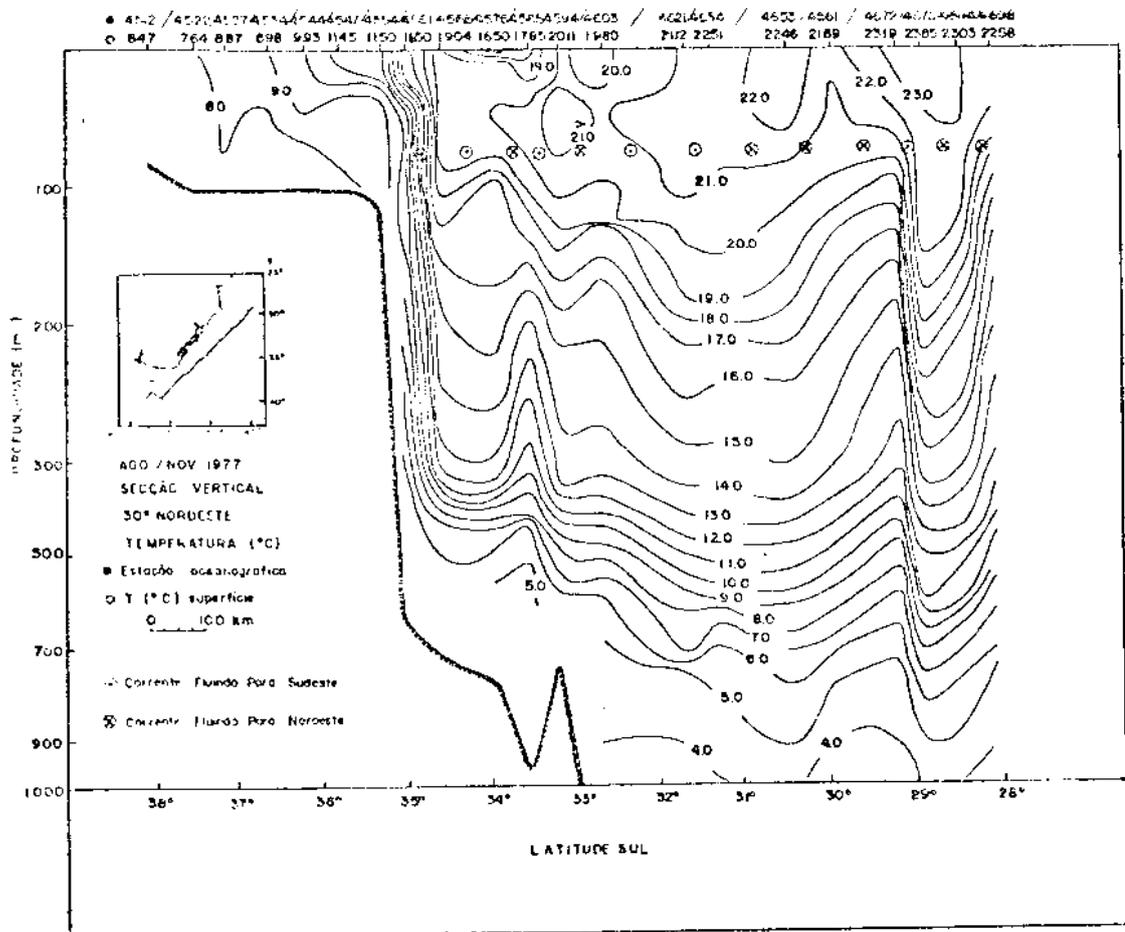


Fig. 3.17 - Estrutura vertical de temperatura na secção ao longo da costa - Primavera/1977).

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

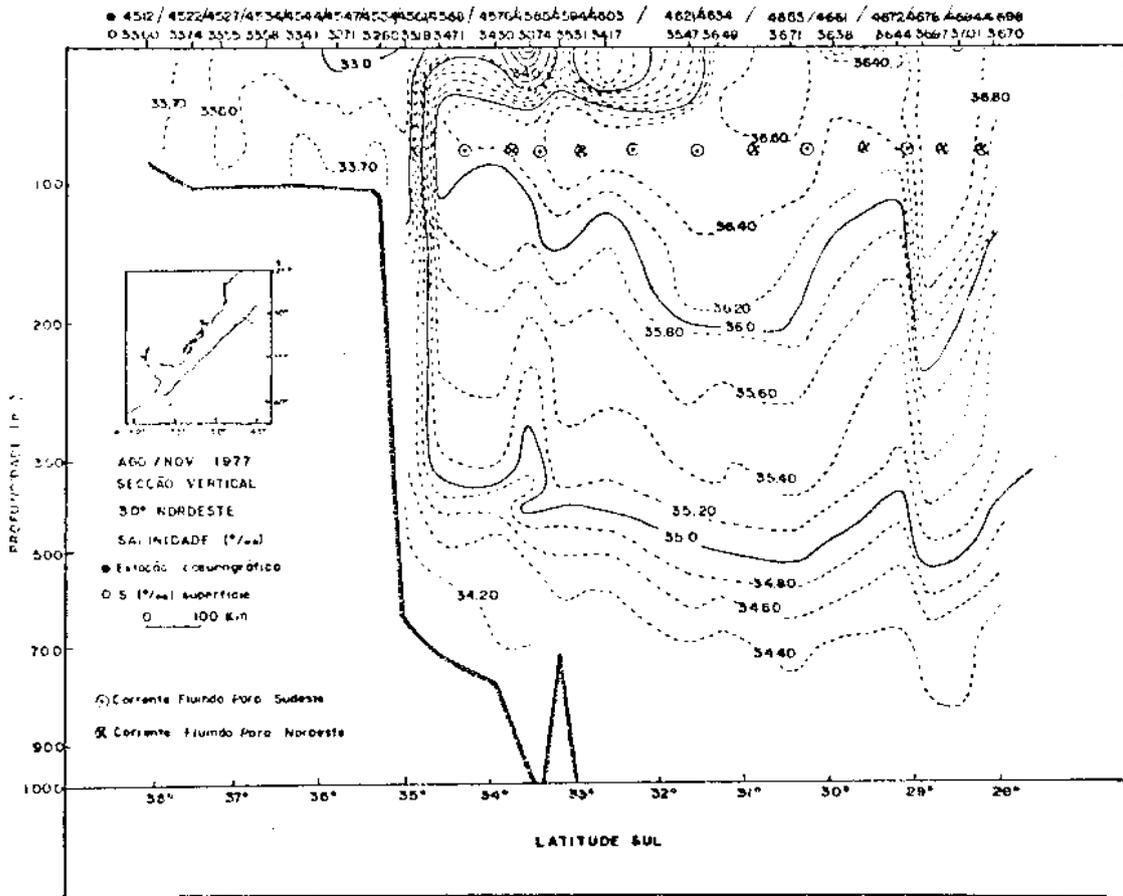


Fig. 3.18 - Estrutura vertical de salinidade na secção ao longo da costa - Primavera/1977.

Sigma-t: Nesta secção (Figura 3.19), na região norte, a configuração das isopciniais mantém-se similar em relação às configurações encontradas nas secções de temperatura e salinidade. A frente de densidade de corre, portanto, da contribuição de ambos os campos. Porém, na região sul, abaixo de 100 metros, não há uma estrutura correspondente àquela encontrada nas duas distribuições, o que significa que as intensificações de temperatura e salinidade se compensam; conseqüentemente, tem-se uma maior estabilidade no sistema de correntes. Neste mesma região, acima de 100 metros, observa-se uma forte compressão das isopciniais, que acompanha de forma relativamente similar a configuração da secção

de salinidade. Situada entre as estações 4534 ($36^{\circ}47'$ sul) e 4634 ($31^{\circ}25'$ sul), esta frente recebe contribuição de águas costeiras, Subtropical e Tropical.

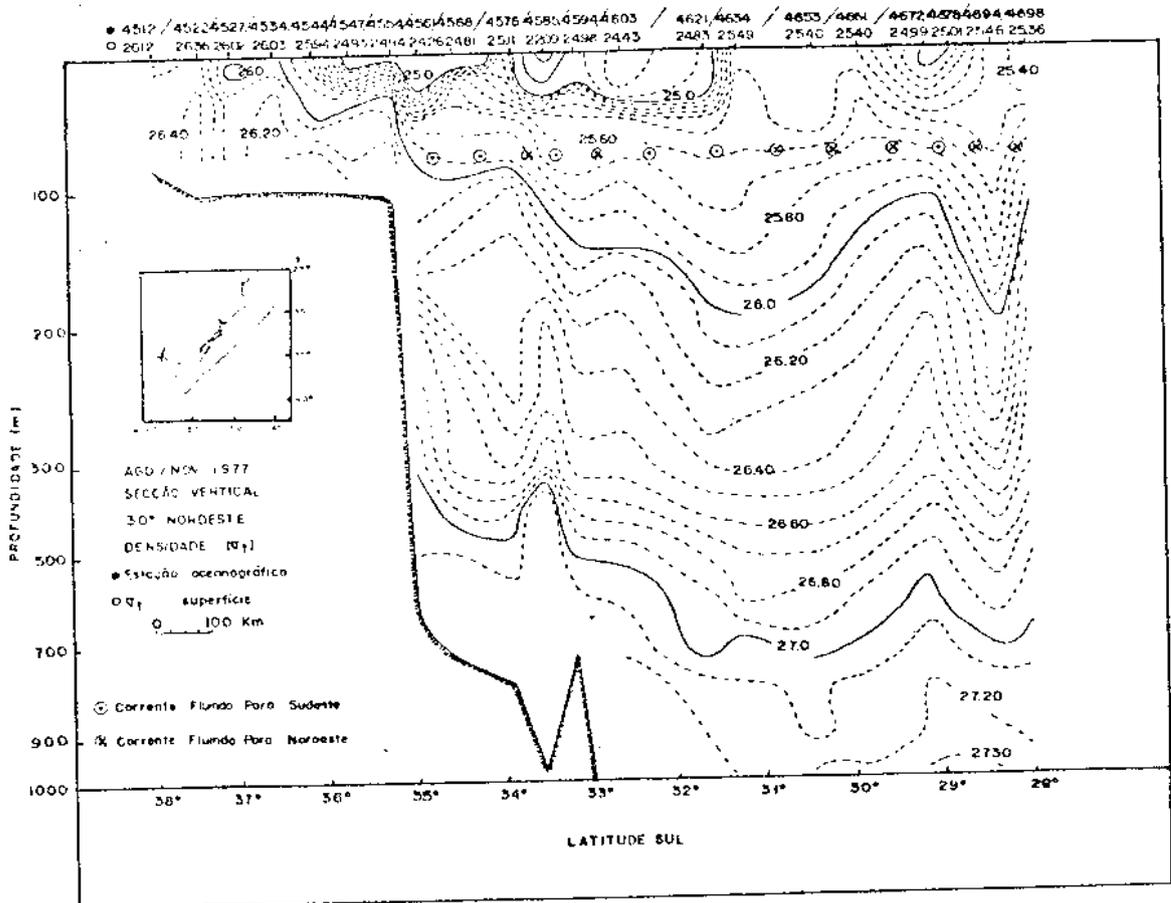


Fig. 3.19 - Estrutura vertical de sigma-t na secção ao longo da costa - Primavera/1977.

Uma avaliação dos dados oceanográficos correspondentes à secção vertical ao longo da costa, na primavera, mostra que a circulação horizontal na profundidade de 75 metros, ao nível de referência de 500 dbar, apresenta flutuações em toda a sua extensão. Observa-se que a velocidade máxima é de 25 km/dia (29 cm/s), entre as estações 4678 e 4672, ao norte da região, em direção ao mar aberto (em direção sudeste). A mínima velocidade é da ordem de 0,9 km/dia (1 cm/s) na região sul, intensificando-se próximo à borda da plataforma continental e apresentando 13,8 km/dia (15,8 cm/s), entre as estações 4568 e 4561, onde se observou a frente devido à salinidade e temperatura.

A Figura 3.20 relaciona a distância (km) com a velocidade relativa (cm/s). Neste diagrama adotou-se positivo o sistema de circulação relativa em direção à costa, ou seja, a corrente fluindo para noroeste, e negativo, o sistema de circulação relativa em direção ao mar aberto, ou seja, a corrente fluindo para sudeste.

Pela própria configuração deste diagrama, observa-se que o sistema de correntes envolve grande complexidade em relação à velocidade. Com a finalidade de verificar a natureza das máximas velocidades geostroficas, calculadas na profundidade de 75 metros ao nível de referência de 500 dbar, para a secção vertical ao longo da costa, foi construída uma distribuição horizontal da topografia dinâmica considerando este nível de referência (Figura 3.21).

Na região norte, entre 28°sul e 30°sul, a velocidade máxima de 25 km/dia (29 cm/s), entre as estações 4678 e 4672, é atribuída a um ramo anticiclônico de um vórtice, caracterizado pelos núcleos mais intensos de temperatura e salinidade da Corrente do Brasil. A configuração desta região é observada também na distribuição horizontal da topografia dinâmica ao nível de 0/1000 dbar (Figura 3.7), indicando uma estrutura profunda e estável.

Entre 30°sul e 35°sul, a fronteira oeste do fluxo de água, delimitada aproximadamente pelo meridiano de 049°oeste e pela região cos

teira, desloca-se de norte/nordeste para sul/sudoeste, ou seja, em direção aos pólos, dirigindo-se para sudeste, correspondendo parcialmente a um meandro da Corrente do Brasil. Nesta mesma região há uma inversão no fluxo desta corrente, apresentando um comportamento similar ao da circulação relativa ao nível de 0/1000 dbar, descrito anteriormente. Entre as estações 4585 e 4594, próximas a 34° sul e 051° oeste, embora a velocidade relativa calculada seja de aproximadamente 21 km/dia (25 cm/s) e o sentido do fluxo de água seja horário, não se tem informações suficientes para observar características de vórtice nesta região, sendo este valor atribuído, no momento, à velocidade do fluxo da corrente.

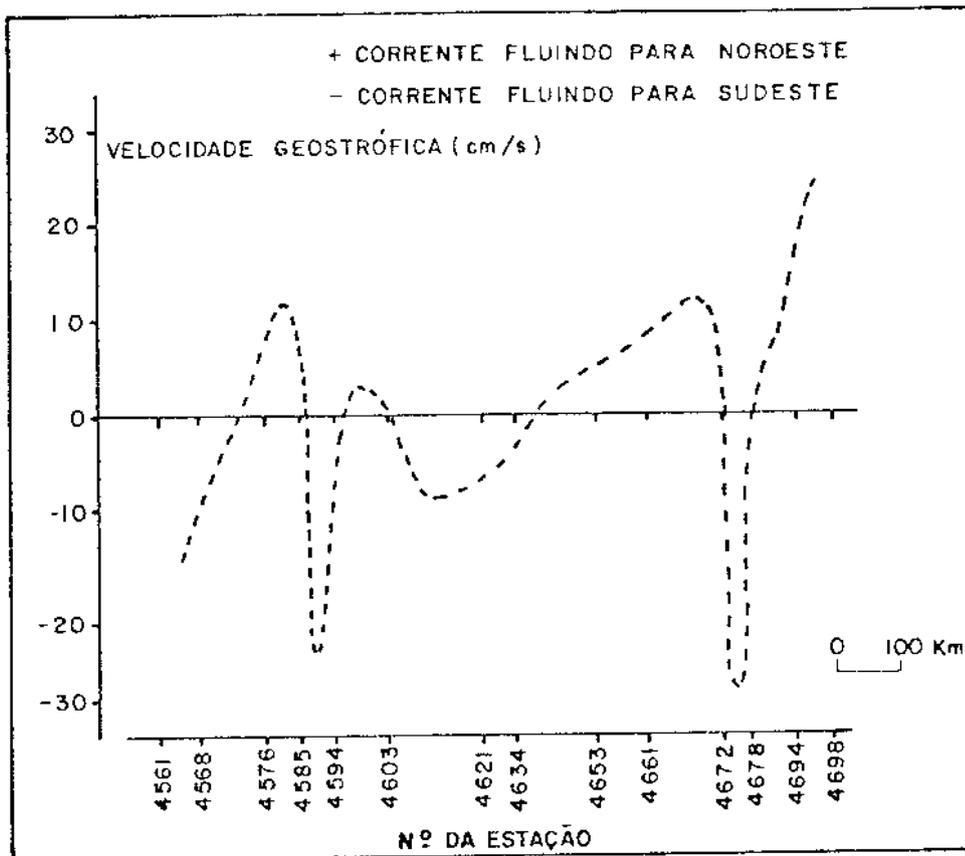


Fig. 3.20 - Relação entre distância (km) x velocidade geostrofica (cm/s) - 75 m/500 dbar.

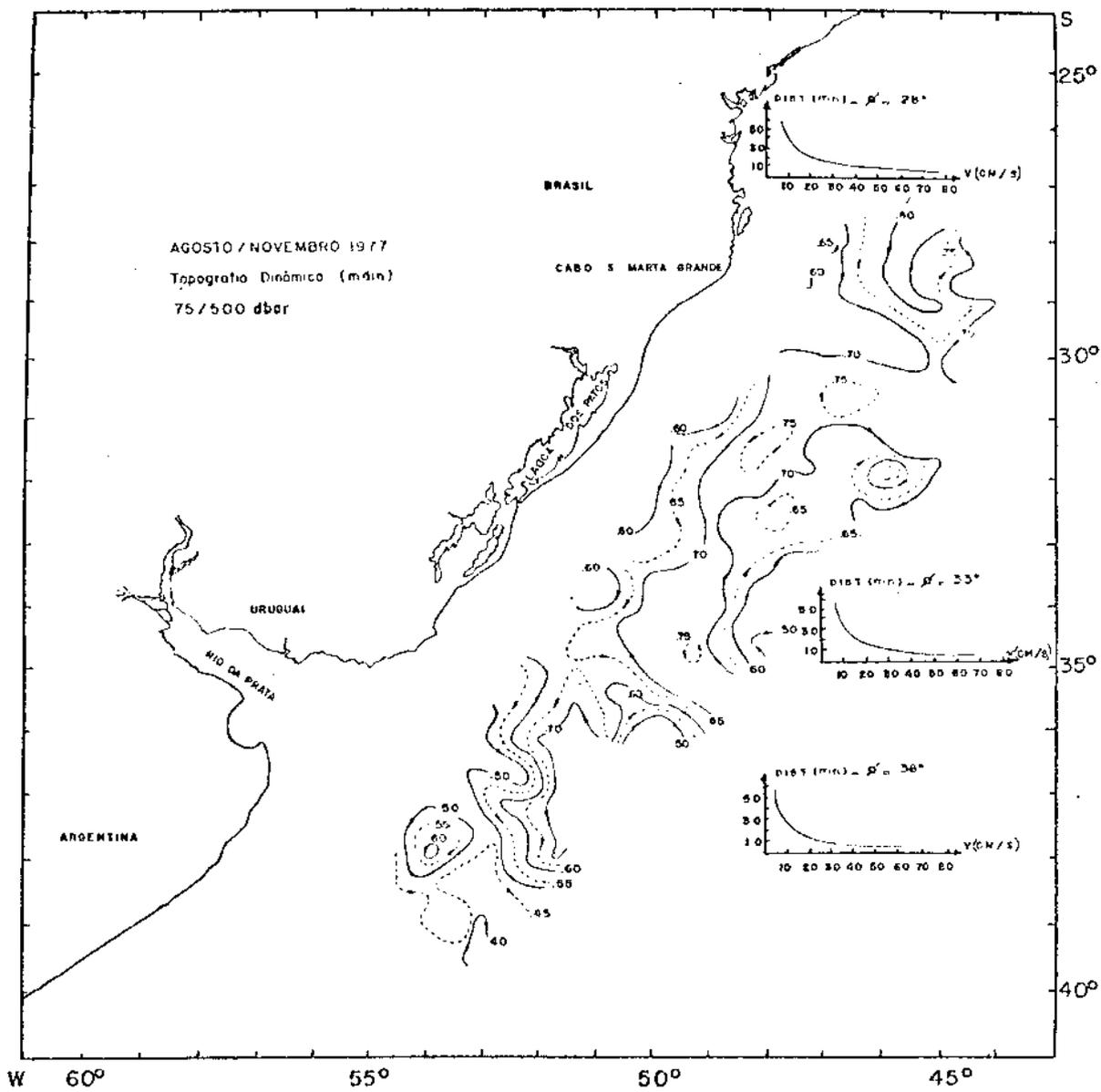


Fig. 3.21 - Topografia dinâmica de 75 metros relativa a 500 dbar - Primavera/1977.

d.1) Localização da Frente Oceânica Subtropical, baseada no comportamento espacial e estatístico da temperatura de superfície da secção vertical ao longo da costa - Primavera/1977

Utilizando dados da temperatura de superfície da secção vertical ao longo da costa, na primavera, pode-se, através da distribuição espacial e estatística dos dados, localizar aproximadamente a posição da frente de temperatura e verificar sua extensão.

A distribuição espacial foi construída relacionando-se a temperatura de superfície ($^{\circ}\text{C}$) à distância (km). Como a curva obtida com dados originais apresentou flutuações de pequena escala, devido a variações no campo de temperatura, foi utilizado um filtro cosseno de cinco pontos. A distribuição resultante, constituída de dados mais estáveis, está representada na Figura 3.22 (linha pontilhada) e apresenta características similares àquela representativa de frente oceânica mostrada na Figura 2.2c (Secção 2.3.3).

O histograma correspondente à distribuição espacial da temperatura foi construído considerando-se valores de temperatura em intervalos de $1,0^{\circ}\text{C}$. Este histograma mostrou que a distribuição estatística foi também relativamente instável. Neste caso, o uso de um filtro cosseno de três pontos foi suficiente para minimizar as flutuações (Figura 3.22 - linha sólida).

Devido ao menor número de observações na zona fria da frente de temperatura, verifica-se que tanto a distribuição espacial como a distribuição estatística são truncadas. Isto não impede de ser sugerido que se esses dados fossem suficientes, provavelmente a configuração da curva representativa da zona fria desta frente seria semelhante à configuração da curva representativa de sua zona quente.

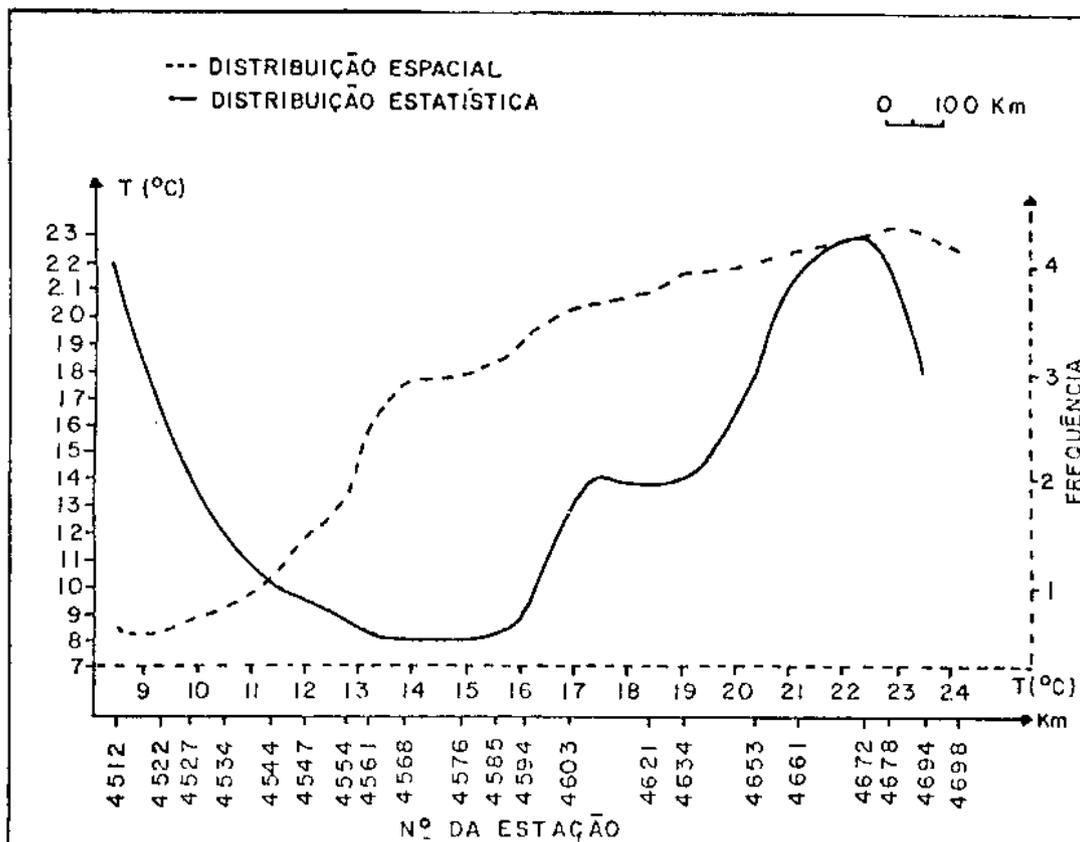


Fig. 3.22 - Distribuição espacial e estatística da temperatura de superfície da secção vertical ao longo da costa - Primavera/1977.

Utilizando a distribuição espacial (Figura 3.22 - linha pontilhada), é possível estimar a localização da frente de temperatura entre as estações 4547 e 4561, com 125 km de extensão. Analisando a distribuição estatística correspondente, verifica-se que esta apresenta um "vale" entre as estações 4561 e 4585, o que indica a localização desta frente neste intervalo, com 230 km de extensão.

O deslocamento espacial entre as duas curvas pode ser atribuído ao pequeno número de amostras envolvidas na distribuição estatística e, conseqüentemente, à menor exatidão em relação à distribuição espacial.

3.1.2 - ANÁLISE DE DADOS OCEANOGRÁFICOS - VERÃO/1981

Os dados da Comissão Oceanográfica CONVERSUT-III foram utilizados no estudo das variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical no verão. Esta comissão, realizada no período de 21 de janeiro a 11 de abril de 1981, contém informações de 195 estações oceanográficas, localizadas entre 25° e 41° de latitude sul e 044° e 058° de longitude oeste, efetuadas no sentido sul/norte. As estações estão distribuídas em 24 perfis espaçados de aproximadamente 70 km, com 440 km de extensão em média, para cada perfil (Figura 3.23).

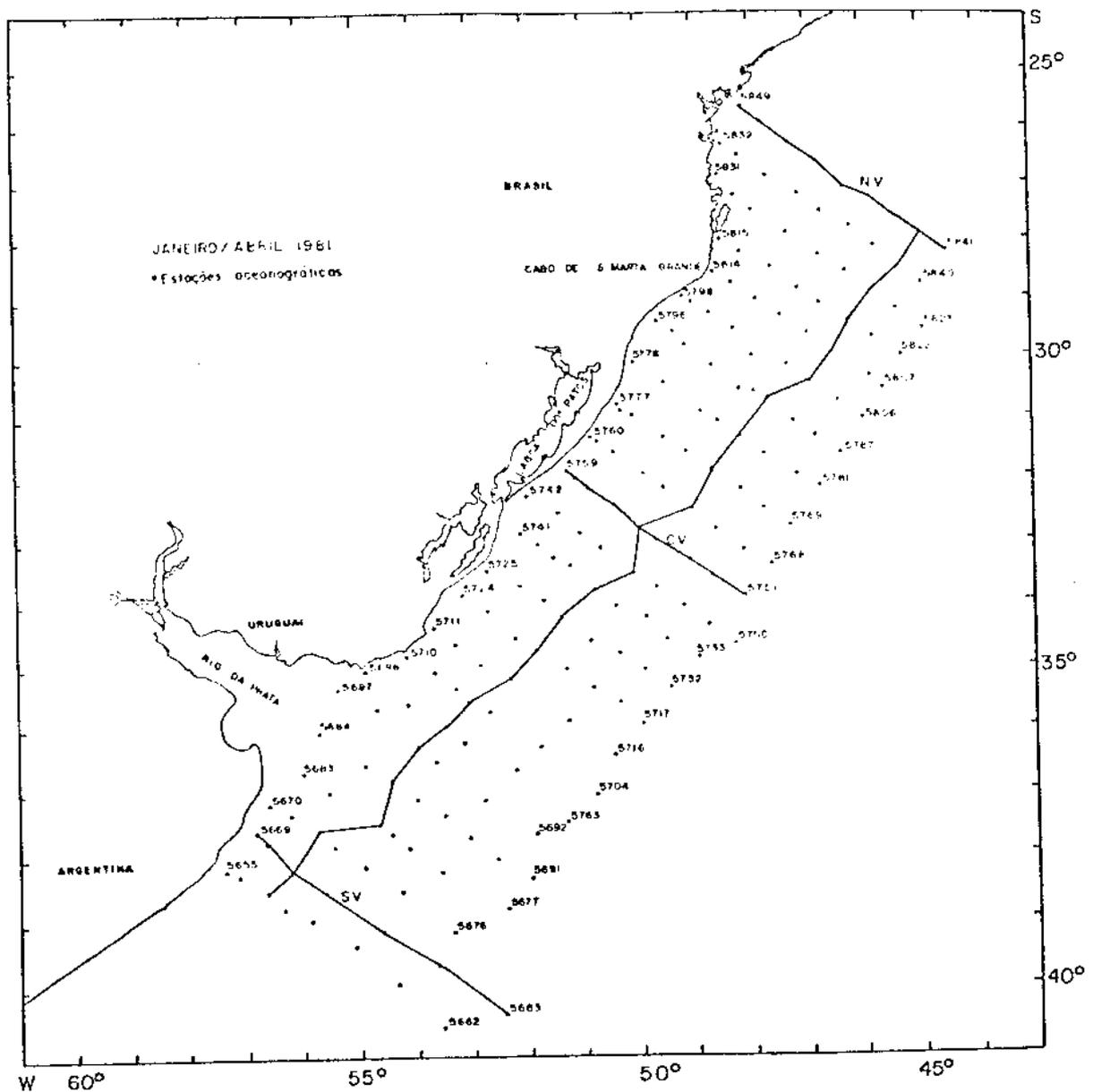


Fig. 3.23 - Localização das estações oceanográficas - Verão/1981.

1) Distribuição horizontal de temperatura, salinidade e sigma-t na superfície - Verão/1981

Temperatura: A distribuição horizontal de temperatura na superfície (Figura 3.24) mostra que na região norte e central têm-se os máximos valores de temperatura que variam entre $24,0^{\circ}\text{C}$ e $27,0^{\circ}\text{C}$, característicos de águas transportadas pela Corrente do Brasil. Entre 30°sul e 35°sul , a isoterma de $25,0^{\circ}\text{C}$ delimita praticamente o ramo principal desta corrente, o qual em 34°sul e 051°oeste dista de seu centro aproximadamente 220 km da costa. Um meandro com centro de curvatura voltado para oeste, com temperatura um pouco maior que $26,0^{\circ}\text{C}$, está centrado aproximadamente em 31°sul e 049°oeste , estendendo-se desde $30^{\circ}30'\text{sul}$ e $047^{\circ}30'\text{oeste}$ até 33°sul e 050°oeste .

Em $34^{\circ}30'\text{sul}$ e próximo a $051^{\circ}30'\text{oeste}$, tem-se uma frente de temperatura de fraca intensidade que varia entre $22,0^{\circ}\text{C}$ e $24,0^{\circ}\text{C}$, formada devido à contribuição das águas costeiras, Água Subtropical e Tropical.

Entre 35°sul e 36°sul , a distribuição horizontal de temperatura é relativamente isotermal, variando entre $21,0^{\circ}\text{C}$ e $22,0^{\circ}\text{C}$. Abaixo de 36°sul pode-se observar duas frentes de temperatura. Uma na região costeira, situada a oeste de 054°oeste , formada principalmente por águas costeiras argentinas e do Rio da Prata, e águas de origem Subantártica transportadas pelo ramo costeiro da Corrente das Malvinas. A leste de 054°oeste pode-se observar a frente formada principalmente devido à contribuição das massas de água transportadas pela Corrente das Malvinas e das massas de água Subtropical, com pequena influência de água de origem Tropical. O intervalo de temperatura nesta região varia entre $13,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$.

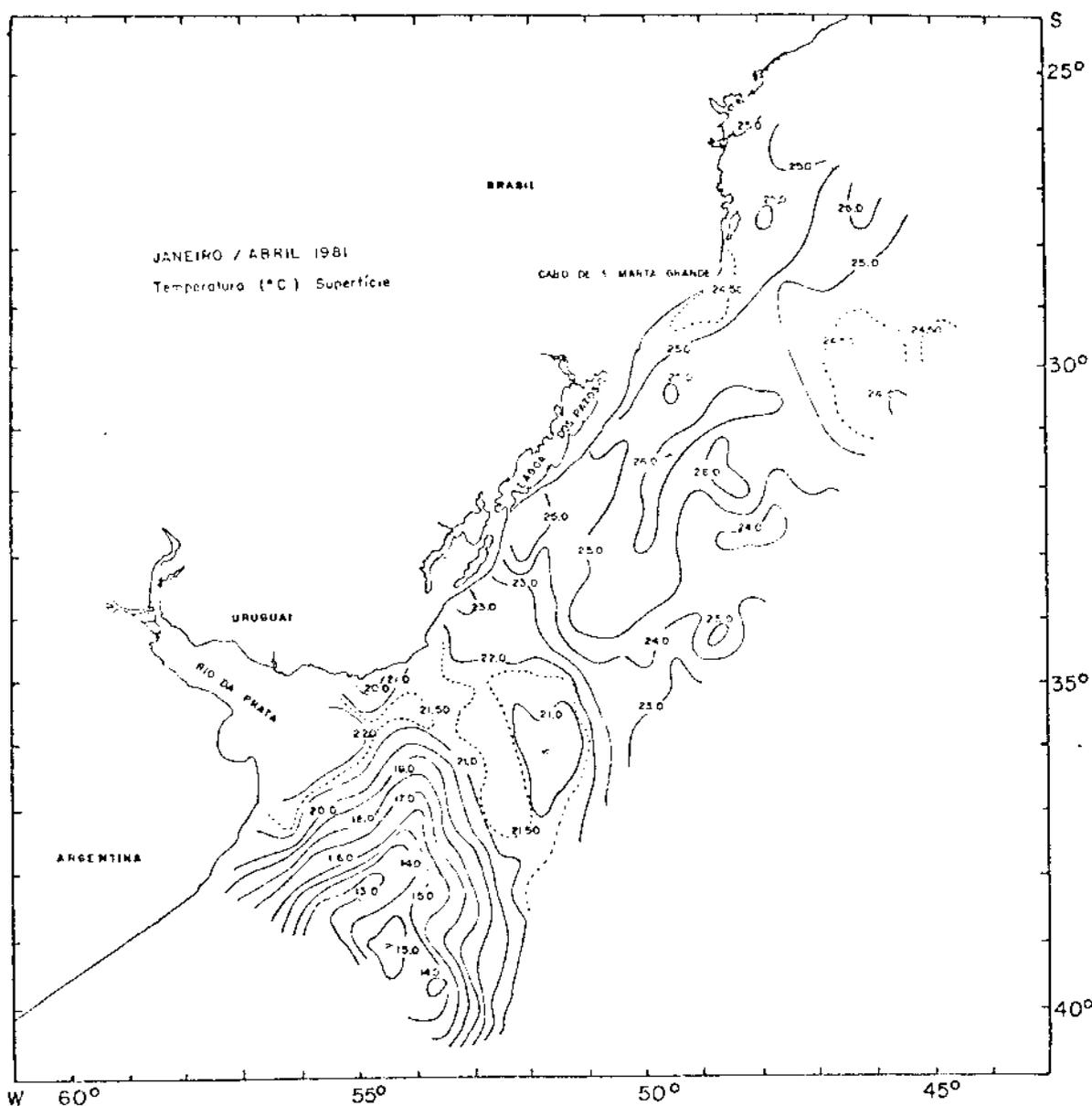


Fig. 3.24 - Distribuição horizontal de temperatura na superfície - Verão/1981.

Salinidade: Na distribuição horizontal de salinidade na superfície (Figura 3.25), a Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil, com valores de salinidade maiores que 36,0‰, é observada desde 27°sul até 35°sul, abrangendo em média 300 km de extensão transversal ao seu curso. Neste percurso a distância mínima da Corrente do Brasil em relação à costa - 150 km, é observada em 30°sul. Próximo a 35°sul, observa

-se uma maior interação entre águas costeiras, águas de origem Subtropical e Tropical. Um núcleo de Água Subtropical a leste da Corrente do Brasil, encontra-se centrado em $34^{\circ}30'$ sul e $049^{\circ}30'$ oeste, com valores de salinidade entre $35,60^{\circ}/\text{oo}$ e $35,80^{\circ}/\text{oo}$.

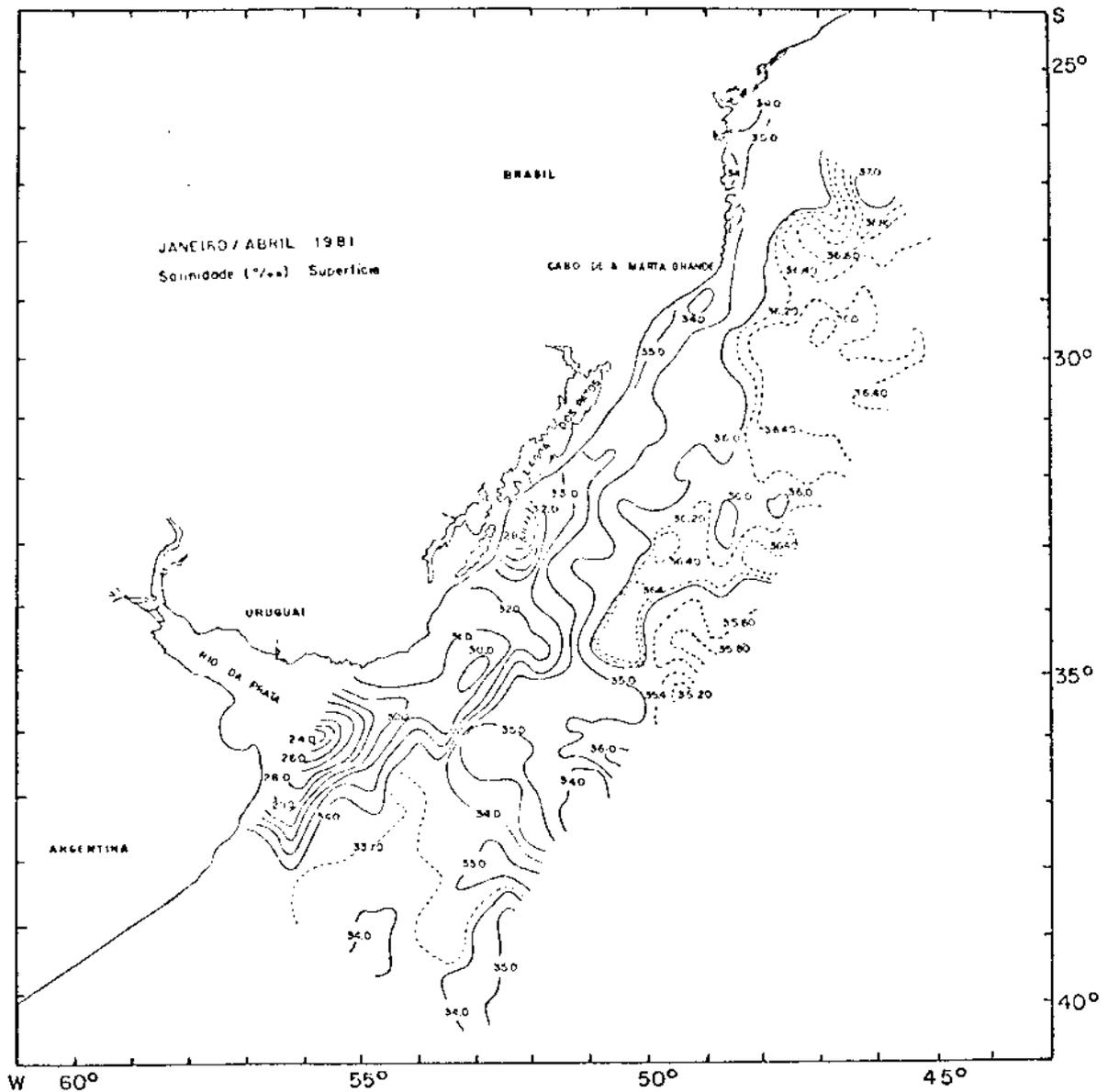


Fig. 3.25 - Distribuição horizontal de salinidade na superfície - Verão/1981.

Devido a maior descarga de águas fluviais nessa época do ano, provenientes da região do estuário do Rio da Prata, verifica-se forte intensificação das isohalinas nesta região, que variam entre $24,0^{\circ}/\text{oo}$ e $34,0^{\circ}/\text{oo}$, formando uma frente de salinidade, observada des de a foz do Rio da Prata até 32°sul . Esta frente recebe também contri buição de águas provenientes da região da Barra do Rio Grande. Próximo ã região da Lagoa dos Patos, encontra-se uma pequena frente de salini dade com valores entre $28,0^{\circ}/\text{oo}$ e $33,0^{\circ}/\text{oo}$, centrada em 33°sul e 052°oeste .

Sigma-t: O campo de sigma-t (Figura 3.26) acompanha de forma similar o de salinidade. As frentes de sigma-t, tanto na região oceânica como costeira, possuem praticamente a mesma localização que as frentes de salinidade, com valores que variam entre 16,0 e 24,0 unidades de sig ma-t. Da mesma forma que se observou na estação da primavera, a peque na pluma próxima ao Cabo de Santa Marta Grande apresenta em seu inte rior baixos valores de temperatura, salinidade e sigma-t, comparando-se com os de sua vizinhança, ou seja, com valores em torno de $24,50^{\circ}\text{C}$, $34,0^{\circ}/\text{oo}$ e 23,0 unidades de sigma-t, respectivamente. As massas de água Tropical e Subantártica são caracterizadas por valores maiores que 24,0 e 25,0 unidades de sigma-t, respectivamente.

Pela análise conjunta das distribuições horizontais de temperatura e salinidade na superfície, verifica-se que a Água Tropi cal transportada pela Corrente do Brasil atinge aproximadamente 35°sul , próximo de $050^{\circ}30'\text{oeste}$. As ramificações da Corrente das Malvinas atin gem aproximadamente $36^{\circ}30'\text{sul}$, fluindo entre 053°oeste e 056°oeste , com temperatura até $3,0^{\circ}\text{C}$ superior ao máximo indicado na classificação desta massa de água, ou seja, $T = 15,0^{\circ}\text{C}$. Esta massa de água é envolvi da, tanto na região costeira como oceânica, por águas provenientes do Rio da Prata e da costa argentina que, interagindo com águas de origem Subtropical, contribuem na formação da Frente Oceânica Subtropical. Es ta frente com maior intensificação de temperatura concentra-se entre 36°sul e 40°sul . Em 38°sul as águas costeiras podem ser observadas até 445 km da costa, o que indica maior fluxo destas águas em direção ã re gião oceânica, nesta estação do ano.

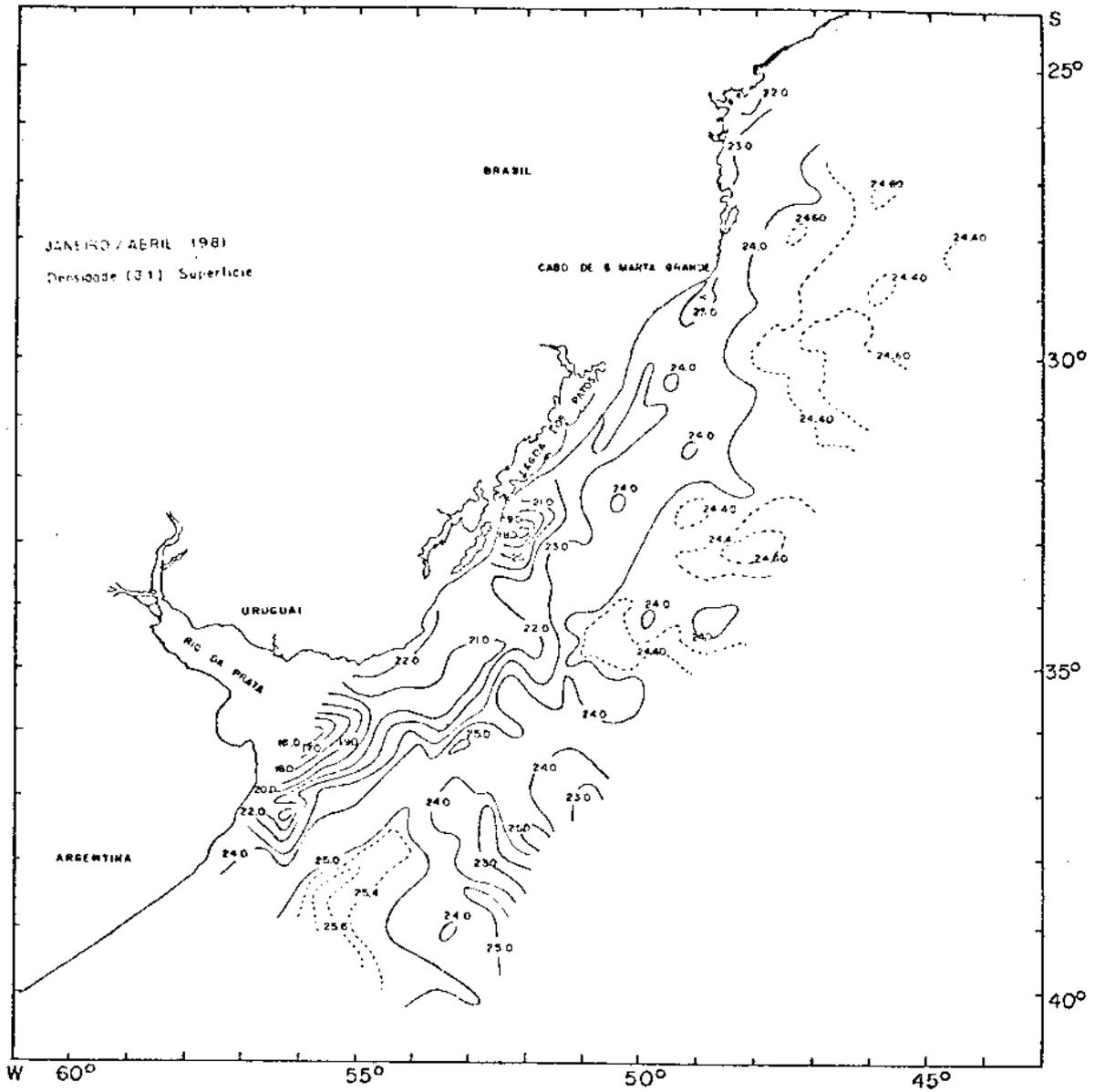


Fig. 3.26 - Distribuição horizontal de sigma-t na superfície -
Verão/1981.

2) Distribuição horizontal da topografia dinâmica da superfície relativa a 1000 dbar - Verão/1981

Para a estação do verão, foram utilizadas 80 estações oceanográficas para a construção da circulação na superfície relativa ao nível de referência de 1000 dbar (Figura 3.27).

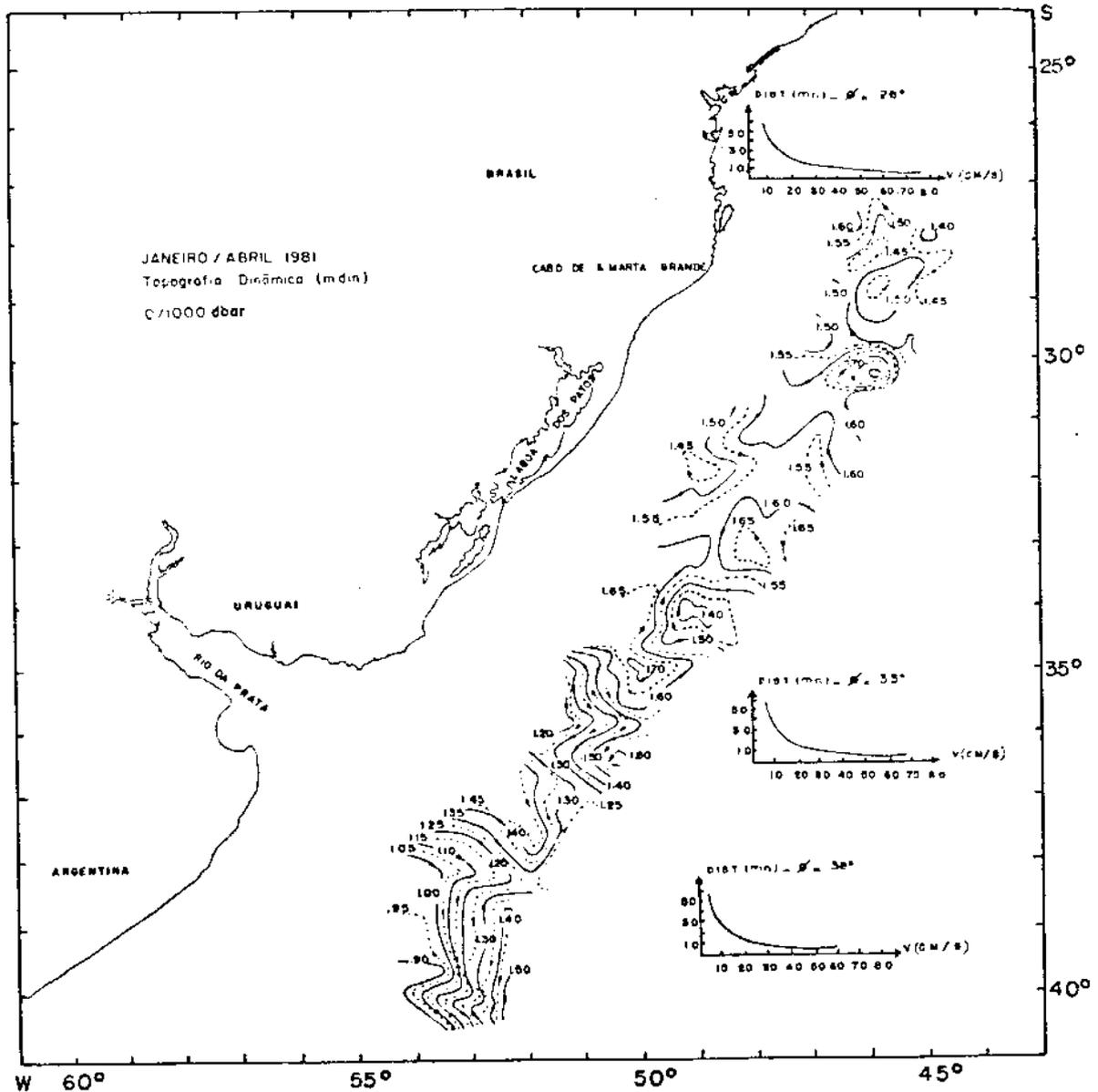


Fig. 3.27 - Topografia dinâmica da superfície relativa a 1000 dbar - Verão/1981.

Utilizando conjuntamente as informações das distribuições horizontais de temperatura e salinidade na superfície, verifica-se, na região norte, a ocorrência de dois vórtices anticiclônicos. O primeiro, centrado em $28^{\circ}50'$ sul e $045^{\circ}50'$ oeste, menos intenso que o segundo, apresenta um centro de alta temperatura e baixa salinidade em relação à sua vizinhança, com valores próximos de $25,0^{\circ}\text{C}$ e $36,30^{\circ}/\text{oo}$, respectivamente. Já o segundo vórtice, centrado próximo a $30^{\circ}20'$ sul e $045^{\circ}50'$ oeste, envolve um centro de alta salinidade ($36,50^{\circ}/\text{oo}$) e alta temperatura ($24,0^{\circ}\text{C}$) em relação à sua vizinhança. O primeiro apresenta extensão de 150 km para o maior diâmetro e velocidade geostrofica relativa de 19 km/dia (22 cm/s); o segundo apresenta um diâmetro máximo de 140 km e velocidade média de 46 km/dia (53 cm/s). A causa possível da formação destes vórtices pode ser devido às características de movimento da Corrente do Brasil, que se desloca de forma sinuosa.

Na região central, próximo a 34° sul e 049° oeste, verifica-se outro vórtice, neste caso ciclônico, com diâmetro máximo de 170 km e centro de baixa salinidade ($35,50^{\circ}/\text{oo}$) e alta temperatura ($25,0^{\circ}\text{C}$).

Na zona da Frente Oceânica Subtropical o fluxo de água, entre 35° sul e $36^{\circ}30'$ sul, direciona-se para sudoeste e posteriormente declina para sudeste. Entre $36^{\circ}30'$ sul e 41° sul, o fluxo de água ao longo de $37^{\circ}30'$ sul, procedendo de sudoeste, divide-se em dois ramos. Um dirige-se para nordeste/noroeste, ou seja em direção à costa, e o outro para sul/sudoeste, em direção aos pólos, e finalmente para sudeste. A intensificação do campo geostrofico na região sul pode ser atribuída à maior contribuição de águas costeiras e de águas de origem Tropical no fluxo do sistema de correntes. No primeiro caso, devido à forte descarga dos rios e no segundo, devido ao avanço da massa de água Tropical para as maiores latitudes, nesta época do ano, observadas através das distribuições de temperatura e salinidade. A velocidade média relativa do sistema de correntes entre 35° sul e 40° sul é de aproximadamente 52 km/dia (60 cm/s).

3) Secções verticais de temperatura, salinidade e sigma-t -
Verão/1981

Na estação do verão foram consideradas as seguintes secções verticais perpendiculares à costa: na região sul ($35^{\circ}\text{sul}-40^{\circ}\text{sul}$), secção SV (Sul/Verão), com 7 estações oceanográficas distribuídas em 550 km; na região central ($30^{\circ}\text{sul}-35^{\circ}\text{sul}$), secção CV (Central/Verão), com 9 estações oceanográficas distribuídas em 400 km; na região norte ($25^{\circ}\text{sul}-30^{\circ}\text{sul}$), secção NV (Norte/Verão) também com 9 estações oceanográficas distribuídas em 500 km. A secção vertical ao longo da costa ($30^{\circ}\text{nordeste}$) contém 24 estações oceanográficas distribuídas ao longo de 1680 km (Figura 3.23).

a) Secção vertical perpendicular a costa SV (Sul/Verão)

Temperatura: Na estrutura vertical de temperatura na secção SV (Figura 3.28), observa-se que ao longo da plataforma continental, na subsuperfície, há forte compressão das isotermas com temperaturas que variam entre $8,0^{\circ}\text{C}$ e $20,0^{\circ}\text{C}$. Na borda da plataforma continental, verifica-se um leve empilhamento ascendente das isotermas, próximo à estação 5666 (180 km da costa), com temperaturas que variam entre $7,0^{\circ}\text{C}$ e $12,0^{\circ}\text{C}$. Em direção à região oceânica, o gradiente termal é de aproximadamente $5,4 \times 10^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ($0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{mn}$). Valores de temperatura maiores que $20,0^{\circ}\text{C}$, característicos da Corrente do Brasil, são encontrados a 520 km da costa, próximo à estação 5663, atingindo 90 metros de profundidade. O valor máximo de temperatura ($22,0^{\circ}\text{C}$) encontra-se a 550 km da costa, centrado em 50 metros de profundidade. Entre as estações 5666 e 5664, numa extensão de 220 km, o campo de temperatura envolve valores relativamente baixos, com mínima de $3,0^{\circ}\text{C}$, a uma profundidade de 350 metros, característicos da Água Intermediária Antártica ($3,0^{\circ}\text{C} < T < 5,0^{\circ}\text{C}$), sendo a máxima temperatura encontrada a uma profundidade de 90 metros. Esta secção exemplifica condições em que ocorrem consideráveis trocas térmicas entre as massas de água de superfície e subsuperfície.

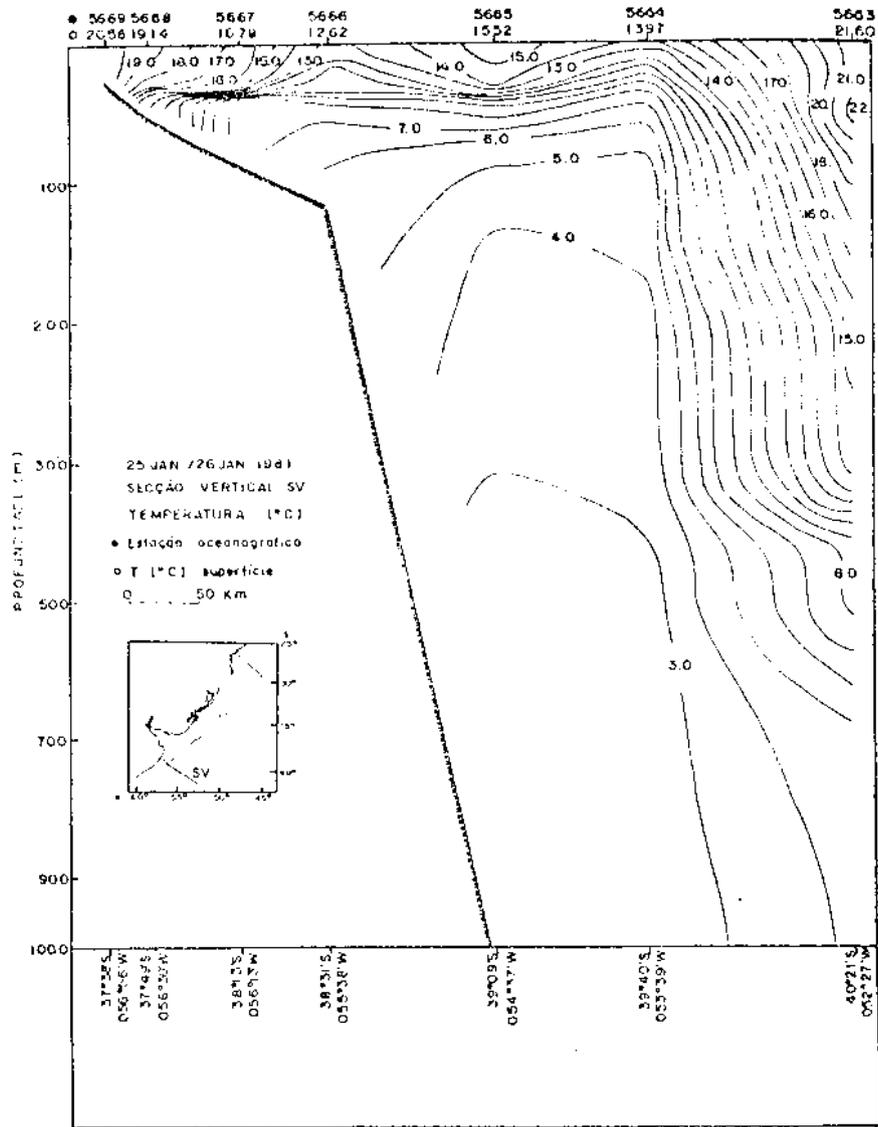


Fig. 3.28 - Estrutura vertical de temperatura na secção SV - Verão/1981.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

Salinidade: O campo de salinidade (Figura 3.29) apresenta pouca variação, principalmente entre as estações 5666 e 5664, onde predomina o valor de $34,0^{\circ}/\text{oo}$. Entre as estações 5664 e 5663, são observados valores de salinidade característicos de Água Subtropical ($35,0^{\circ}/\text{oo} < S < 36,0^{\circ}/\text{oo}$) e Tropical ($S > 36,0^{\circ}/\text{oo}$). A intrusão de Água Tropical característica da Corrente do Brasil é observada na subsuperfície, aproximadamente em

tre 40 e 130 metros de profundidade. Ao longo da plataforma contine_ntal os valores de salinidade estão na faixa de 33,40⁰/oo a 34,0⁰/oo, que caracteriza a Água Subantártica com pequena influência de águas cos_{te}iras.

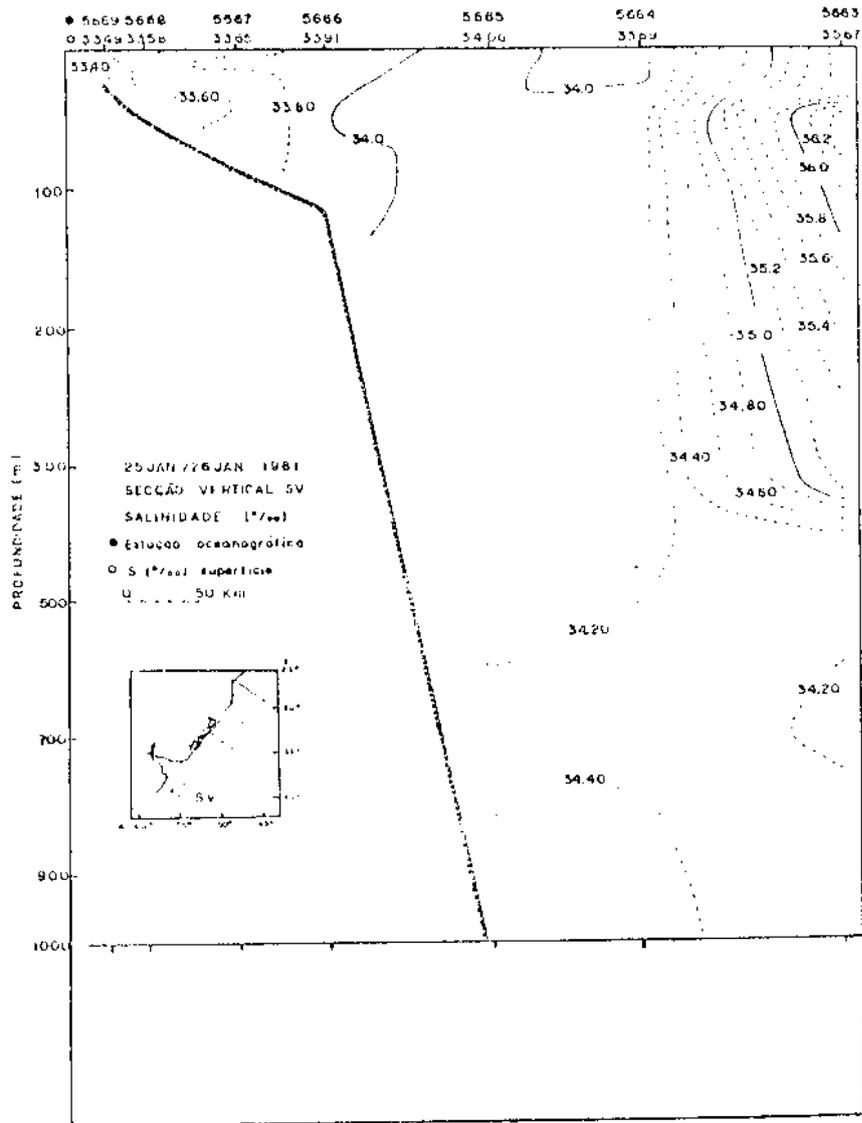


Fig. 3.29 - Estrutura vertical de salinidade na secção SV - Verão/1981.

Sigma-t: Esta secção (Figura 3.30) acompanha de forma similar a estrutura vertical de temperatura. Na subsuperfície a frente de *sigma-t* é observada até uma profundidade de 80 metros, estendendo-se horizontalmente ao longo da plataforma continental e da região oceânica, e dissipando-se na superfície.

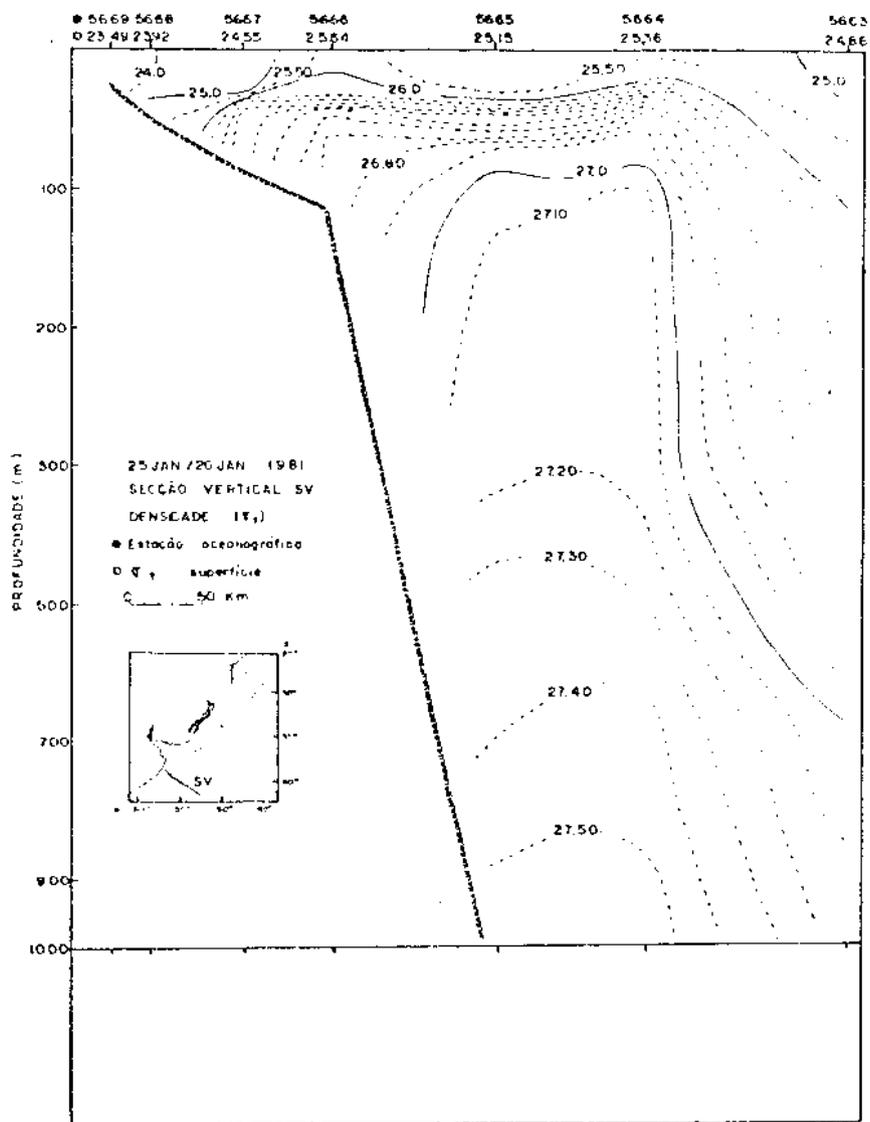


Fig. 3.30 - Estrutura vertical de *sigma-t* na secção SV - Verão/1981.

Analisando as Figuras 3.28, 3.29 e 3.30 verifica-se a ocorrência da massa de água Intermediária Antártica, que alcança uma profundidade de aproximadamente 90 metros. Esta massa de água está limitada pela Água Subantártica próximo à borda da plataforma continental, recebendo influência de águas costeiras a uma distância de aproximadamente 140 km da costa. Em direção à região oceânica observa-se a massa de água Subtropical e Tropical; a primeira, característica da zona da Convergência Subtropical e a segunda, das águas transportadas pela Corrente do Brasil, que se delimitam aproximadamente a 520 km da costa. A ocorrência de Água Tropical é melhor observada a uma profundidade de 40 metros ao longo da estação 5663.

b) Secção vertical perpendicular à costa CV (Central/Verão)

Temperatura: Nesta secção (Figura 3.31), verificam-se temperaturas relativamente altas, que variam entre 20,0°C e 26,0°C, características da Água Tropical, sendo que o núcleo de temperatura máxima está localizado a 180 km da costa. Ao longo da plataforma continental, na profundidade média de 40 metros, a frente de temperatura com valores entre 19,0°C e 24,0°C envolve pouca atividade térmica entre águas costeiras e Água Tropical. Acima desta frente encontra-se um bolsão relativamente isotermal, com temperaturas em torno de 25,0°C e 26,0°C, que se situa entre as estações 5757 e 5753, com extensão aproximada de 150 km. O máximo valor de temperatura ($T = 5^{\circ}\text{C}$) característico da Água Intermediária Antártica é observado somente próximo à profundidade de 800 a 900 metros.

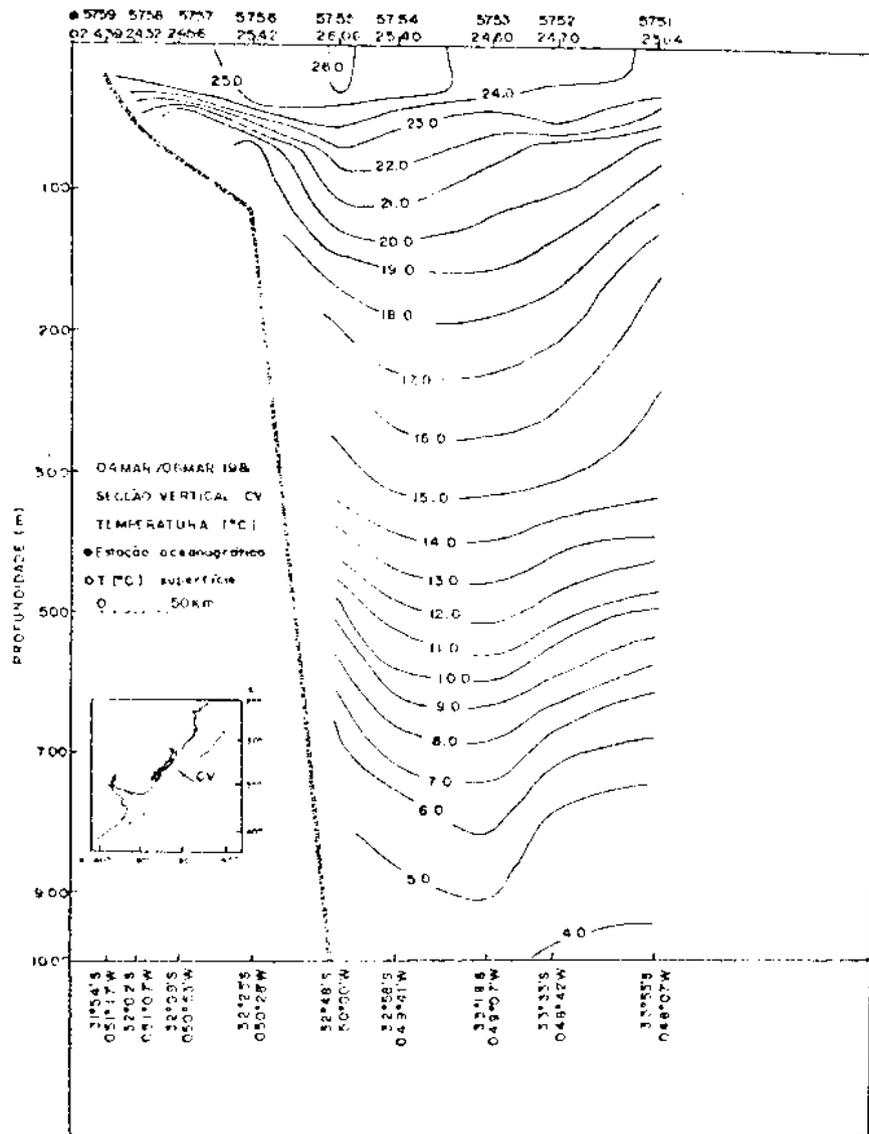


Fig. 3.31 - Estrutura vertical de temperatura na secção CV - Verão/1981.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

Salinidade: A estrutura vertical de salinidade (Figura 3.32) mostra uma célula com valores maiores que 36,0‰, característicos da Corrente do Brasil, próximo à borda da plataforma continental, a 110 km da costa, estendendo-se ao longo de toda a região oceânica, numa extensão de aproximadamente 240 km. A profundidade atingida por esta célula é de

220 metros, sendo que o núcleo de máxima salinidade ($S \geq 36,80^{\circ}/\text{oo}$) en-
contra-se aproximadamente em 75 metros de profundidade, ao longo da es-
tação 5754, a 220 km da costa. Valores de salinidade entre $35,0^{\circ}/\text{oo}$ e
 $36,0^{\circ}/\text{oo}$, característicos de água de origem Subtropical, são observa-
dos na região oceânica entre a profundidade de 100 e 500 metros.

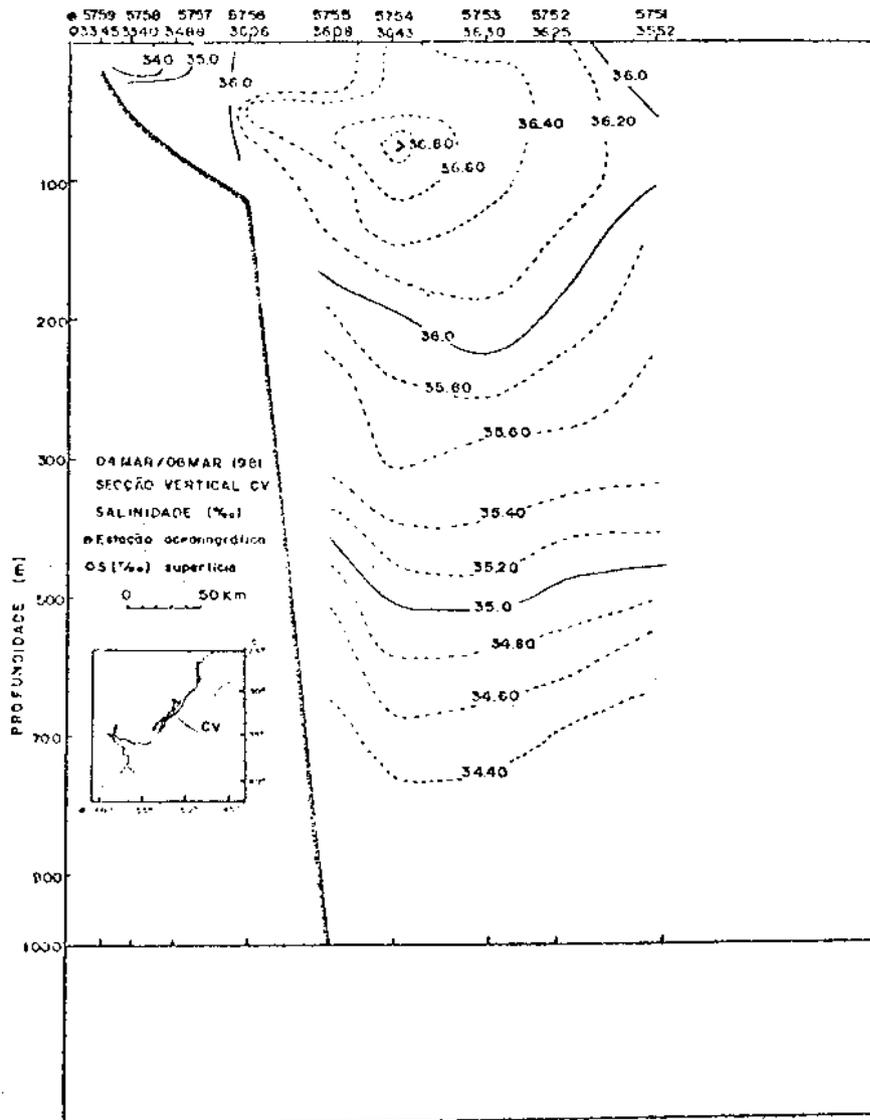


Fig. 3.32 - Estrutura vertical de salinidade na secção CV -
Verão/1981.

Sigma-t: A estrutura vertical de *sigma-t* (Figura 3.33) acompanha de forma similar a estrutura vertical de temperatura, apresentando uma frente na subsuperfície com alinhamento relativamente horizontal, sendo que as maiores intensificações estão situadas ao longo da estação 5756, a 120 km da costa, próximo à borda da plataforma continental.

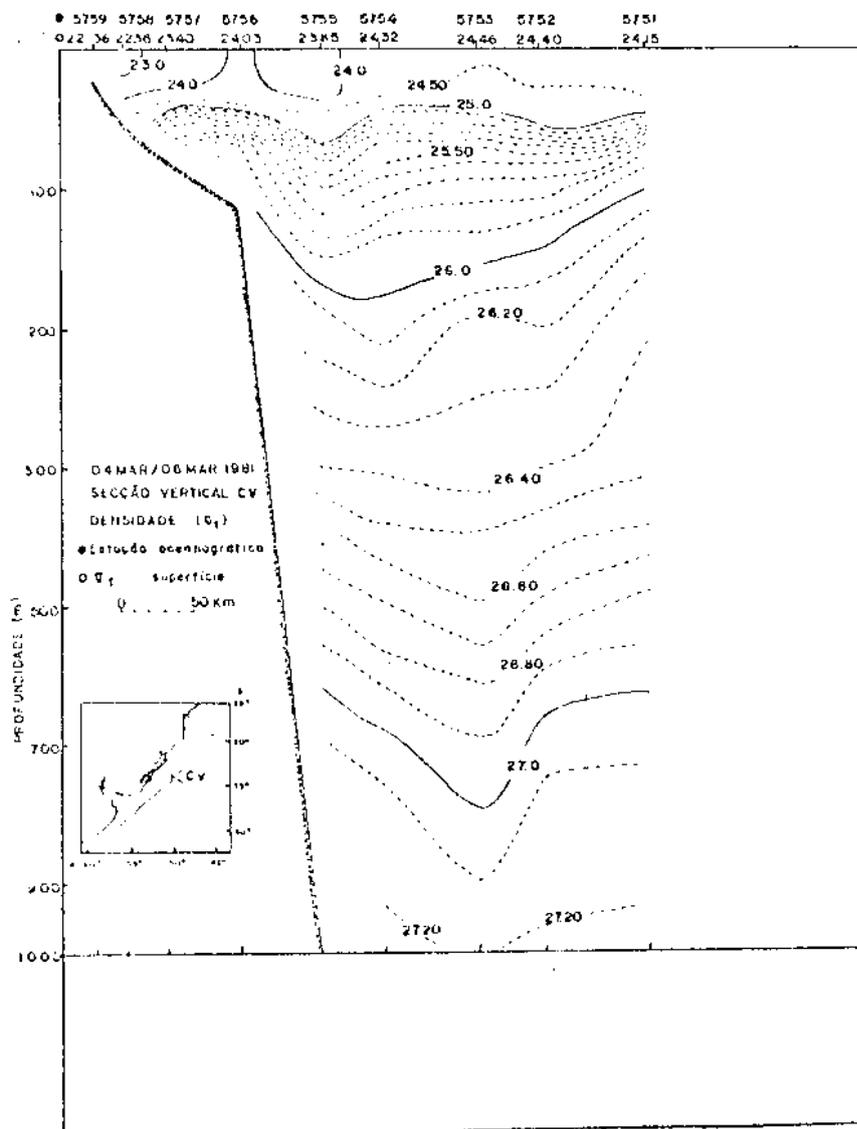


Fig. 3.33 - Estrutura vertical de *sigma-t* na secção CV - Verão/1981.

Pela análise conjunta da estrutura vertical de temperatura, salinidade e sigma-t, verifica-se que a Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil distancia-se aproximadamente 110 km da costa. A Água Intermediária Antártica é observada na secção CV, localizada em média latitude, somente abaixo de 800 metros de profundidade, sendo que na secção SV atingiu aproximadamente 90 metros de profundidade. Este comportamento decorre de um aumento de densidade (sigma-t), à medida que esta massa de água dirige-se para baixas latitudes, como se pode observar na estrutura vertical de sigma-t.

c) Secção vertical perpendicular à costa NV (Norte/Verão)

Temperatura: A estrutura vertical de temperatura na secção NV (Figura 3.34) mostra a predominância da massa de água Tropical transportada pela Corrente do Brasil, com o núcleo de máximas temperaturas ($26,0^{\circ}\text{C}$ - $26,42^{\circ}\text{C}$) centrado aproximadamente a 300 km da costa, o qual ocupa os primeiros 70 metros de profundidade.

Ao longo da estação 5847, a 140 km da costa, observa-se entre 20 e 60 metros de profundidade uma compressão das isotermas com valores que variam entre $16,0^{\circ}\text{C}$ e $25,0^{\circ}\text{C}$, formando uma frente de temperatura entre a massa de água Tropical e a Subtropical. Em direção à região oceânica, entre as estações 5841 e 5843, praticamente não se observa variações na estrutura vertical de temperatura até a profundidade de 40 metros. Entre 40 e 60 metros as isotermas intensificam-se formando uma frente que se estende horizontalmente, com valores de temperatura entre $19,0^{\circ}\text{C}$ e $24,0^{\circ}\text{C}$.

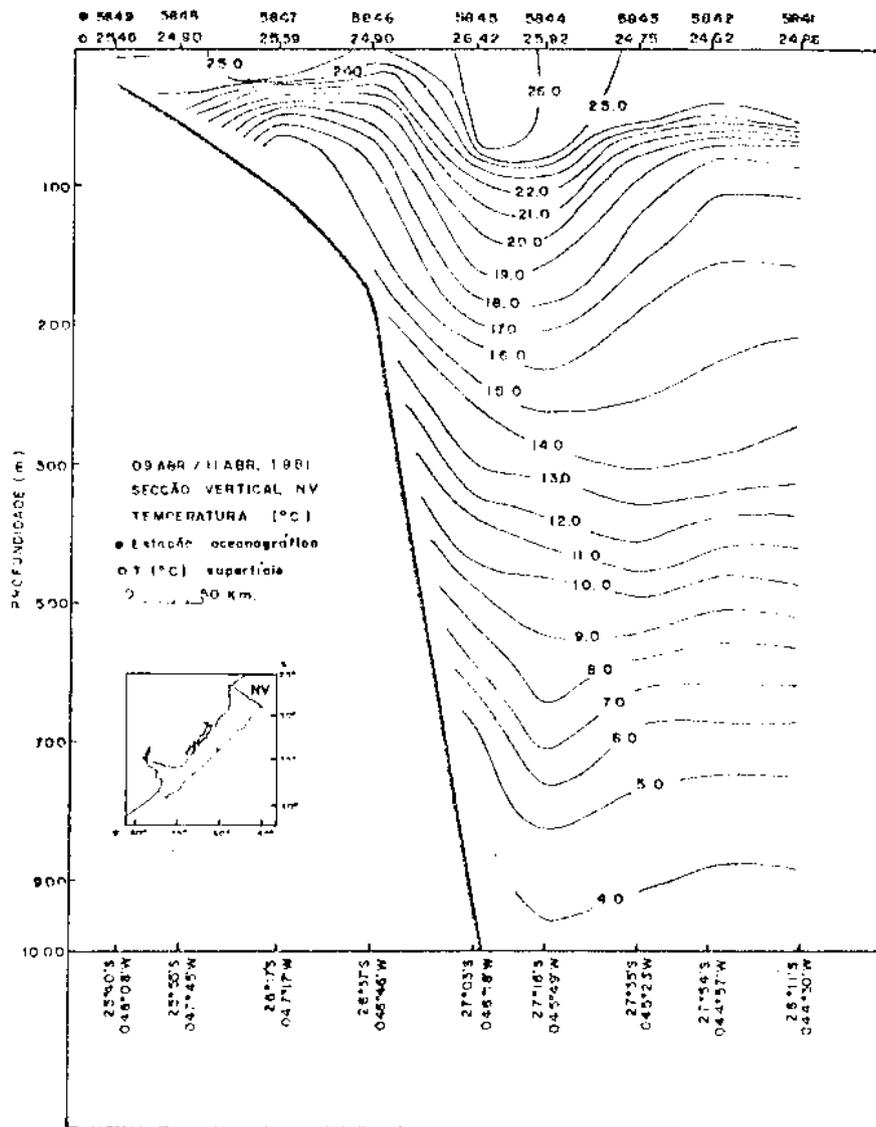


Fig. 3.34 - Estrutura vertical de temperatura na secção NV - Verão/1981.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

Salinidade: Pode-se observar, através da estrutura vertical de salinidade na secção NV (Figura 3.35), que a isohalina de 36,0‰ delimita um "bolsão" das águas características da Corrente do Brasil que ocupa toda a região oceânica, atingindo a profundidade máxima de 190 metros, ao longo da estação 5844. Na superfície este "bolsão" encontra-se a 180 km da costa. O núcleo de máximas temperaturas observado na estrutura

ra vertical de temperatura corresponde, aqui, a um núcleo de máximas salinidades, ou seja, $S \geq 37,0^0/00$, que se encontra também a 300 km da costa. Na região oceânica, entre 70 e 440 metros de profundidade, observa-se a massa de água de origem Subtropical, com valores de salinidade que variam entre $35,0^0/00$ e $36,0^0/00$. Esta massa de água atinge as camadas superiores, encontrando-se bem definida a 40 metros de profundidade na região da plataforma continental, quando se considera conjuntamente a estrutura vertical de temperatura e a de salinidade.

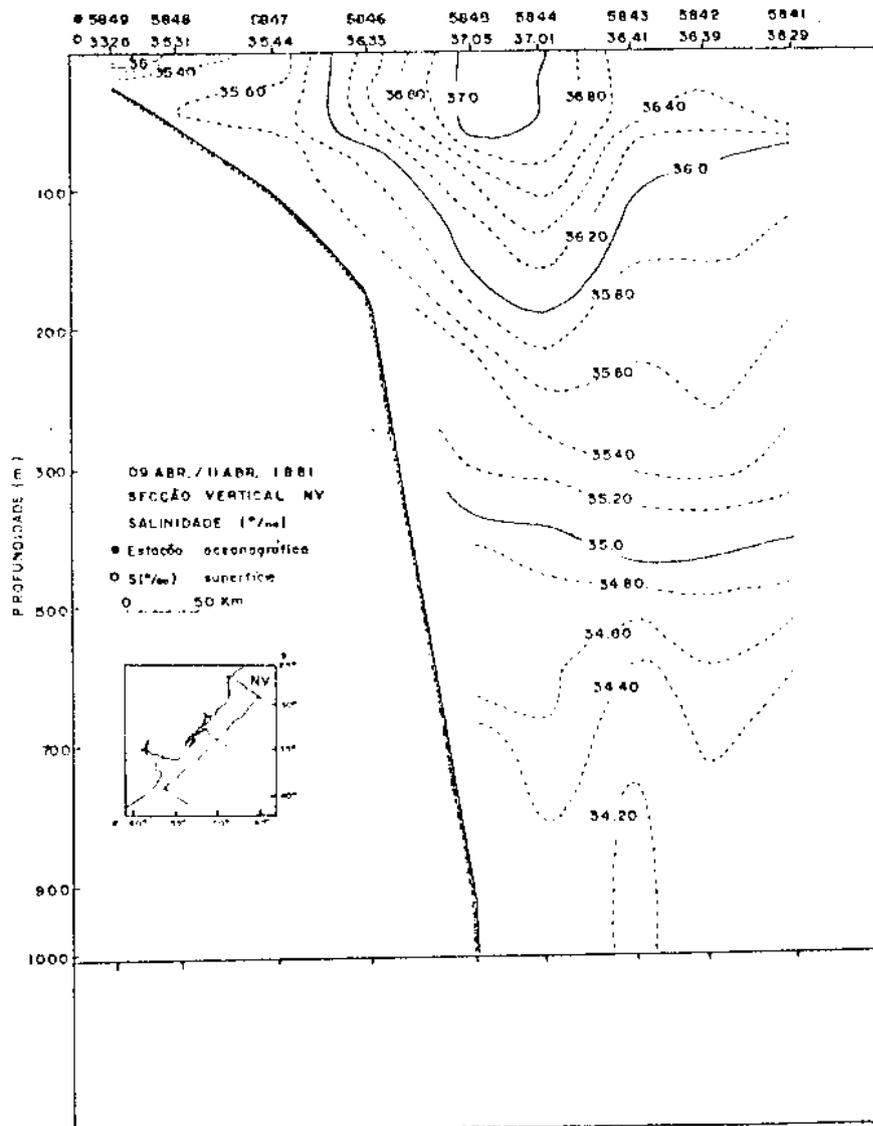


Fig. 3.35 - Estrutura vertical de salinidade na seção NV - Verão/1981.

Sigma-t: A frente de sigma-t com valores entre 25,0 e 26,0 unidades de sigma-t, observada na estrutura vertical desta propriedade (Figura 3.36), é controlada pela frente de temperatura na região da plataforma continental. A partir da estação 5846, em direção à região oceânica, a frente de sigma-t observada até a profundidade de 100 metros recebe influência do campo de temperatura e de salinidade. A massa de água Intermediária Antártica é observada na secção NV, próximo a 700 metros de profundidade.

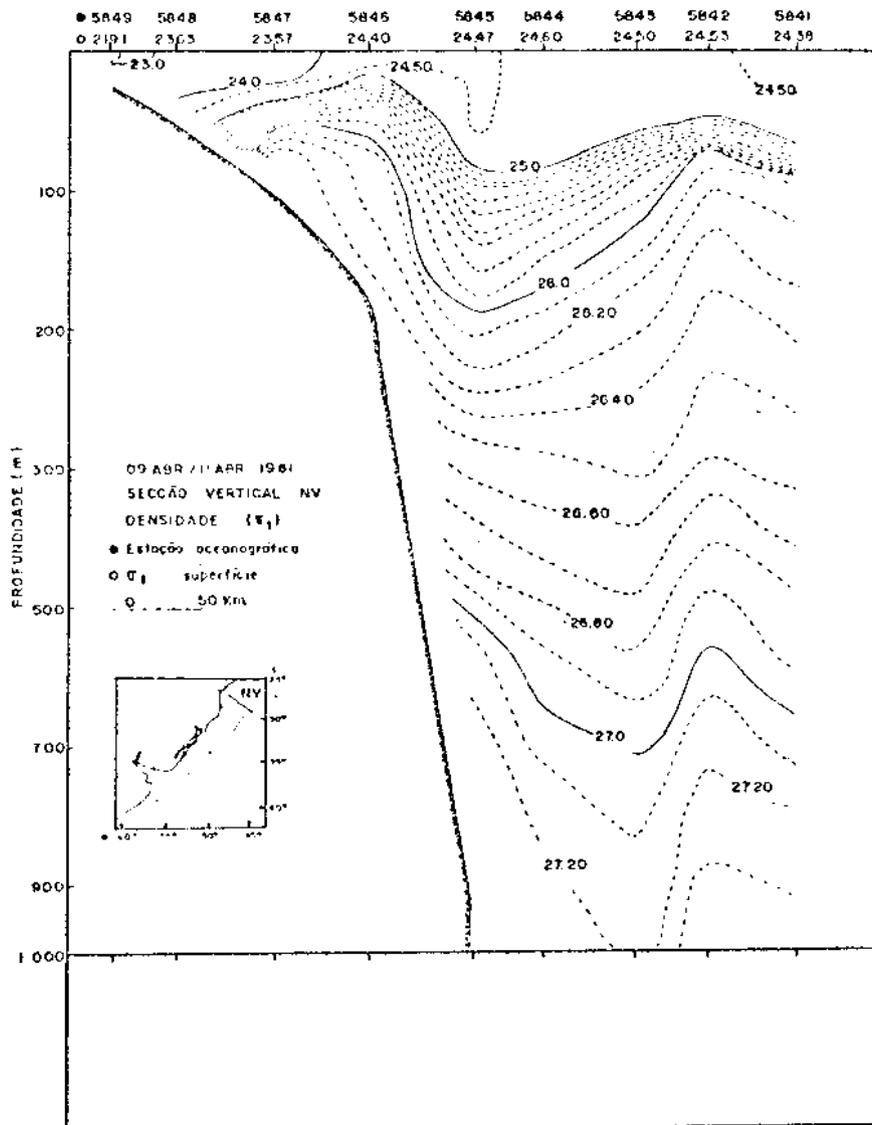


Fig. 3.36 - Estrutura vertical de sigma-t na secção NV - Verão/1981.

d) Secção vertical ao longo da costa - Verão/1981

O extremo sul desta secção está localizado em $38^{\circ}32'S$ $-056^{\circ}38'O$ e o extremo norte em $28^{\circ}11'S$ $-044^{\circ}30'O$.

Temperatura: A estrutura vertical de temperatura na secção ao longo da costa, no verão (Figura 3.37), mostra uma forte termoclina ao longo da plataforma continental, com valores de temperatura que variam entre $8,0^{\circ}C$ e $16,0^{\circ}C$, caracterizando a massa de água Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas com pequena influência das águas costeiras. Esta termoclina situa-se em média na profundidade de 40 metros, com 500 km de extensão.

Próximo às estações 5681 ($37^{\circ}30'S$) e 5700 ($35^{\circ}58'S$), observa-se uma frente de temperatura que aflora na superfície, recebendo contribuição de águas mais quentes e envolvendo valores entre $17,0^{\circ}C$ e $21,0^{\circ}C$. Entre as estações 5721 ($34^{\circ}45'S$) e 5737 ($33^{\circ}47'S$), verifica-se que as isotermas intensificam-se até a profundidade de 900 metros com temperatura mínima de $4,0^{\circ}C$, formando uma forte "parede" termal. Na superfície, a frente de temperatura que varia entre $22,0^{\circ}C$ e $25,0^{\circ}C$ apresenta 60 km de extensão, observando-se maior influência das águas transportadas pela Corrente do Brasil.

Nas regiões central e norte, localizadas em média latitude, o fluxo de água acima de 40 metros é relativamente isotermal, variando em torno de $24,0^{\circ}C$ - $26,0^{\circ}C$, que caracterizam a massa de água Tropical transportada pela Corrente do Brasil. Esta massa de água ocupa, em média, os primeiros 120 metros de profundidade. Entre 120 e 500 metros, encontra-se a massa de água de origem Subtropical.

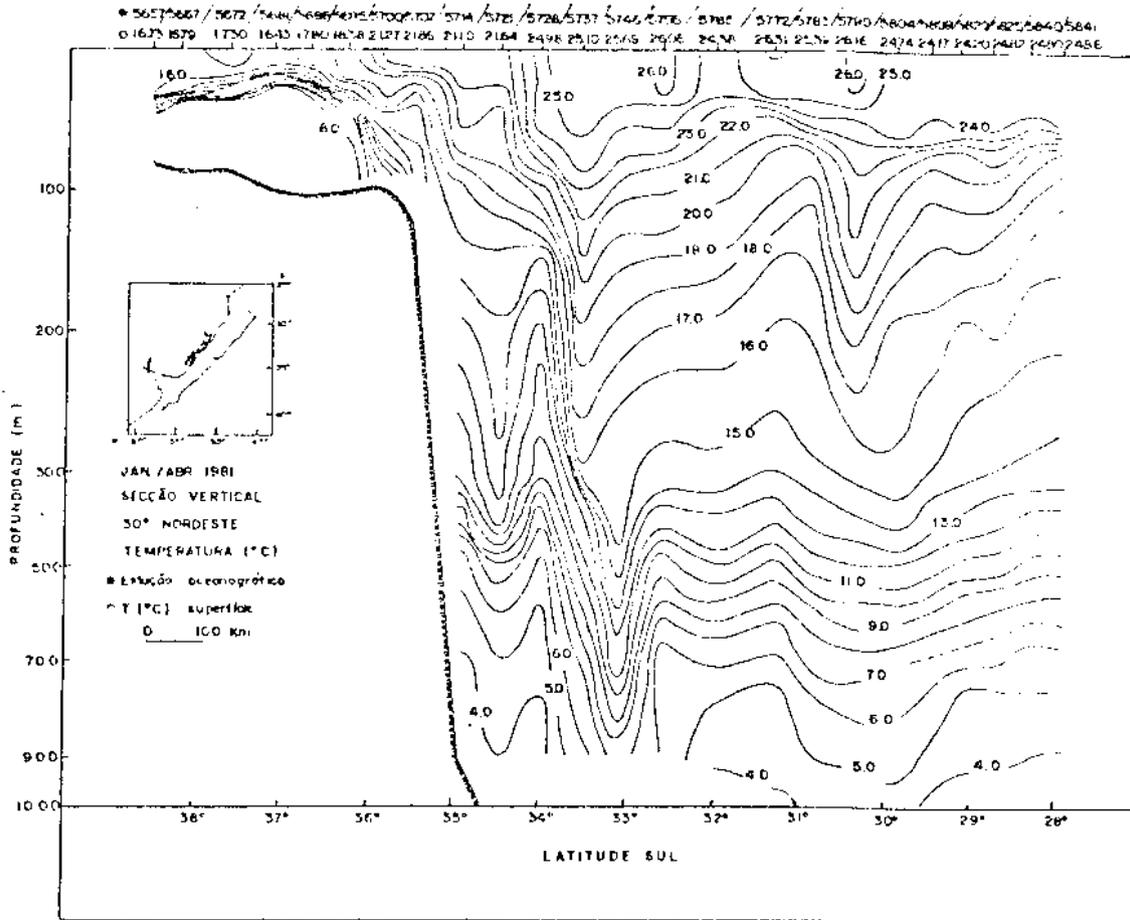


Fig. 3.37 - Estrutura vertical de temperatura na secção ao longo da costa - Verão/1981.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

Salinidade: Pode-se observar, através da estrutura vertical de salinidade (Figura 3.38) que não há grandes intensificações ao longo da plataforma continental, e que os valores de salinidade variam em torno de $33,0^{\circ}/\text{oo}$ e $34,0^{\circ}/\text{oo}$, caracterizando a presença da massa de água Subantártica. Núcleos de baixa salinidade, com 150 km e 125 km de extensão, variando entre $30,67^{\circ}/\text{oo}$ e $33,0^{\circ}/\text{oo}$ e $31,78^{\circ}/\text{oo}$ e $34,0^{\circ}/\text{oo}$, encontram-se próximos as estações 5700 ($35^{\circ}58'\text{sul}$) e 5721 ($34^{\circ}45'\text{sul}$), respectivamente.

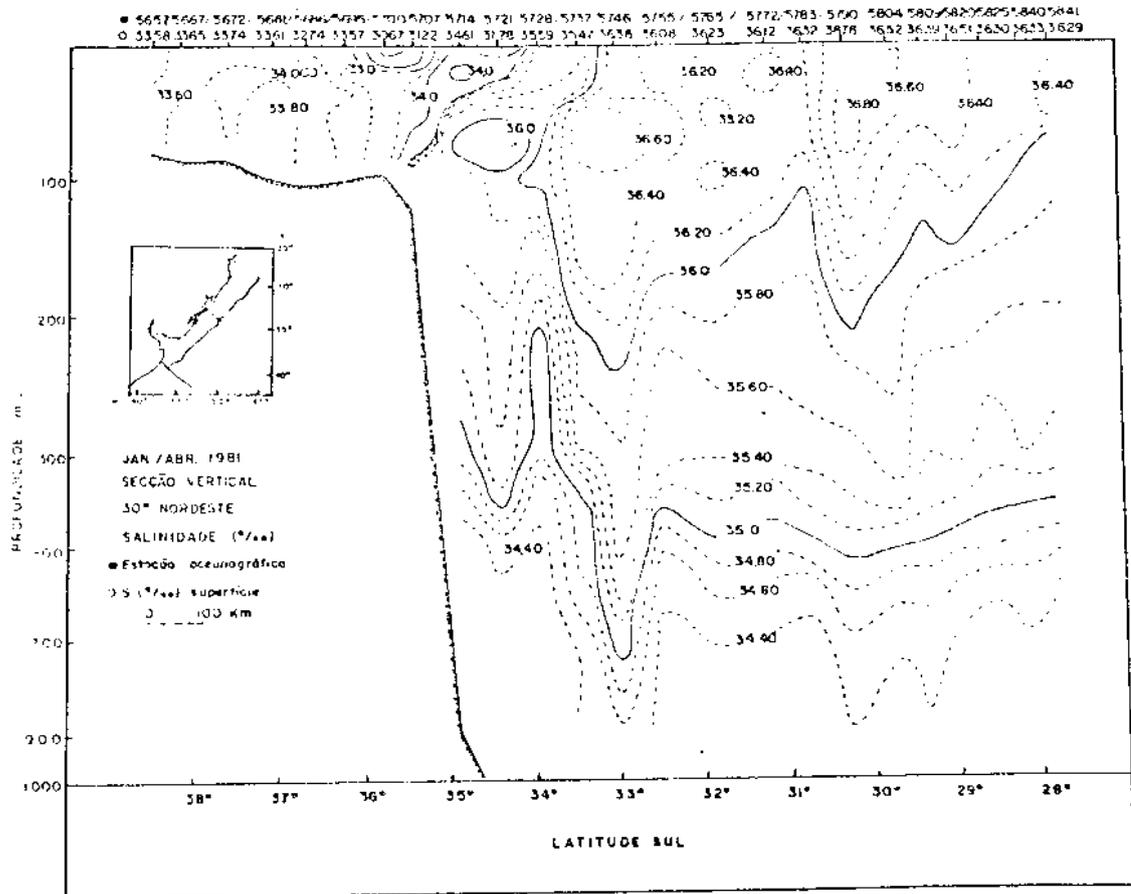


Fig. 3.38 - Estrutura vertical de salinidade na secção ao longo da costa - Verão/1981.

No prolongamento da região do talude continental, a uma profundidade de 80 metros, uma frente de pouca intensidade com valores entre $35,0^{\circ}/\text{oo}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$, caracterizando a massa de água Subtropical com influência de Água Tropical, estende-se transversalmente em direção à superfície. Um núcleo com salinidade maior que $36,0^{\circ}/\text{oo}$, situado a 70 metros de profundidade ao longo da estação 5721 ($34^{\circ}45'$ sul), indica a influência da Corrente do Brasil em direção às maiores latitudes.

A massa de água Tropical transportada pela Corrente do Brasil, delimitada pela isohalina de $36,0^{\circ}/\text{oo}$, ocupa praticamente toda a região central e norte vista na Figura 3.38. Esta corrente ocupa em média 160 metros de profundidade, na região central. Na superfície, a Corrente do Brasil desloca-se até 33° sul próximo à estação 5746 e atinge 34° sul na profundidade de 100 metros. Entre 33° sul e 34° sul, na profundidade de 100 a 700 metros, pode-se observar uma compressão vertical das isohalinas similar àquela observada na estrutura vertical de temperatura. Nesta localização a Água Subtropical delimita-se com a Água Intermediária Antártica em maiores profundidades e com a Água Tropical em menores profundidades.

Sigma-t: A configuração das isopcinais (Figura 3.39), na região da plataforma continental, acompanha similarmente a configuração das isotermas. Próximo à superfície (20 metros) entre as estações 5695 ($36^{\circ}18'$ sul) e 5728 ($34^{\circ}11'$ sul), o campo de sigma-t é influenciado pela salinidade devido ao maior afluxo de águas costeiras no sistema de correntes. Em direção à média e baixa latitude, nos primeiros 100 metros de profundidade, a temperatura é o principal parâmetro que atua no campo de sigma-t. A configuração observada entre 33° sul e 34° sul, abaixo de 100 metros de profundidade, na estrutura vertical de temperatura e de salinidade é mantida também no campo de sigma-t.

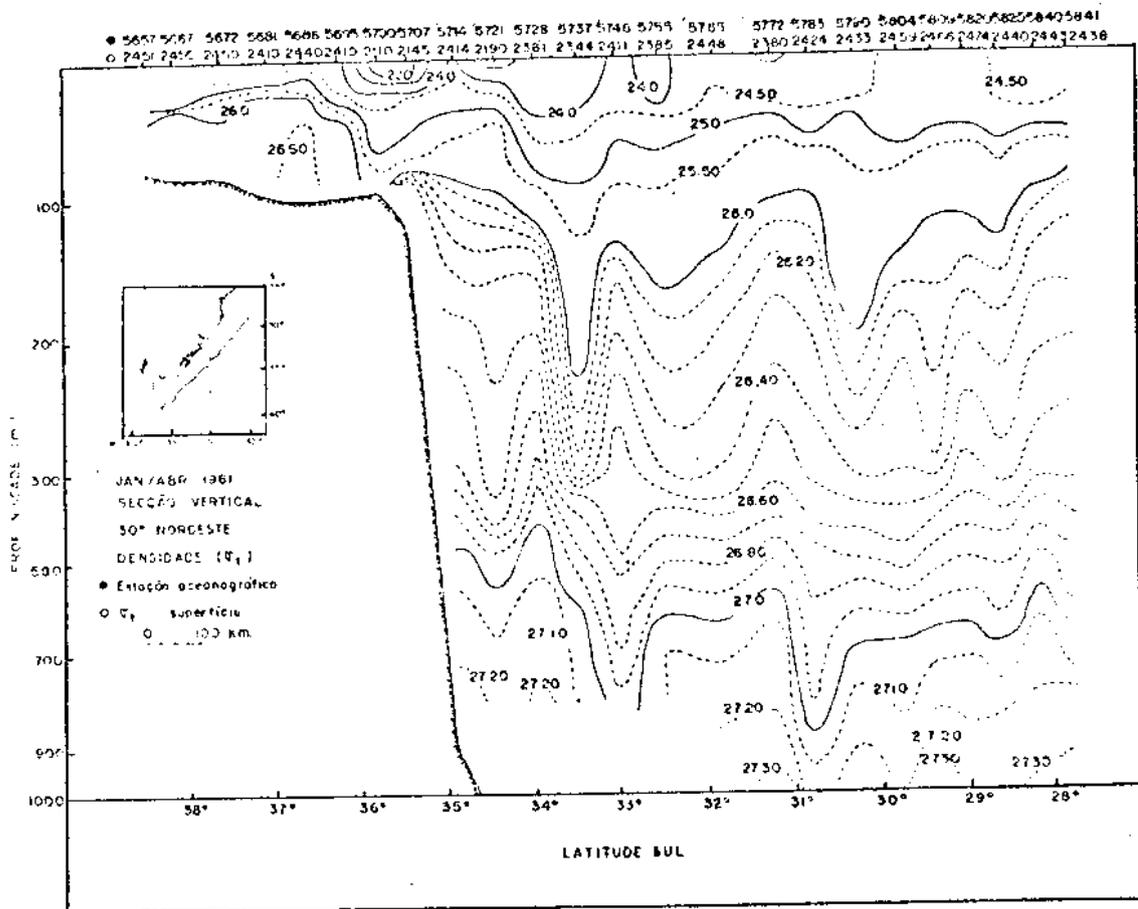


Fig. 3.39 - Estrutura vertical de sigma-t na secção ao longo da costa - Verão/1981.

3.1.3 - ANÁLISE DE DADOS OCEANOGRÁFICOS - OUTONO/1978

O estudo das variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical, no outono, foi realizado utilizando-se dados da Comissão Oceanográfica CONVERSUT-II, realizada no período de 08 de abril a 27 de junho de 1978. Esta comissão possui informações de 179 estações oceanográficas, localizadas entre 28° e 41° de latitude sul e 044° e 058° de longitude oeste, efetuadas no sentido sul/norte. As estações estão distribuídas em 21 perfis espaçados de aproximadamente 70 km, com 445 km de extensão em média, para cada perfil (Figura 3.40).

centrado aproximadamente em $37^{\circ}30'$ sul e $052^{\circ}30'$ oeste. A oeste deste núcleo, observa-se uma frente de temperatura que varia entre $14,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$, formada devido à confluência da massa de água Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas e as massas de água Subtropical e Tropical. O gradiente de temperatura nesta região é em torno de $0,1^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

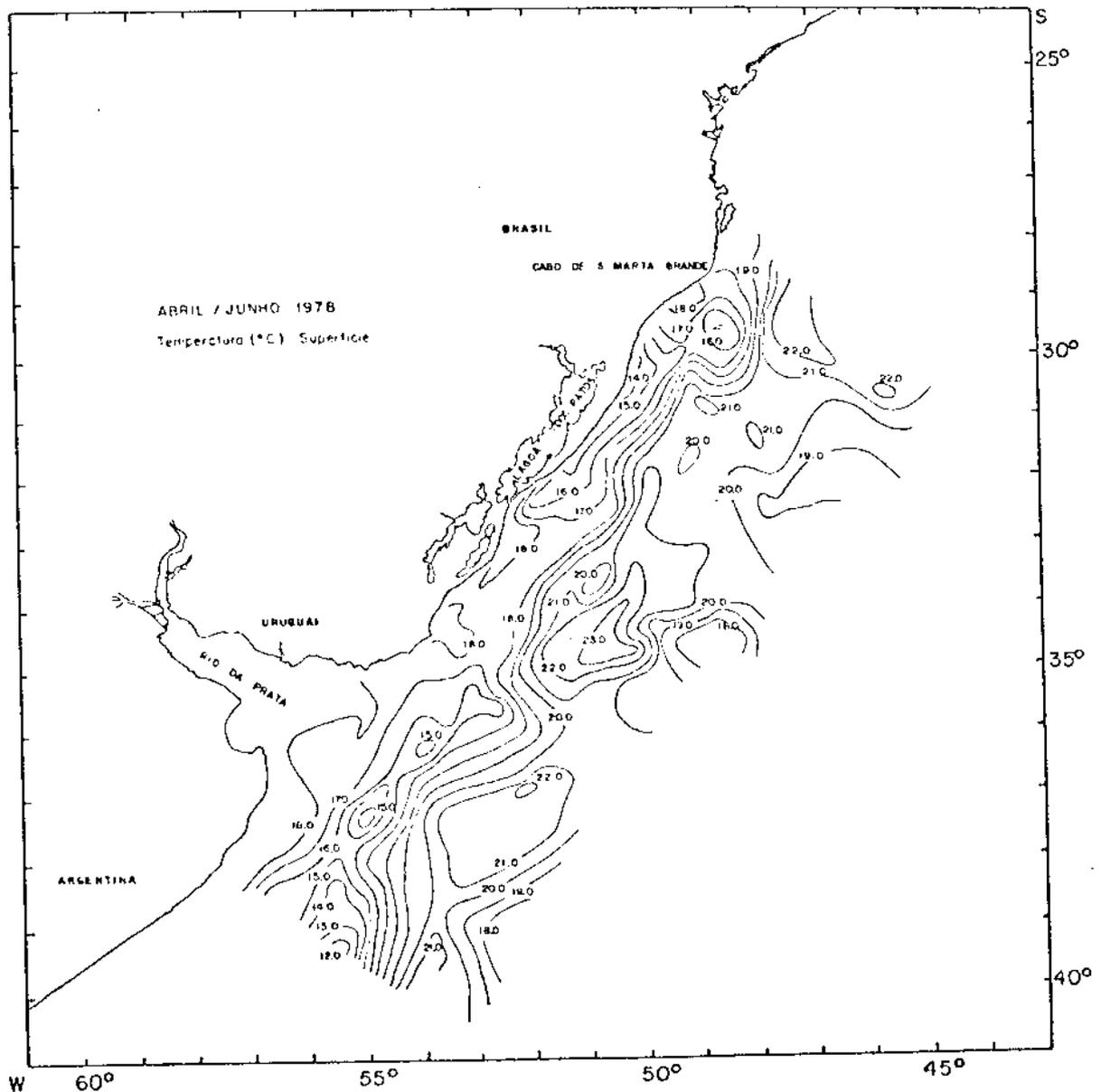


Fig. 3.41 - Distribuição horizontal de temperatura na superfície - Outono/1978.

Em $39^{\circ}30'$ sul a temperatura varia entre $12,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$, indicando uma maior contribuição das águas transportadas pela Corrente das Malvinas na formação da frente de temperatura. Na altura do estuário do Rio da Prata, podem-se observar dois núcleos com temperatura em torno de $15,0^{\circ}\text{C}$, característicos das águas transportadas pela Corrente das Malvinas. Um deles encontra-se próximo a 36° sul e 054° oeste; o outro, com diâmetro maior de aproximadamente 110 km, encontra-se centrado em $37^{\circ}30'$ sul e 055° oeste.

Entre 34° sul e 33° sul, a frente de temperatura envolve valores entre $18,0^{\circ}\text{C}$ e $20,0^{\circ}\text{C}$, apresentando um gradiente de $0,1^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Neste intervalo de latitude, um núcleo com temperatura menor que $20,0^{\circ}\text{C}$ interpõe-se entre esta frente e as ramificações da Corrente do Brasil. Acima de 33° sul, ao longo da região costeira e parte da região oceânica, observa-se uma maior interação entre águas costeiras da plataforma continental do Rio Grande do Sul e massas de água de origem Subtropical e Tropical, sendo esta última transportada pela Corrente do Brasil. Nesta região a temperatura pode variar entre $14,0^{\circ}$ e $22,0^{\circ}\text{C}$. Próximo à costa da região do Cabo de Santa Marta Grande, as isotermas formam um núcleo de temperatura mínima menor que $16,0^{\circ}\text{C}$.

Portanto, pode-se observar que abaixo de 34° sul a frente de temperatura é formada principalmente por águas de origem oceânica, Tropical, Subtropical e Subantártica, com pouca influência de águas costeiras. Acima de 33° sul, nota-se uma maior interação entre as águas costeiras, Subtropical e Tropical.

O núcleo da Corrente do Brasil com temperaturas máximas entre $23,0^{\circ}\text{C}$ e $24,0^{\circ}\text{C}$ encontra-se centrado em $34^{\circ}30'$ sul e 051° oeste. A leste deste núcleo pode-se observar a intrusão da massa de água Subtropical, com valores de temperatura entre $18,0^{\circ}\text{C}$ e $20,0^{\circ}\text{C}$. Outro indício desta massa de água é verificado em 39° sul e 053° oeste, com o mesmo intervalo de temperatura anterior.

Salinidade: Na distribuição horizontal de salinidade na superfície (Figura 3.42), observa-se uma frente que se inicia na foz do Rio da Prata, com maior intensificação a 35° sul e 054° oeste, variando entre $21,0^{\circ}/\text{oo}$ e $33,0^{\circ}/\text{oo}$, com gradiente de salinidade de $0,3^{\circ}/\text{oo}/\text{km}$. Esta frente é observada ao longo de toda a região costeira sobre a plataforma continental do Rio Grande do Sul. Neste percurso, a frente de salinidade pode apresentar valores entre $27,0^{\circ}/\text{oo}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$, que caracterizam as águas costeiras com possível influência das águas de origem Subantártica, transportadas para o norte pelo ramo costeiro da Corrente das Malvinas, Água Subtropical e Tropical. Esta frente na região central e norte é, portanto, delimitada pelo ramo oeste da Corrente do Brasil que se estende entre 29° sul e 39° sul. Com comportamento bem definido, este ramo vai definindo à medida que se dirige para o sul, atingindo aproximadamente $38^{\circ}30'$ sul e envolvendo em seu interior meandros e pequenos núcleos mais salinos, com valores maiores que $36,60^{\circ}/\text{oo}$. Na região costeira em frente ao Cabo de Santa Marta Grande, o núcleo de mínima temperatura (Figura 3.41) corresponde também a um núcleo de mínima salinidade, menor que $31,0^{\circ}/\text{oo}$.

Ao largo do estuário do Rio da Prata, uma semicélula definida pela isohalina de $33,70^{\circ}/\text{oo}$ caracteriza a presença das ramificações costeiras da Corrente das Malvinas.

Sigma-t: Ao longo da região costeira, a frente de sigma-t observada na Figura 3.43 é similar a configuração da frente de temperatura e de salinidade. Na foz do Rio da Prata, próximo a 35° sul, a configuração é praticamente igual à distribuição de salinidade. Caracterizando a configuração observada no campo de temperatura e de salinidade na região em frente ao Cabo de Santa Marta Grande, encontra-se um núcleo menor que 23,0 unidades de sigma-t, sugerindo a presença de uma célula de águas costeiras, sendo pouco provável a ocorrência de ressurgência. Basicamente abaixo de 35° sul, na zona da Convergência Subtropical e ao longo da região oceânica, o campo de sigma-t não apresenta gradientes, e a configuração é próxima do campo de salinidade com pouca influência de temperatura. Abaixo de 38° sul, a influência na distribuição horizontal de sigma-t tende a ser a do campo de temperatura.

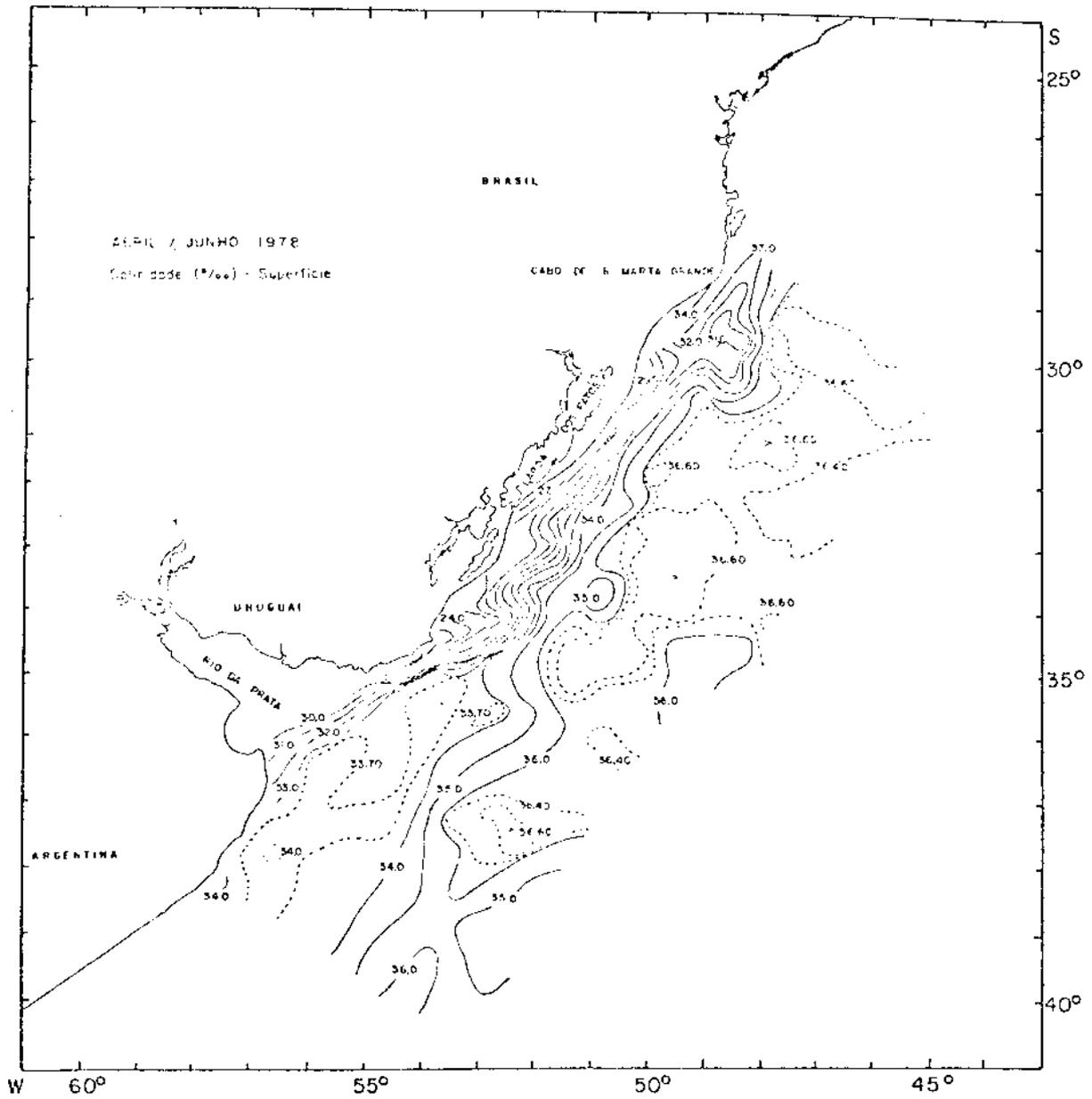


Fig. 3.42 - Distribuição horizontal de salinidade na superfície - Outono/1978.

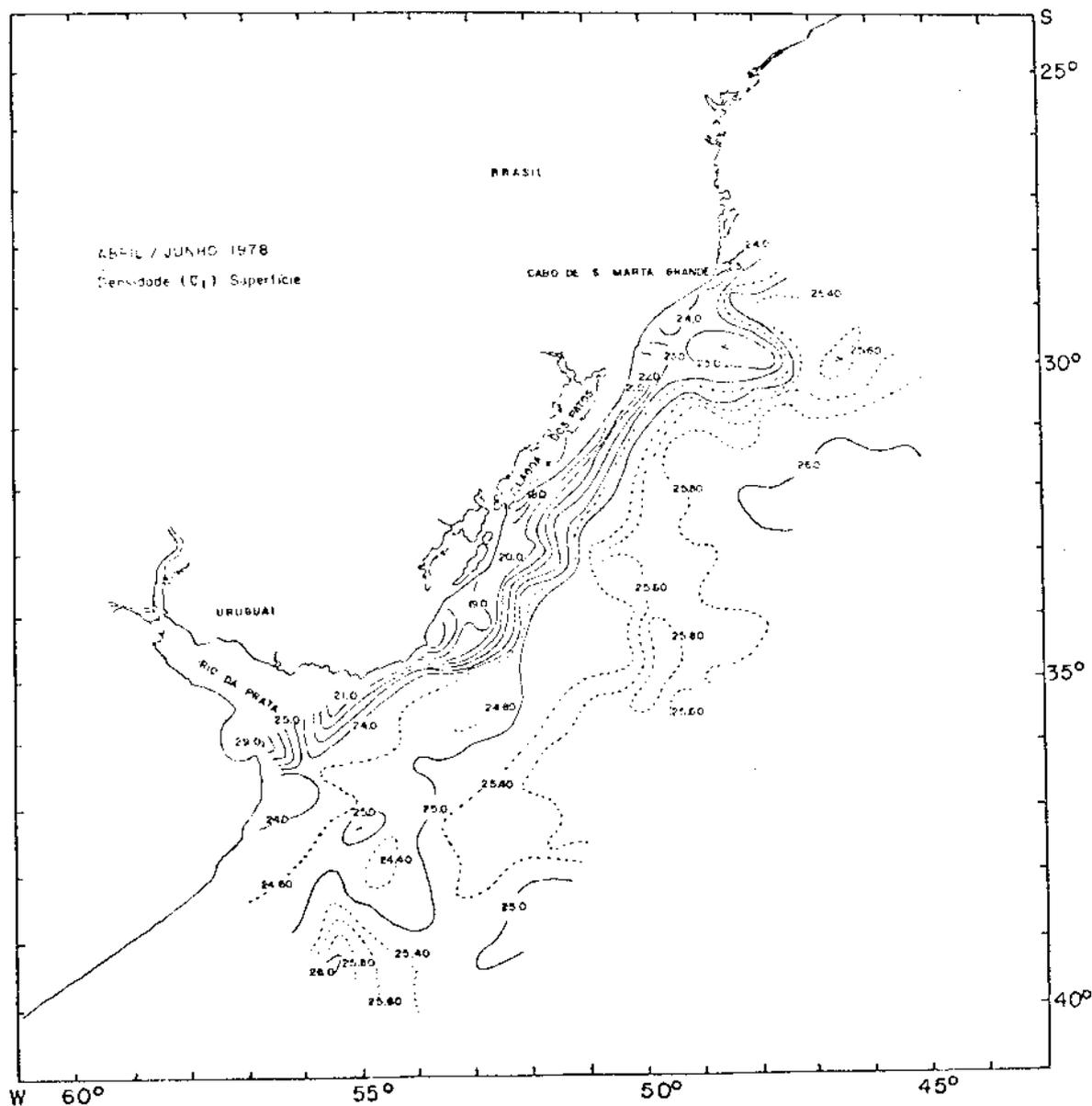


Fig. 3.43 - Distribuição horizontal de sigma-t na superfície - Outono/1978.

Da análise conjunta da distribuição de temperatura e de salinidade na superfície, pode-se notar que, ainda que ocorra a frente de salinidade na região entre 35°sul e 29°sul , esta encontra-se próxima à região costeira. Entretanto, neste intervalo de latitude a frente de temperatura tende a situar-se na região oceânica, onde a variação de salinidade não é tão proeminente, mas similar ao observado na região abaixo de 35°sul .

Pode-se observar que a Frente Ocoânica Subtropical, formada por uma maior contribuição entre águas Subantártica, Subtropical e Tropical, encontra-se melhor definida abaixo de 34°sul . Particularmente entre 33°sul e 34°sul , esta frente apresenta características de águas costeiras e Subtropical. Acima de 33°sul esta frente envolve a contribuição de águas costeiras, Subtropical e Tropical. Não se exclui, entretanto, a possibilidade da influência das águas de origem Subantártica, transportadas pelo ramo costeiro da Corrente das Malvinas em direção às menores latitudes, na contribuição da formação desta frente, tendo suas características originais alteradas sobre a plataforma continental.

2) Distribuição horizontal da topografia dinâmica da superfície relativa à 1000 dbar - Outono/1978

A distribuição da circulação na superfície relativa ao nível de referência de 1000 dbar foi construída utilizando-se 77 estações oceanográficas (Figura 3.44).

Verifica-se na região norte a ocorrência de um vórtice com sentido anti-horário, centrado em $31^{\circ}40'\text{sul}$ e $047^{\circ}36'\text{oeste}$, com o seu diâmetro maior de 110 km e velocidade relativa de 49 km/dia (57 cm/s). Este vórtice é caracterizado por valores de temperatura e salinidade relativamente maiores que os de sua vizinhança (Figuras 3.41 e 3.42). A massa de água predominante é a Tropical transportada pela Corrente do Brasil que flui entre 30°sul e 35°sul , de forma caracteristicamente sinuosa, não apresentando um comportamento bem definido em direção aos

pólos. As ramificações a leste do fluxo de água da Corrente do Brasil, em 34° sul e 049° oeste, apresentam uma velocidade relativa da ordem de 52 km/dia (60 cm/s). Próximo a 38° sul a velocidade relativa é de 22 km/dia (25 cm/s), intensificando-se um pouco mais ao sul (39° sul), com 44 km/dia (51 cm/s), na zona da Convergência Subtropical. A velocidade média relativa, entre 35° sul e 40° sul, do sistema de correntes é de aproximadamente 36 km/dia (42 cm/s).

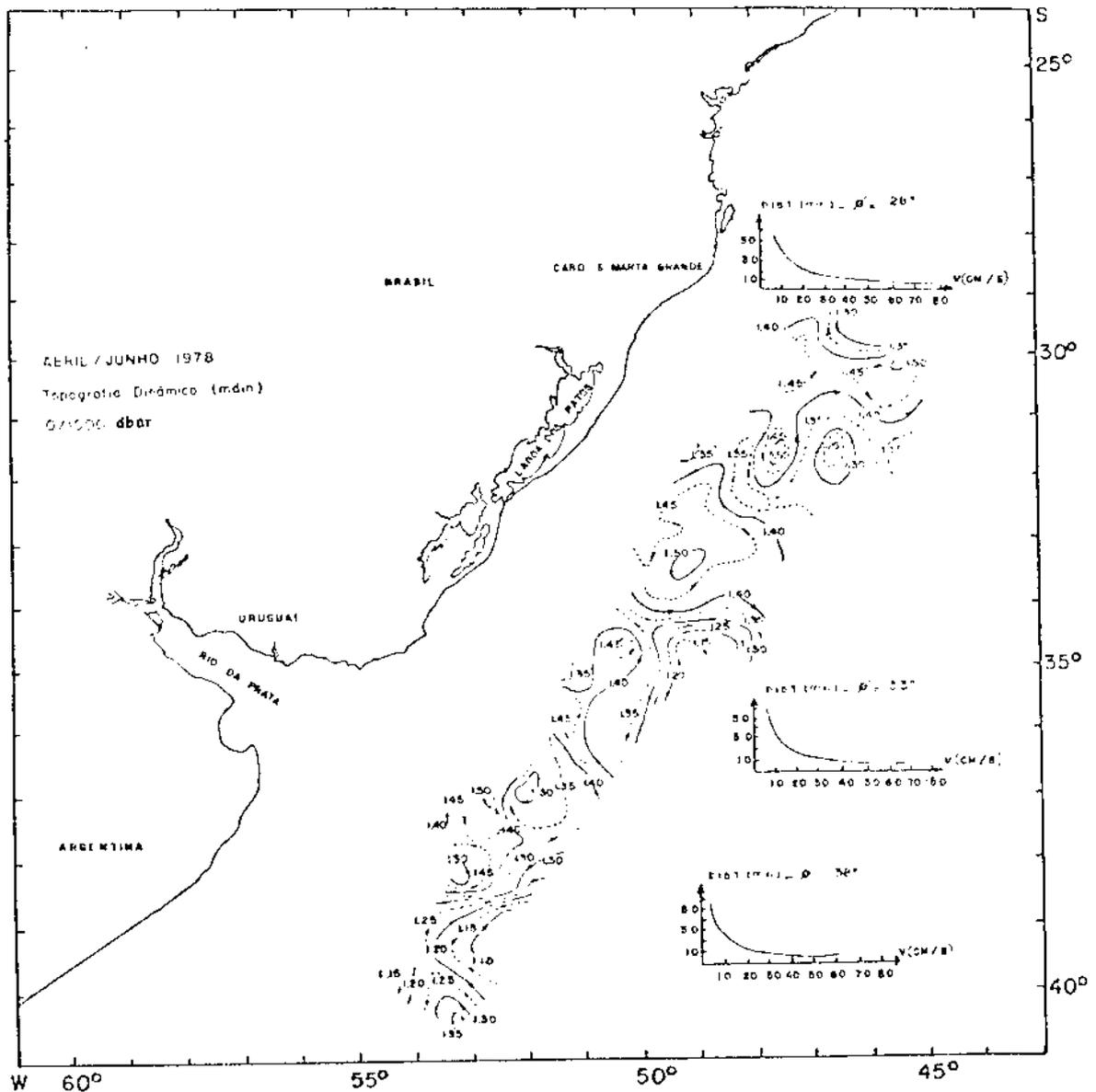


Fig. 3.44 - Topografia dinâmica da superfície relativa a 1000 dbar - Outono/1978.

3) Secções verticais de temperatura, salinidade e sigma-t -
Outono/1978

Na estação do outono foram consideradas as seguintes secções verticais perpendiculares à costa: na região sul ($35^{\circ}\text{sul}-40^{\circ}\text{sul}$), secção S0 (Sul/Outono), com 7 estações oceanográficas distribuídas em 500 km; na região central ($30^{\circ}\text{sul}-35^{\circ}\text{sul}$), secção C0 (Central/Outono), com 10 estações oceanográficas distribuídas em 450 km; na região norte ($25^{\circ}\text{sul}-30^{\circ}\text{sul}$), secção N0 (Norte/Outono), com 9 estações oceanográficas distribuídas em 470 km. A secção vertical ao longo da costa ($30^{\circ}\text{nordeste}$) contém 21 estações oceanográficas distribuídas em 1435 km (Figura 3.40).

a) Secção vertical perpendicular à costa S0 (Sul/Outono)

Temperatura: No prolongamento da borda da plataforma continental, observa-se uma frente de temperatura ascendente (Figura 3.45), centrada na estação 4782, a 190 km da costa, envolvendo valores de temperatura entre $7,0^{\circ}\text{C}$ e $13,0^{\circ}\text{C}$ ao longo desta estação. Esta frente é formada pela interação entre as águas costeiras com influência de Água Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas e Água Subtropical com influência de Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil. A maior contribuição das águas transportadas pela Corrente das Malvinas pode ser observada ao longo da estação 4782, próximo à superfície e até 100 metros de profundidade. Na região oceânica, a 370 km da costa, próximo à estação 4780, o núcleo da Corrente do Brasil encontra-se nos primeiros 90 metros de profundidade, com um máximo de temperatura de $21,78^{\circ}\text{C}$ na superfície.

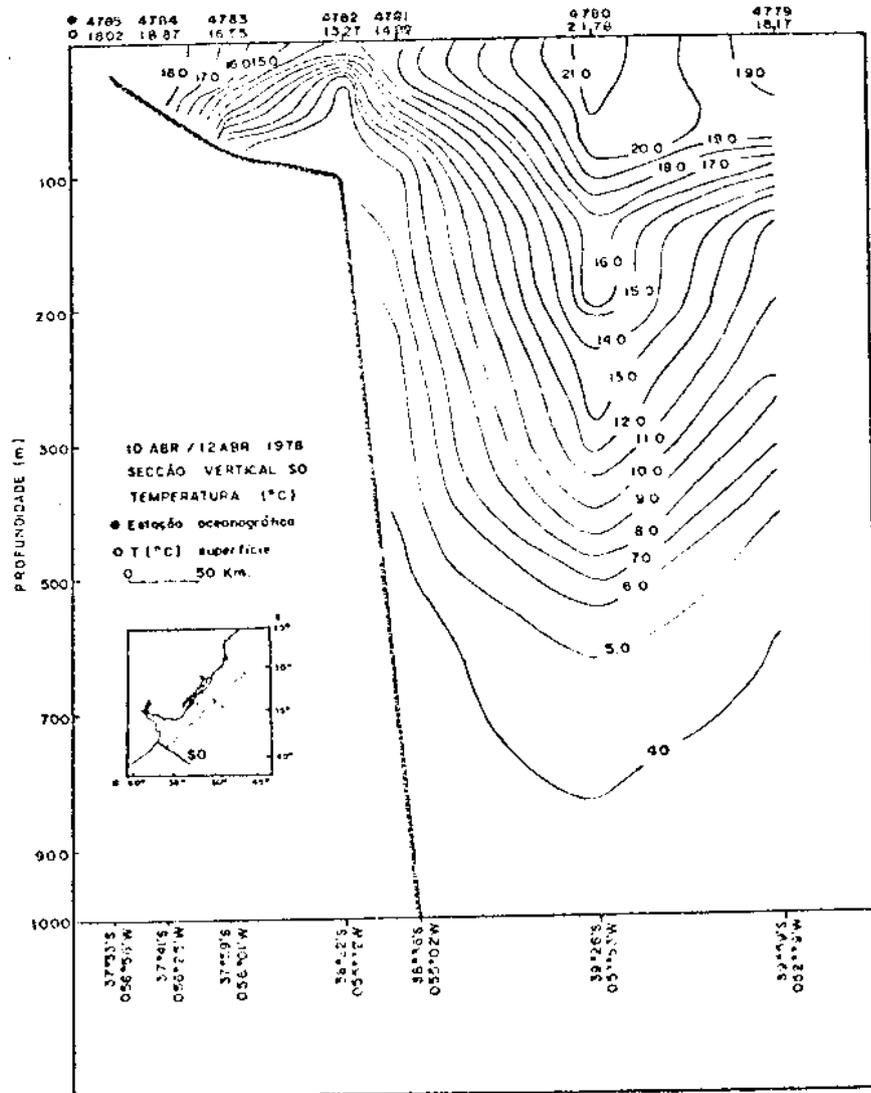


Fig. 3.45 - Estrutura vertical de temperatura na secção S0 - Outono/1978.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

Salinidade: As intensificações da estrutura vertical das isohalinas (Figura 3.46) situam-se praticamente na região oceânica, a partir da estação 4781, a 220 km da costa, decorrentes da interação entre massas de água Subtropical com influência das águas Subantártica e Tropical. Esta última é caracterizada por uma célula com salinidade máxima de $36,38^{\circ}/\text{oo}$ na superfície, situada ao longo da estação 4780, a 370 km da costa, localizada nos primeiros 100 metros de profundidade.

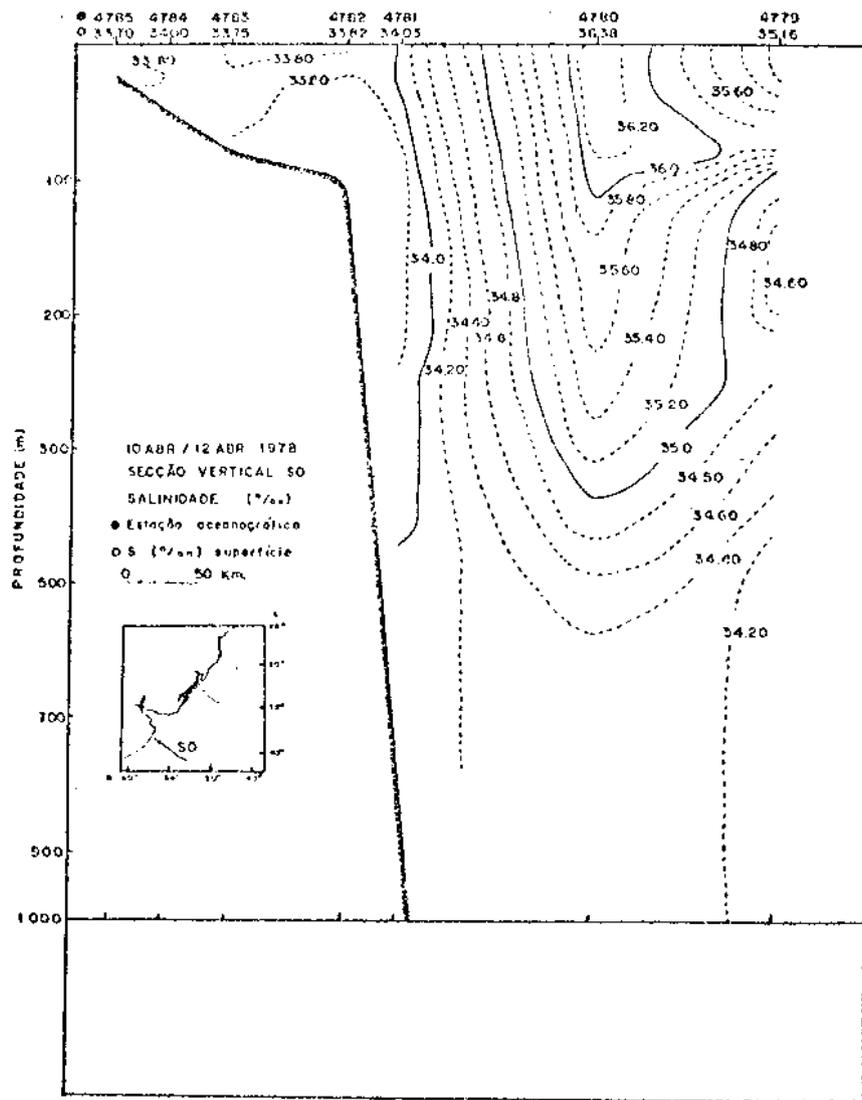


Fig. 3.46 - Estrutura vertical de salinidade na secção S0 - Outono/1978.

Sigma-t: A estrutura vertical de sigma-t na secção S0 (Figura 3.47) acompanha de forma similar o campo de temperatura, caracterizada pela frente ascendente das isopcinais, na borda da plataforma continental, envolvendo massas de água mais densas, com 26,0 unidades de sigma-t, aos 20 metros de profundidade.

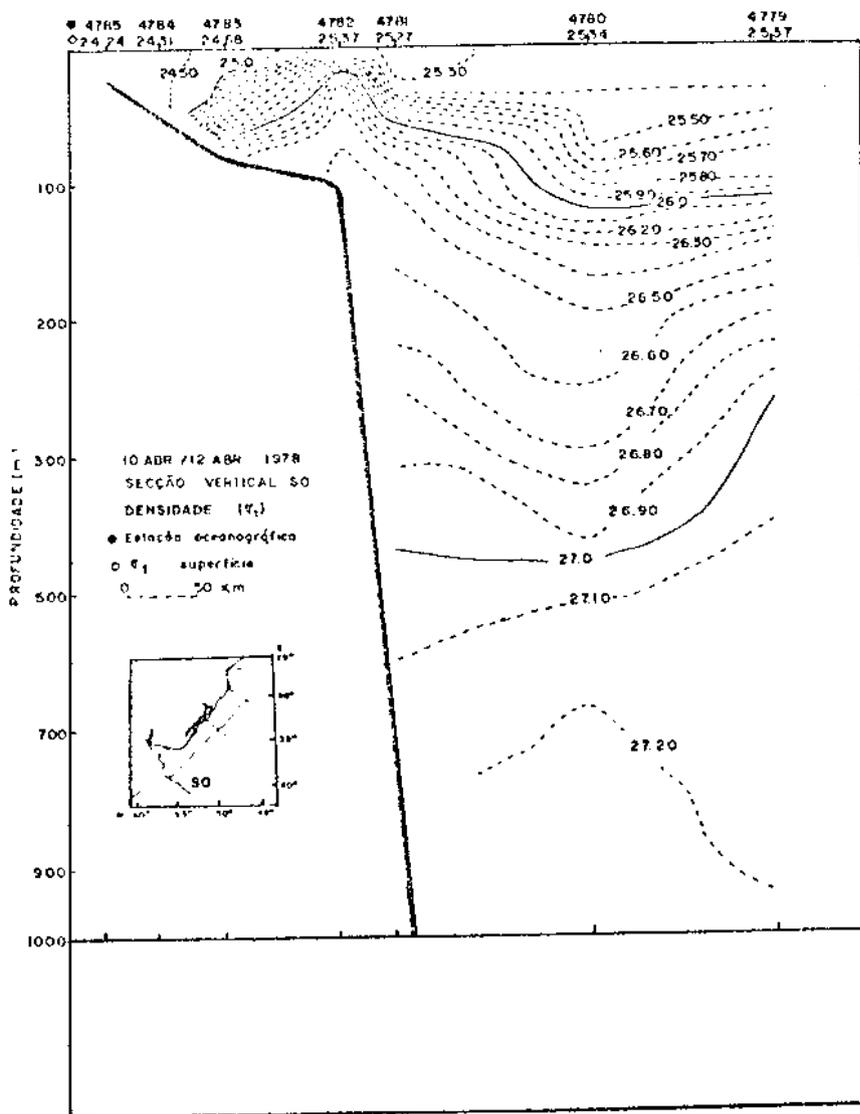


Fig. 3.47 - Estrutura vertical de sigma-t na secção S0 - Outono/1978.

Analisando o conjunto de secções verticais de temperatura, salinidade e sigma-t, verifica-se que a massa de água Subantártica, transportada pela Corrente das Malvinas com influência de águas costeiras, predomina praticamente ao longo da plataforma continental. Entre as estações 4781 e 4779, a 230 e 500 km da costa, respectivamente, encontra-se a massa de água Subtropical, atingindo 400 metros de profundidade. Nas proximidades da estação 4780, a 370 km da costa, a massa de água Tropical transportada pela Corrente do Brasil ocupa os primeiros 100 metros de profundidade, com extensão de 60 km. Verifica-se com este perfil, o avanço das ramificações da Corrente do Brasil em direção às maiores latitudes (39° sul), em superfície e profundidade.

b) Secção vertical perpendicular à costa C0 (Central/Outono)

Temperatura: A estrutura vertical de temperatura na secção C0 (Figura 3.48) mostra um núcleo isotermal com temperaturas em torno de $21,0^{\circ}\text{C}$, características da massa de água transportada pela Corrente do Brasil. Este núcleo é observado entre as estações 4879 e 4875, centrado a 230 km da costa, com extensão aproximada de 150 km, próximo à superfície e até 150 metros de profundidade máxima. Ao longo da plataforma continental verifica-se um alinhamento vertical das isotermas, o que sugere a influência de águas costeiras provenientes possivelmente das regiões da Barra do Rio Grande e do Rio da Prata, no fluxo desta corrente. As águas costeiras contribuem na formação da frente de temperatura, centrada aproximadamente a 100 km da costa, variando entre $18,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$. Esta frente é formada principalmente devido à afluência das águas Subtropical e Tropical, como pôde-se verificar na distribuição horizontal de temperatura na superfície (Figura 3.41).

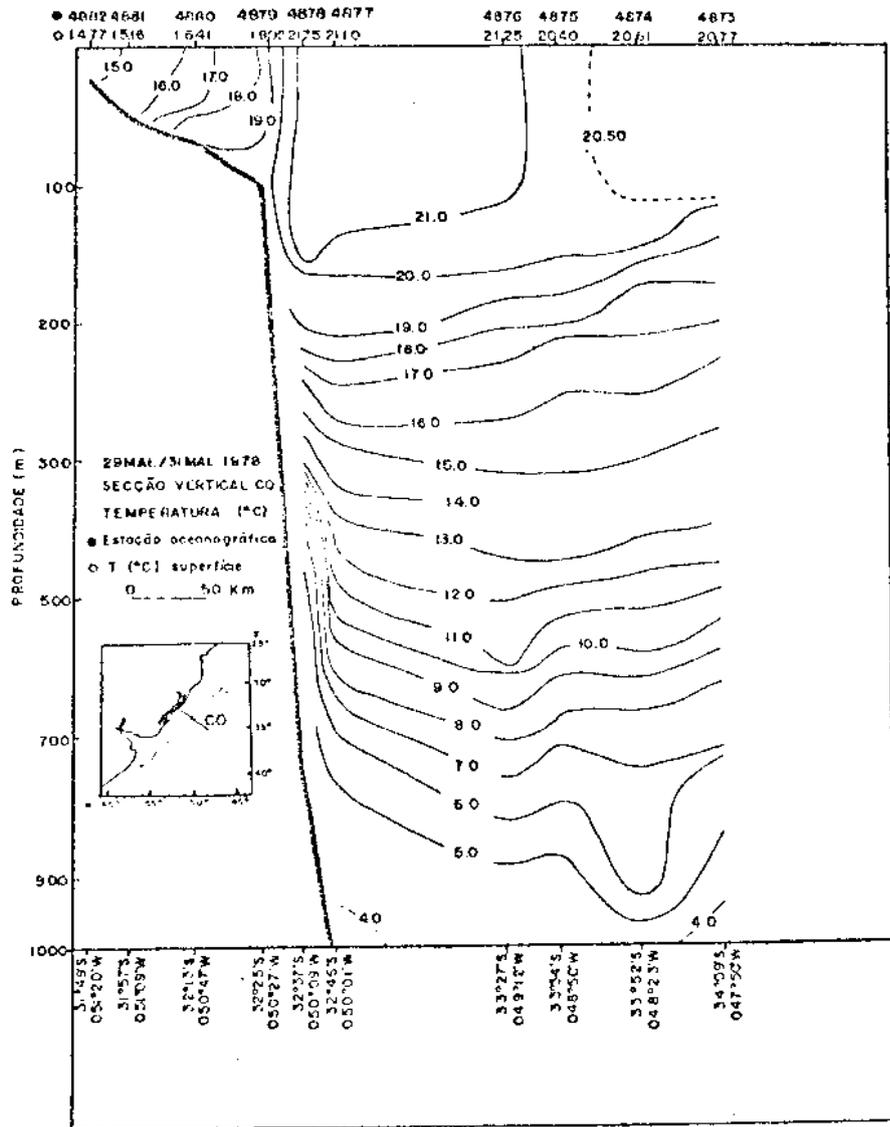


Fig. 3.48 - Estrutura vertical de temperatura na secção C0 - Outono/1978.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

Salinidade: Entre as estações 4878 e 4873, ou seja, na região do talu de continental e em direção à região oceânica, a estrutura vertical de salinidade (Figura 3.49) apresenta pouca variação $36,0^{\circ}/\text{oo}$ - $36,60^{\circ}/\text{oo}$, entre a superfície e 200 metros de profundidade, que caracteriza as águas transportadas pela Corrente do Brasil. O núcleo desta corrente, delimitado pela isohalina de $36,60^{\circ}/\text{oo}$, ocupa a mesma localidade de

seu núcleo de máximas temperaturas, observado na estrutura vertical de temperatura. As águas costeiras ao longo da plataforma continental ocupam uma extensão de aproximadamente 80 km, com valores de salinidade que variam entre $27,0^{\circ}/\text{oo}$ e $34,0^{\circ}/\text{oo}$, observando-se, portanto, forte intensificação desta propriedade nesta região. Sobre a plataforma continental, a água de origem Subtropical encontra-se próxima à estação 4879, ocupando os primeiros 100 metros de profundidade. Na região oceânica esta massa de água, que é parte da Água Central do Atlântico Sul, encontra-se entre 200 e 500 metros de profundidade.

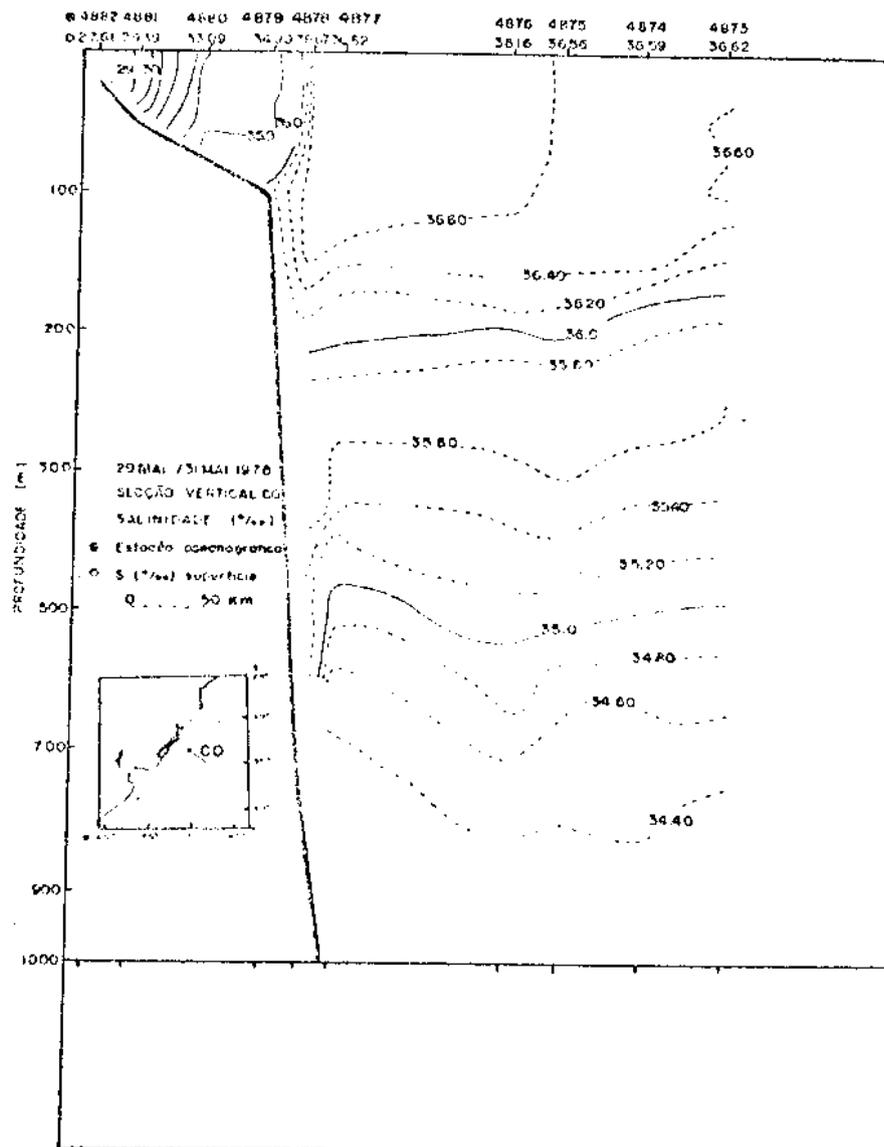


Fig. 3.49 - Estrutura vertical de salinidade na secção C0 - Outono/1978.

Sigma-t: A estrutura vertical de sigma-t (Figura 3.50) acompanha de forma similar tanto a estrutura vertical de temperatura, como a de salinidade, ou seja, as intensificações concentram-se na região da plataforma continental, sendo relativamente homogênea na região oceânica. O núcleo da Corrente do Brasil é observado também nesta estrutura vertical, definido pela isopocinal de 25,80 unidades de sigma-t nos primeiros 200 metros de profundidade.

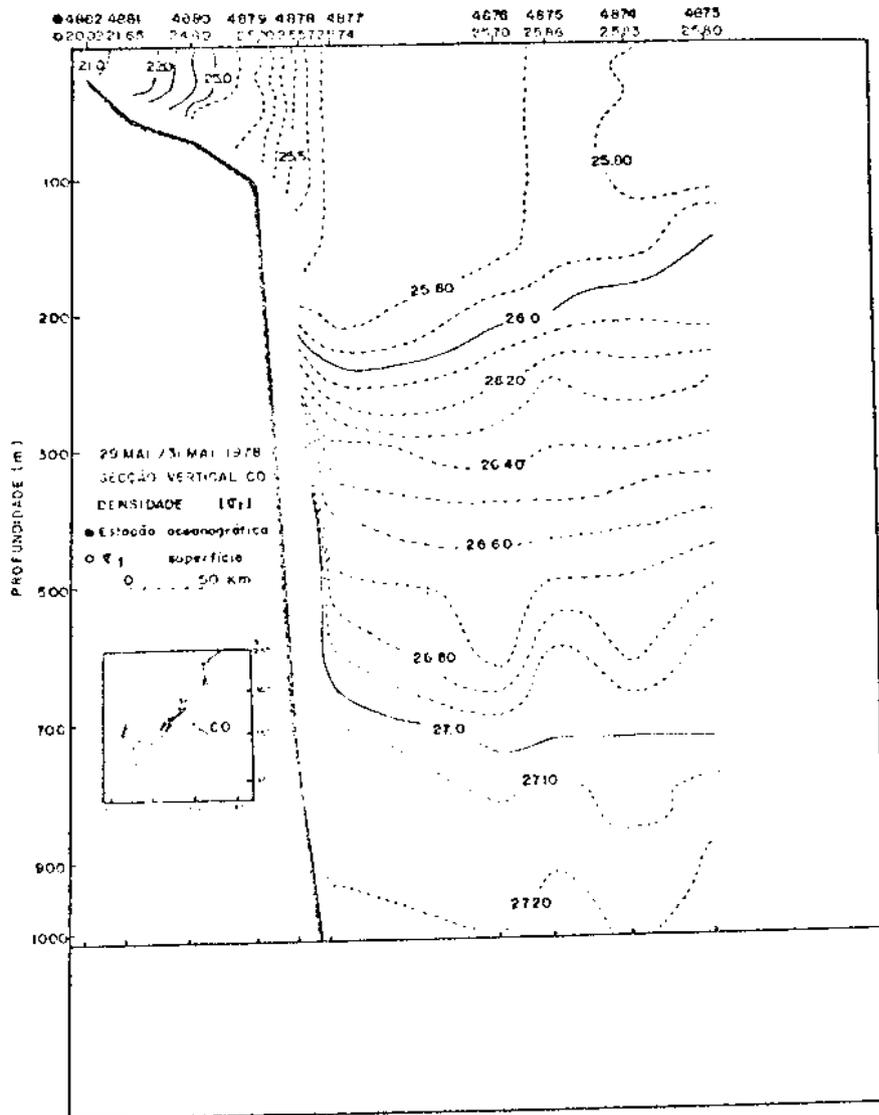


Fig. 3.50 - Estrutura vertical de sigma-t na secção CO - Outono/1978.

As características da secção vertical CO indicam que a Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil é a predominante, dista 150 km da costa e ocupa os primeiros 200 metros de profundidade. As estruturas verticais de temperatura, salinidade e sigma-t mostram claramente a presença do núcleo desta corrente. Ao longo da plataforma continental predominam as águas costeiras e Subtropical. Na região oceânica, entre 200 e 500 metros de profundidade, encontra-se a água de origem Subtropical, seguida da Água Intermediária Antártica.

c) Secção vertical perpendicular à costa NO (Norte/Outono)

Temperatura: Na região costeira, próximo à estação 4943 (Figura 3.51), a 100 km da costa, observa-se uma pequena frente de temperatura de fraca intensidade com valores entre $19,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$, com extensão de 25 km, localizada nos primeiros 25 metros de profundidade. Esta frente é formada pelas águas costeiras e águas de origem Subtropical, com influência de Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil. Ao longo da região oceânica, na camada de mistura, o campo de temperatura é relativamente uniforme, variando em torno de $21,0^{\circ}\text{C}$ e $22,0^{\circ}\text{C}$, o que indica a maior ocorrência da Corrente do Brasil. Nesta região, entre 100 e 150 metros de profundidade, o fluxo de água com temperatura entre $17,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$ estende-se horizontalmente em direção à região costeira, com máxima intensificação ascendente ao longo da estação 4947, a 350 km da costa. Valores de temperatura característicos da massa de água de origem Subtropical, entre $10,0^{\circ}\text{C}$ e $20,0^{\circ}\text{C}$, são observados na região oceânica, entre 100 e 570 metros de profundidade.

Salinidade: Na estrutura vertical de salinidade, na secção NO (Figura 3.52), ao longo da plataforma continental, o núcleo de águas costeiras, Subtropical e Tropical encontra-se nos primeiros 35 metros de profundidade, com valores que variam entre $32,50^{\circ}/\text{oo}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$. Da mesma forma que na estrutura vertical de temperatura, o campo de salinidade na região oceânica e do talude é relativamente homogêneo, acima de 80 metros de profundidade, variando entre $36,60^{\circ}/\text{oo}$ e $36,74^{\circ}/\text{oo}$, que evidenciam a presença de Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil.

Valores de salinidade entre $35,0^{\circ}/\text{oo}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$, característicos da água de origem Subtropical situam-se entre 110 e 550 metros de profundidade, na região oceânica.

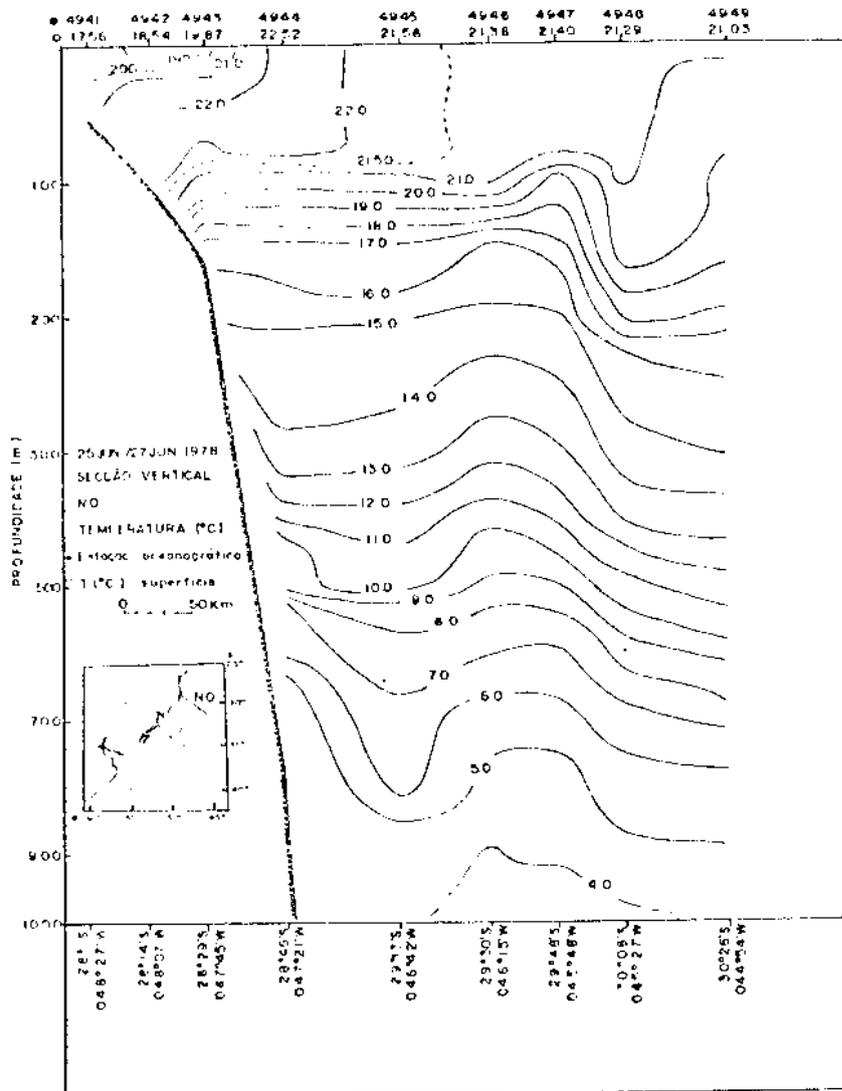


Fig. 3.51 - Estrutura vertical de temperatura na secção NO - Outono/1978.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

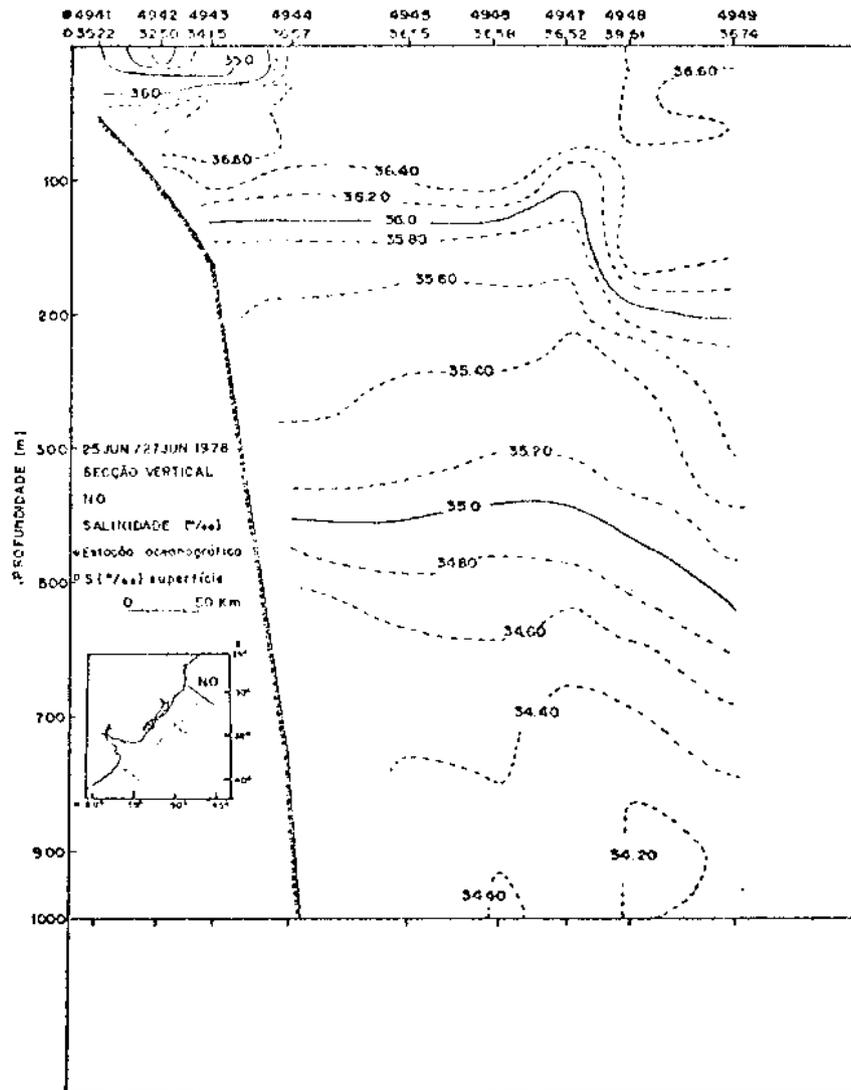


Fig. 3.52 - Estrutura vertical de salinidade na secção NO - Outono/1978.

Sigma-t: Na região costeira, a estrutura vertical de sigma-t (Figura 3.53) comporta-se de forma similar ao campo de temperatura e de salinidade, mantendo uma frente de sigma-t. Na região oceânica, nos primeiros 100 metros, verifica-se um alinhamento relativamente vertical das isopcinais, similar à estrutura de temperatura.

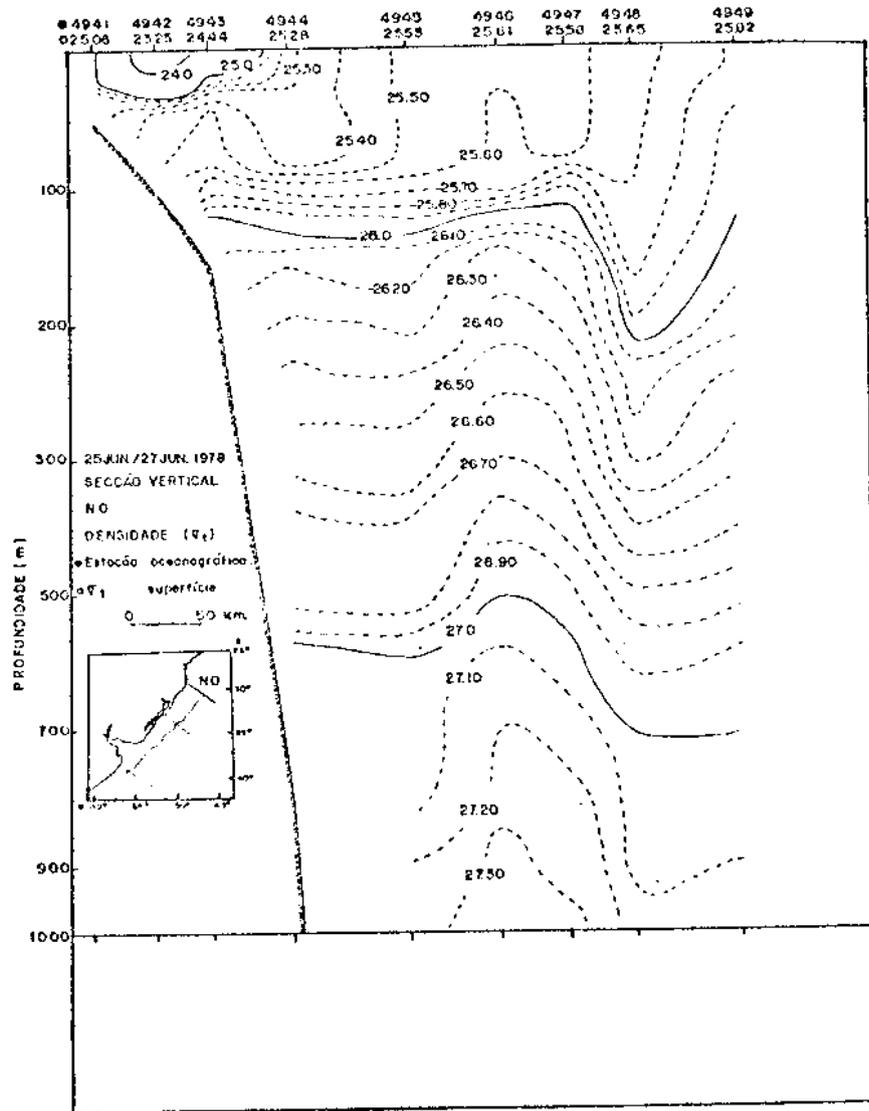


Fig. 3.53 - Estrutura vertical de sigma-t na secção NO - Outono/1978.

Na secção NO, a massa de água predominante é a Tropical transportada pela Corrente do Brasil, distante em superfície aproximadamente 140 km da costa, e na subsuperfície, a 35 metros de profundidade, encontra-se distante 20 km da costa; na região oceânica pode ser observada aproximadamente até 200 metros de profundidade. A massa de água de origem Subtropical está presente entre 110 e 550 metros, e logo abaixo observa-se a Água Intermediária Antártica.

d) Secção vertical ao longo da costa - Outono/1978

O extremo sul desta secção está localizado em $38^{\circ}34'$ sul $-056^{\circ}38'$ oeste e o extremo norte em $29^{\circ}30'$ sul $-046^{\circ}15'$ oeste.

Temperatura: Na região sul (Figura 3.54), ao longo da plataforma continental e na direção da região do talude, entre as estações 4773 ($38^{\circ}34'$ sul) e 4838 ($34^{\circ}43'$ sul), observa-se nos primeiros 100 metros forte intensificação das isothermas, com temperaturas que variam entre $8,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$. Ao longo da plataforma continental, esta intensificação na subsuperfície representa uma extensão da termoclina, cujos valores de temperatura variam entre $8,0^{\circ}\text{C}$ e $14,0^{\circ}\text{C}$, caracterizando a influência de Água Subantártica.

Nas proximidades do prolongamento da borda da plataforma continental, a frente de temperatura caracterizada pela compressão vertical das isothermas forma uma "parede" termal, variando entre $15,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$. Neste caso, a frente de temperatura decorre da afluência de Água Subantártica com pequena influência de águas costeiras, águas Subtropical e Tropical. Esta frente delimita-se, na região acima do talude continental, com um núcleo da Corrente do Brasil definido pela isoterma de $21,0^{\circ}\text{C}$, com 330 km de extensão, que atinge a profundidade máxima de 175 metros. No interior deste núcleo, ao longo da estação 4858 ($33^{\circ}41'$ sul), observa-se uma pequena intensificação das isothermas, com temperaturas que variam entre $20,0^{\circ}\text{C}$ e $23,0^{\circ}\text{C}$, entre a superfície e 80 metros de profundidade. Nesta mesma localidade, próximo de 33° sul, abaixo de 100 metros de profundidade, a configuração da estrutura vertical de temperatura é caracterizada pela compressão vertical ascendente das isothermas ($6,0^{\circ}\text{C}$ - $21,0^{\circ}\text{C}$), possivelmente devido à influência da topografia de fundo que declina abruptamente a maiores profundidades. A configuração das isothermas mostra uma "parede" similar àquela observada no prolongamento da borda da plataforma continental, formada pela Água Subtropical com influência de Água Tropical em menores profundidades, e pela Água Intermediária Antártica nas maiores profundidades.

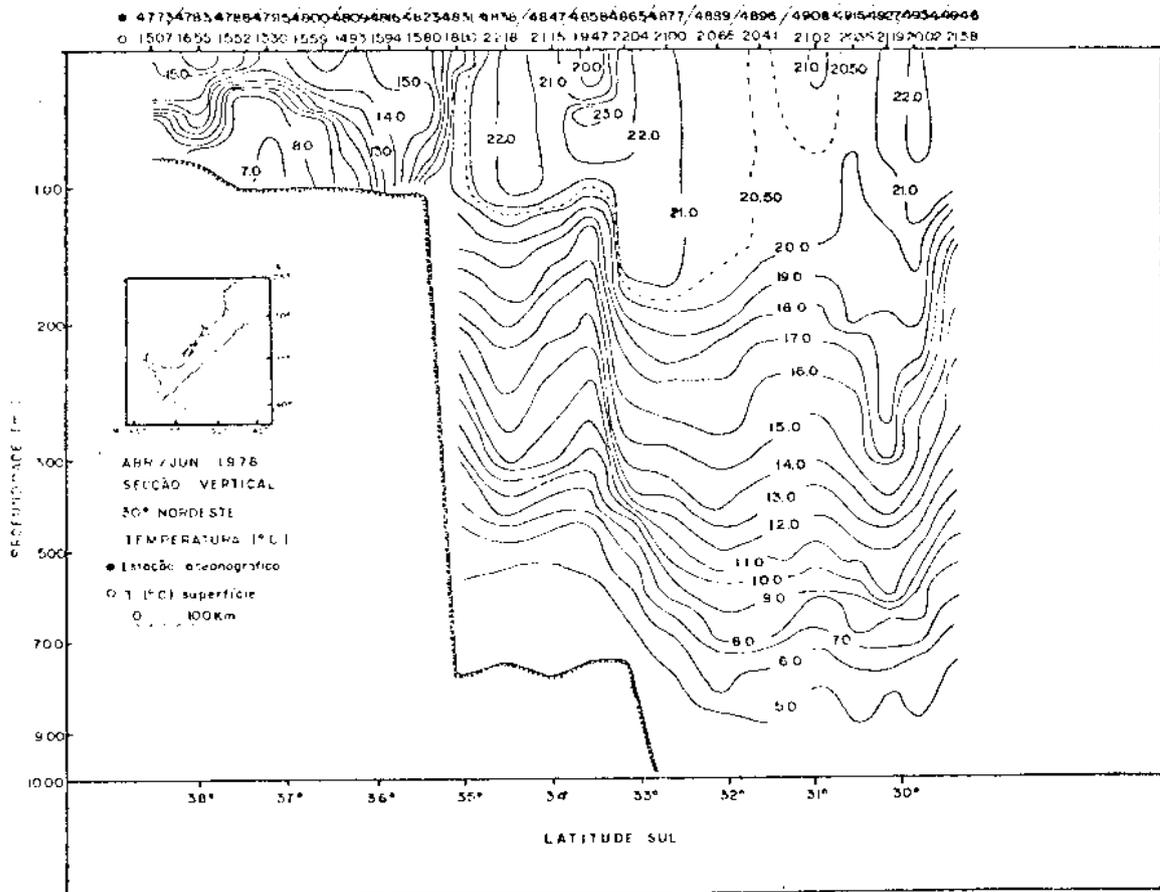


Fig. 3.54 - Estrutura vertical de temperatura na seção ao longo da costa - Outono/1978.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

Salinidade: Ao longo da plataforma continental, a estrutura vertical de salinidade (Figura 3.55) varia entre $33,60^{\circ}/\text{oo}$ e $35,0^{\circ}/\text{oo}$, predominando as águas costeiras com influência de Água Subantártica. Entre as estações 4823 ($35^{\circ}26'\text{su}$) e 4838 ($34^{\circ}44'\text{su}$), a frente de salinidade, caracterizada por uma compressão vertical das isohalinas, com valores que variam entre $34,0^{\circ}/\text{oo}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$, ocupa os primeiros 100 metros de profundidade, com aproximadamente 85 km de extensão na superfície. Envolve este mesmo intervalo de salinidade, observa-se um núcleo de Água Tropical com centro de Água Subtropical e águas costeiras na estação 4858 ($33^{\circ}41'\text{su}$), com 130 km de extensão, atingindo 40 metros de profundidade. Na região norte o campo de salinidade apresenta valores entre

36,0⁰/oo e 36,77⁰/oo nos primeiros 280 metros de profundidade, caracterizando a Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil. Esta corrente atinge as maiores latitudes (35⁰sul) na profundidade média de 80 metros.

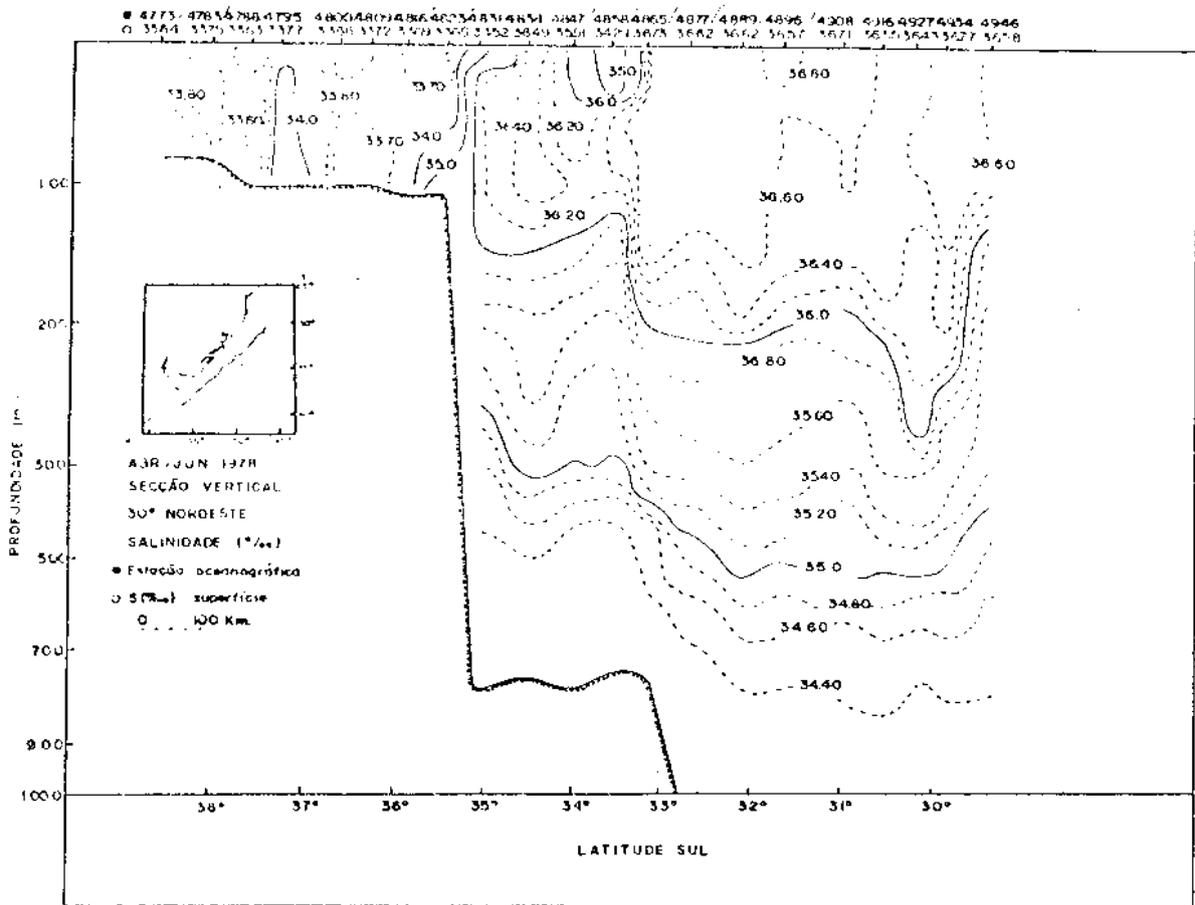


Fig. 3.55 - Estrutura vertical de salinidade na seção ao longo da costa - Outono/1978.

Sigma-t: A configuração das isopcinais (Figura 3.56), entre as estações 4773 (38⁰34'sul) e 4816 (35⁰57'sul), é controlada pelo campo de temperatura. Com aproximadamente 425 km de extensão, a frente de sigma-t na subsuperfície estende-se horizontalmente em direção à superfície, dissipando-se ao longo dela. No prolongamento da borda da plataforma continental, o campo de sigma-t é decorrente tanto da influência do campo de temperatura, como de salinidade, o mesmo ocorre na região central e norte.

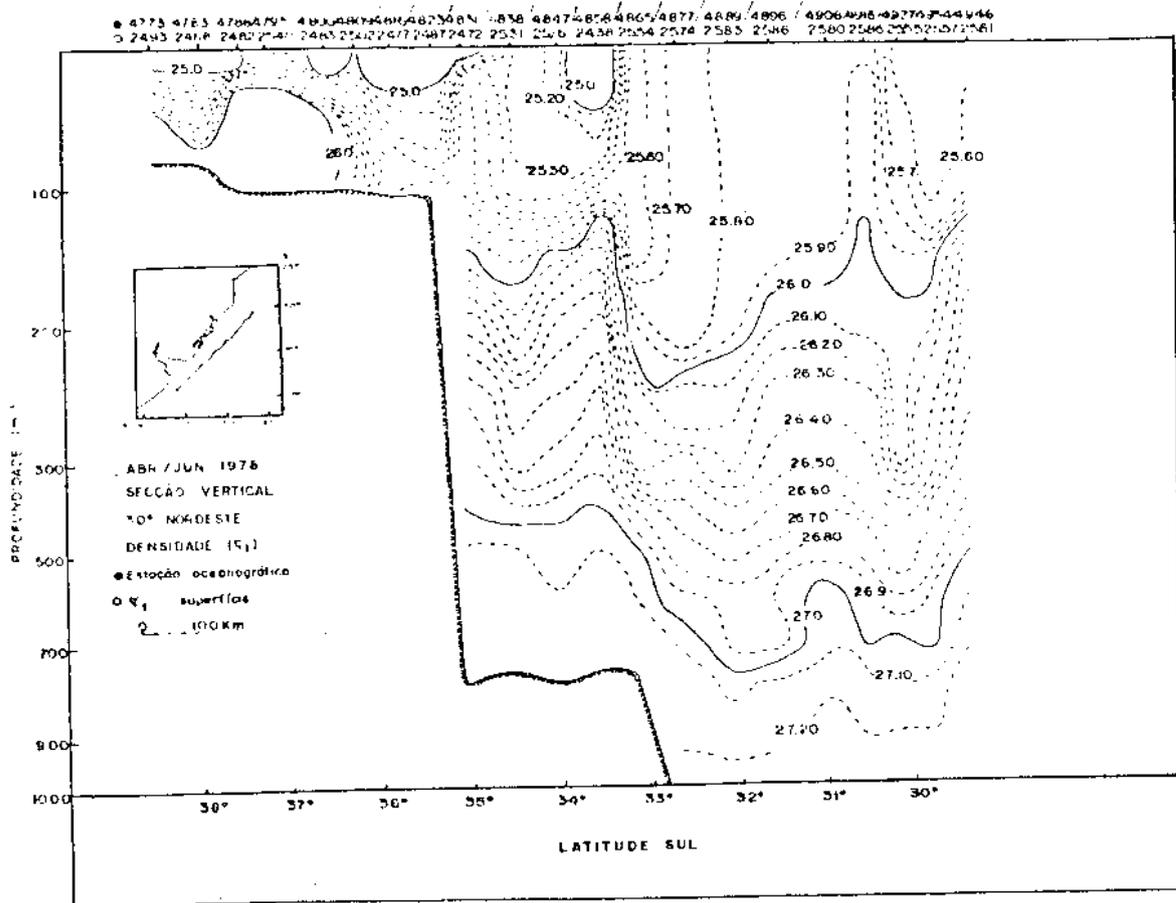


Fig. 3.56 - Estrutura vertical de sigma-t na secção ao longo da costa - Outono/1978.

3.1.4 - ANÁLISE DE DADOS OCEANOGRÁFICOS - INVERNO/1965

No inverno foram utilizados os dados da Comissão Oceanográfica 025 (Figura 3.57), realizada no período de 16 de julho a 19 de agosto de 1965. Esta comissão, efetuada no sentido norte/sul, possui um total de 93 estações oceanográficas; entretanto, foram utilizadas 69 estações, pois 24 daquelas foram efetuadas acima de 24° sul, portanto, fora da área de estudo. Um total de 8 perfis perpendiculares à costa e dois perfis transversais a foz do Rio da Prata foram considerados. Os perfis perpendiculares à costa contêm 57 estações oceanográficas distribuídas em 1830 km, espaçadas de 230 km em média. Os dois perfis situados na foz do Rio da Prata foram efetuados bem próximos um do ou

tro, e as informações utilizadas apenas como complementação para os perfis verticais próximos a eles. Estes perfis são indicados na distribuição horizontal de temperatura, salinidade e sigma-t na superfície pela área hachurada (Figuras 3.58, 3.59 e 3.60). Em média, cada perfil vertical perpendicular à costa contém 7 estações oceanográficas e extensão de 287 km.

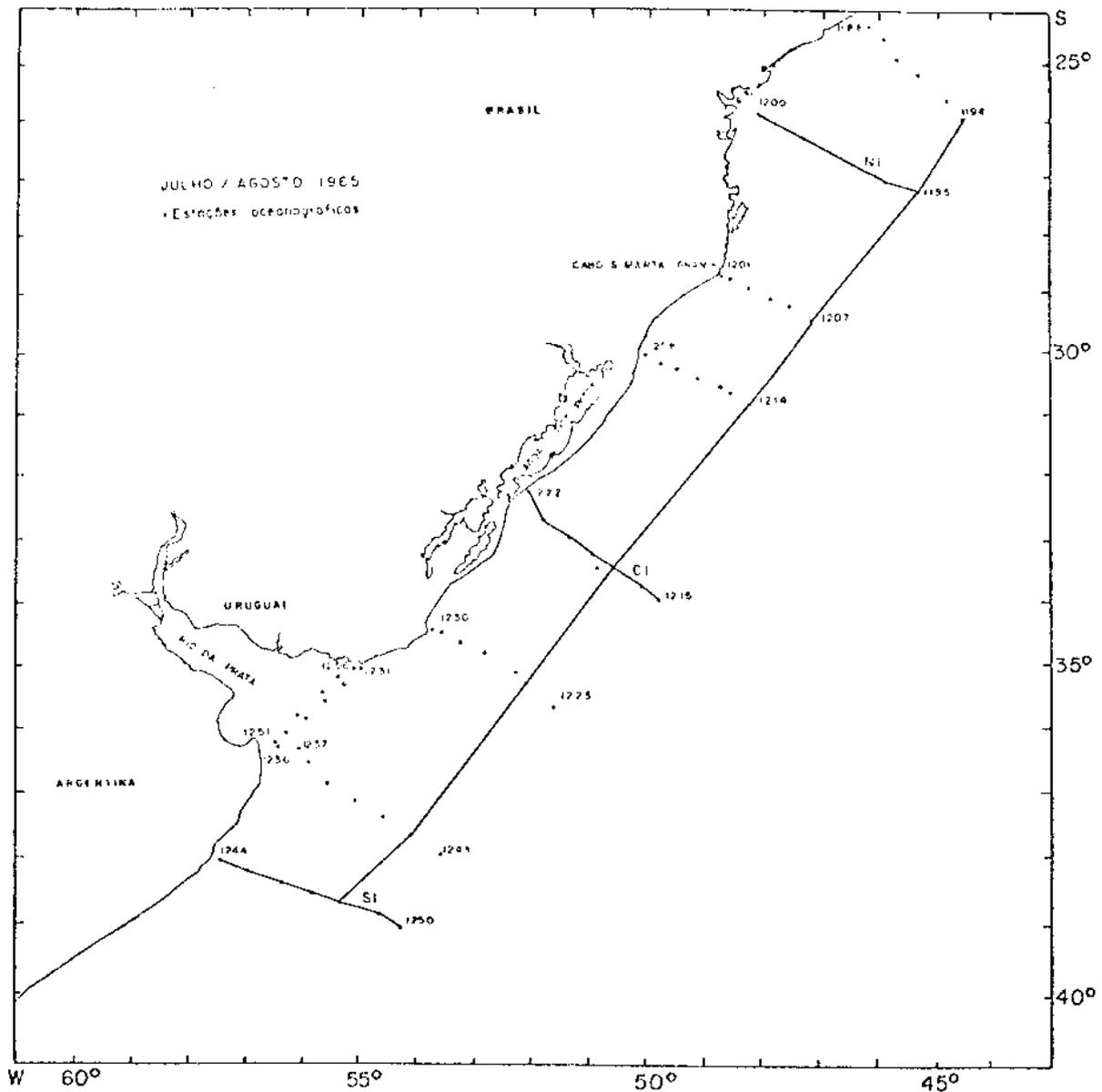


Fig. 3.57 - Localização das estações oceanográficas - Inverno/1965.

Os dados oceanográficos utilizados da referida comissão necessitaram um tratamento para melhorar sua qualidade. Diagramas T-S, perfis verticais de temperatura x profundidade, salinidade x profundidade, sigma-t x profundidade foram utilizados para este controle. Deve-se reconhecer que a qualidade dessa comissão comparada com as anteriores, apresenta um número bem menor de estações oceanográficas e, conseqüentemente, menor exatidão no estudo.

1) Distribuição horizontal de temperatura, salinidade e sigma-t na superfície - Inverno/1965

Temperatura: As máximas temperaturas observadas na distribuição horizontal desta propriedade no inverno (Figura 3.58) variam entre 20,0°C e 22,0°C, caracterizando a massa de água Tropical transportada pela Corrente do Brasil, na região entre 25°sul e 30°sul. Próximo a 29°sul e 30°sul, observa-se uma frente de temperatura que varia entre 17,0°C e 21,0°C, formada devido à afluência das águas de origem Subtropical, com pequena influência de águas costeiras, e Tropical.

Entre 30°sul e 33°sul, o campo de temperatura diminui de intensidade, sendo que abaixo de 33°sul torna-se novamente a intensificar. Neste intervalo, devido à pouca quantidade de informações na região oceânica, não se observam as águas transportadas pela Corrente do Brasil. Na região ao largo do estuário do Rio da Prata, pode-se notar que a frente de temperatura localizada a leste de 055°oeste é formada devido à contribuição das massas de água de origem Subantártica e Subtropical. Nesta região os valores de temperatura variam entre 6,0°C e 16,0°C. Considerando a distribuição analisada, nota-se que a frente de temperatura encontra-se entre 29°sul e 39°sul.

A área hachurada, indicada na foz do Rio da Prata, envolve valores de temperatura entre 11,0°C e 12,0°C, para uma distância de 195 km, ou seja, $5,1 \times 10^{-3}$ °C/km, não apresentando variações de importância.

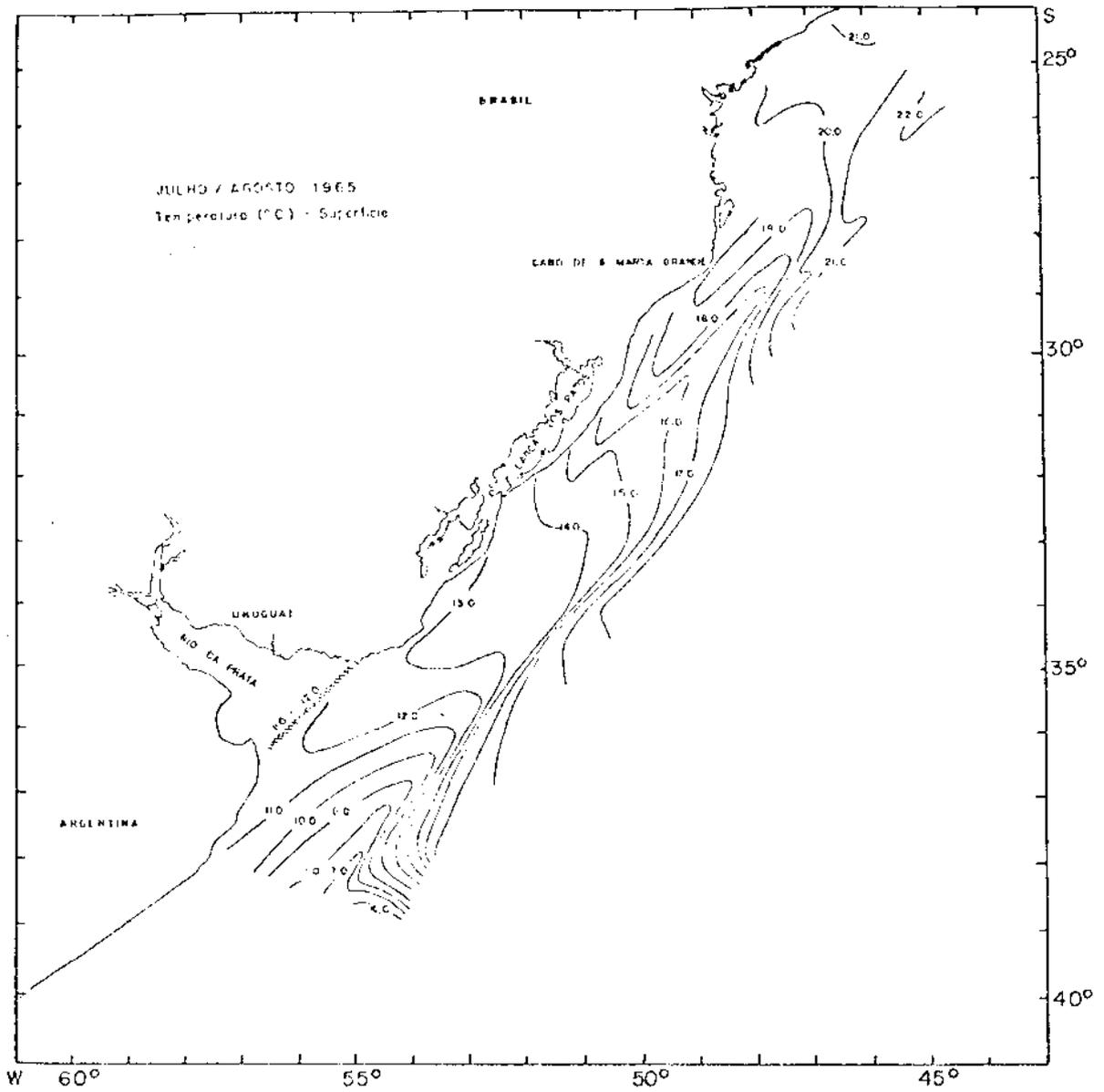


Fig. 3.58 - Distribuição horizontal de temperatura na superfície - Inverno/1965.

Salinidade: A frente de salinidade observada nesta distribuição (Figura 3.59) é mais intensa acima de 37° sul. Uma pluma de salinidade com valores que variam entre $29,0^{\circ}/\text{oo}$ e $32,0^{\circ}/\text{oo}$, proveniente da região do Rio da Prata, avança em direção à região central, contribuindo para a formação da frente de salinidade, ao largo da região da Barra do Rio Grande. Esta frente, envolvendo valores entre $31,0^{\circ}/\text{oo}$ e $35,0^{\circ}/\text{oo}$, desloca-se ao longo de 051° oeste e avança próximo de 32° sul, recebendo também a contribuição das águas de origem Subantártica, transportadas para o norte pelo ramo costeiro da Corrente das Malvinas, e da massa de água Subtropical.

Em direção às menores latitudes (29° sul), a frente de salinidade é menos intensa, variando entre $33,0^{\circ}/\text{oo}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$, onde se verifica a contribuição da massa de água Tropical transportada pela Corrente do Brasil, similar à frente observada na distribuição horizontal de temperatura na superfície. Nesta região há um incremento da salinidade em direção à região costeira em frente ao Cabo de Santa Marta Grande, formando um núcleo com salinidade maior que $35,0^{\circ}/\text{oo}$.

Na foz do Rio da Prata, a área hachurada corresponde a valores de salinidade que variam entre $21,0^{\circ}/\text{oo}$ e $32,0^{\circ}/\text{oo}$ ($\Delta S = 11,0^{\circ}/\text{oo}$) em 195 km, o que corresponde a $5,6 \times 10^{-2} \text{ }^{\circ}/\text{oo}/\text{km}$; portanto, observa-se, como é de se esperar, um gradiente mais intenso do que o de temperatura.

Sigma-t: O campo de sigma-t (Figura 3.60) acompanha de forma similar a distribuição horizontal de salinidade, na região próxima ao estuário do Rio da Prata, com valores que variam entre 22,0 e 26,0 unidades de sigma-t, o que indica ser a salinidade o principal fator na estratificação da densidade da água do mar em superfície nesta região, como observado nas estações precedentes. Na região costeira em frente ao Cabo de Santa Marta Grande, a pluma de alta salinidade é caracterizada nesta distribuição por valores de sigma-t maiores que 25,0 unidades de sigma-t.

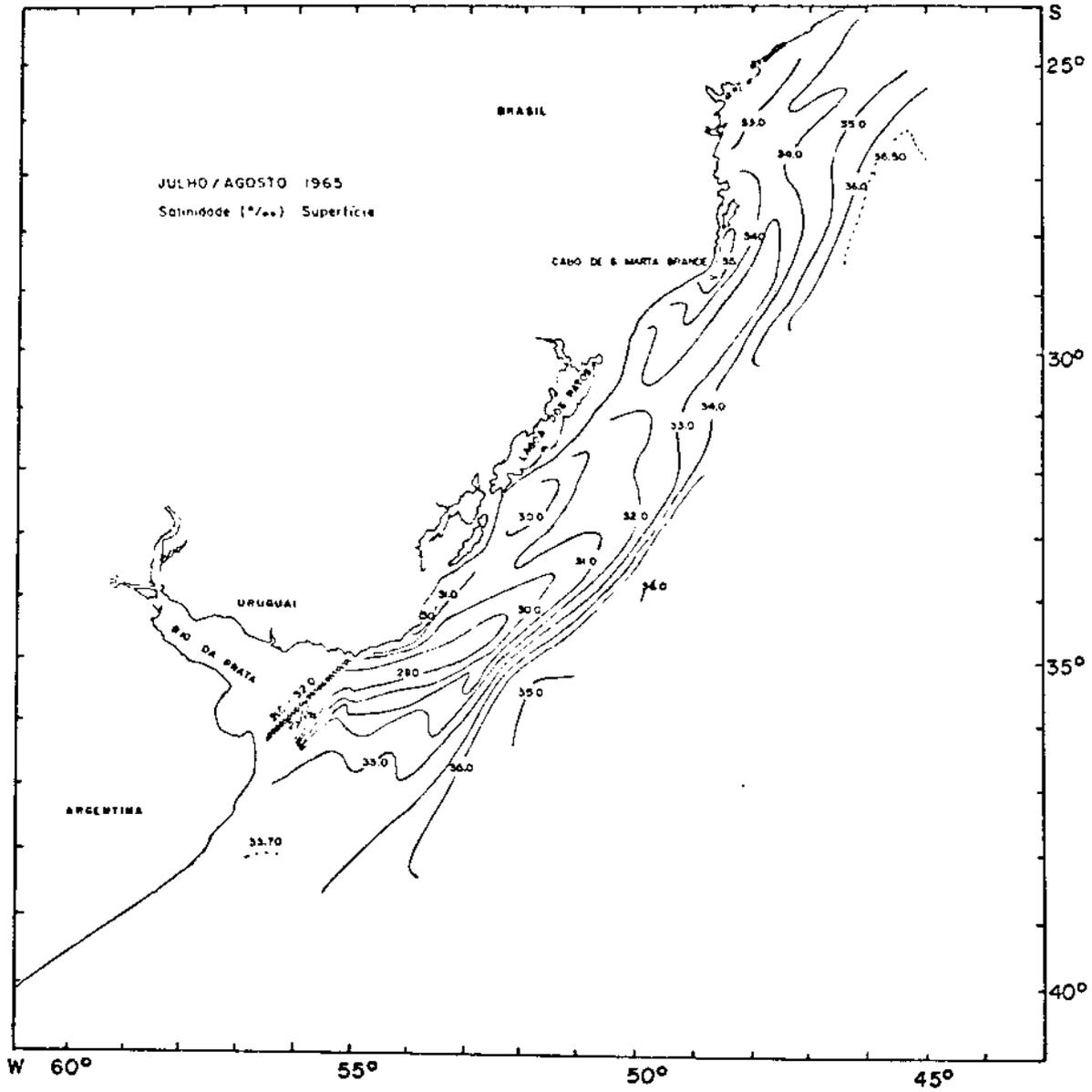


Fig. 3.59 - Distribuição horizontal de salinidade na superfície - Inverno/1965.

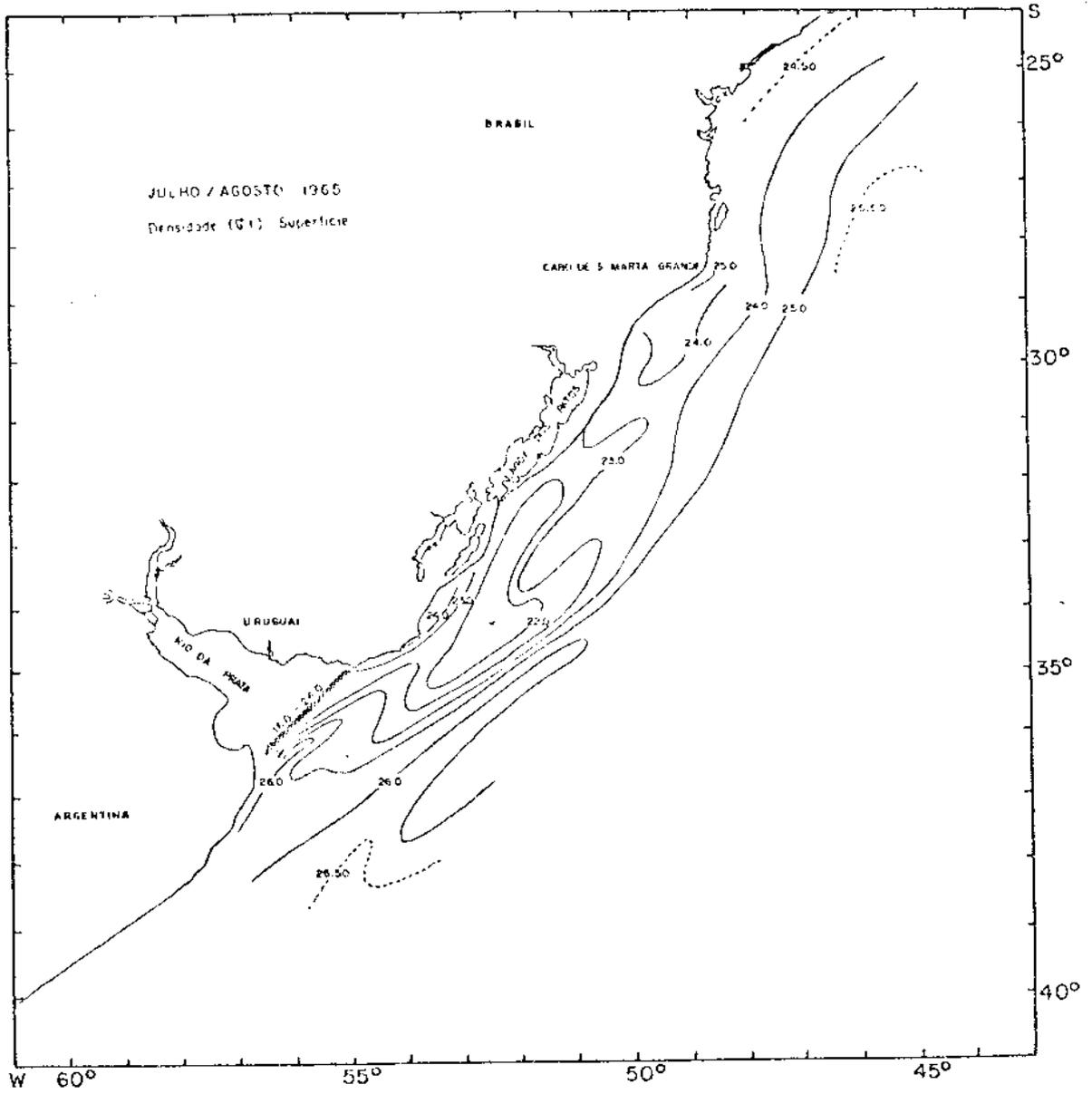


Fig. 3.60 - Distribuição horizontal de sigma-t na superfície - Inverno/1965.

A fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical é observada entre 29° sul e 39° sul, sendo que abaixo de 33° sul e entre 29° sul e 30° sul podem ser verificadas as maiores intensificações, principalmente na distribuição horizontal de temperatura na superfície.

2) Secções verticais de temperatura, salinidade e sigma-t - Inverno/1965

No inverno foram consideradas as seguintes secções verticais perpendiculares à costa: na região sul (35° sul- 40° sul), secção SI (Sul/Inverno), com 7 estações oceanográficas distribuídas em 340 km; na região central (30° sul- 35° sul), secção CI (Central/Inverno), com 8 estações oceanográficas distribuídas em 305 km; na região norte (25° sul- 30° sul), secção NI (Norte/Inverno), com 6 estações oceanográficas distribuídas em 370 km. A secção ao longo da costa (38° nordeste) contém somente 8 estações oceanográficas distribuídas em 1815 km (Figura 3.57).

a) Secção vertical perpendicular à costa SI (Sul/Inverno)

Temperatura: Ao longo da plataforma continental (Figura 3.61), as isoterms encontram-se relativamente afastadas, com alinhamento vertical em direção à superfície e temperaturas que variam entre $7,0^{\circ}\text{C}$ e $10,89^{\circ}\text{C}$. As menores temperaturas, entre $5,0^{\circ}\text{C}$ e $7,0^{\circ}\text{C}$, estão concentradas na região do talude e na região oceânica, nos primeiros 100 metros de profundidade. A temperatura mínima de $3,0^{\circ}\text{C}$ encontra-se a 600 metros de profundidade.

Salinidade: A estrutura vertical de salinidade na secção SI (Figura 3.62) é relativamente homogênea, e varia entre $33,60^{\circ}/\text{oo}$ e $34,20^{\circ}/\text{oo}$, desde a região costeira até a região oceânica, caracterizando as águas costeiras com influência de Água Subantártica, esta última com influência de Água Intermediária Antártica.

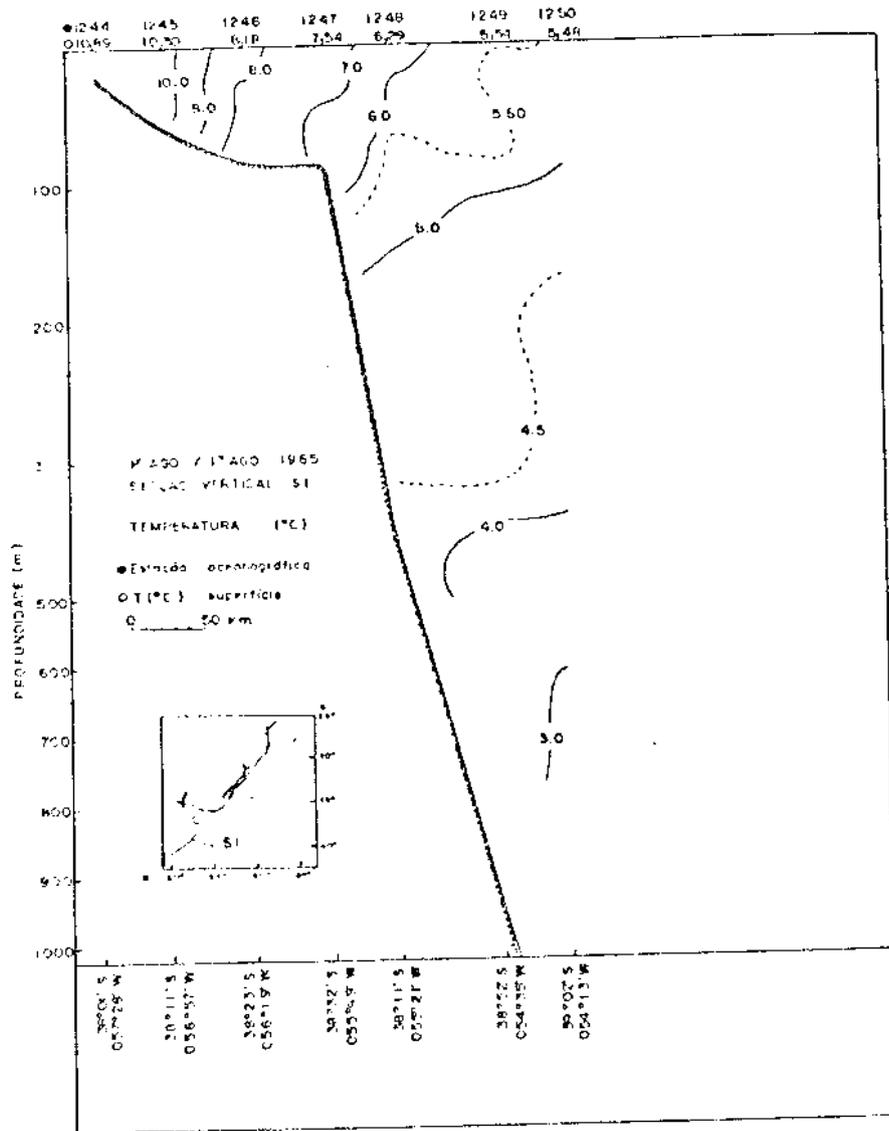


Fig. 3.61 - Estrutura vertical de temperatura na secção SI - Inverno/1965.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

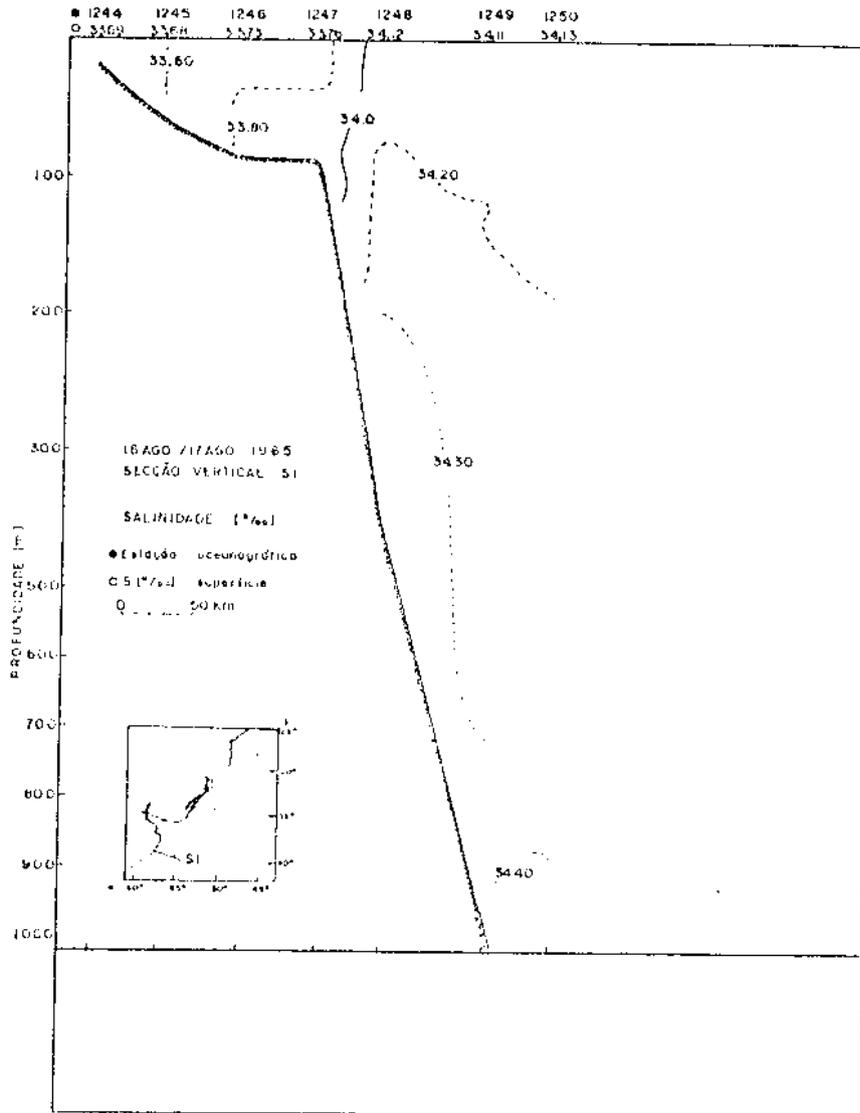


Fig. 3.62 - Estrutura vertical de salinidade na secção SI - Inverno/1965.

Sigma-t: As isopcinais (Figura 3.63) acompanham de forma similar a estrutura vertical de temperatura, principalmente ao longo da plataforma continental, e apresentam uma frente de pequena intensidade nesta região. Em direção à região oceânica, a influência é devida tanto ao campo de temperatura como o de salinidade.

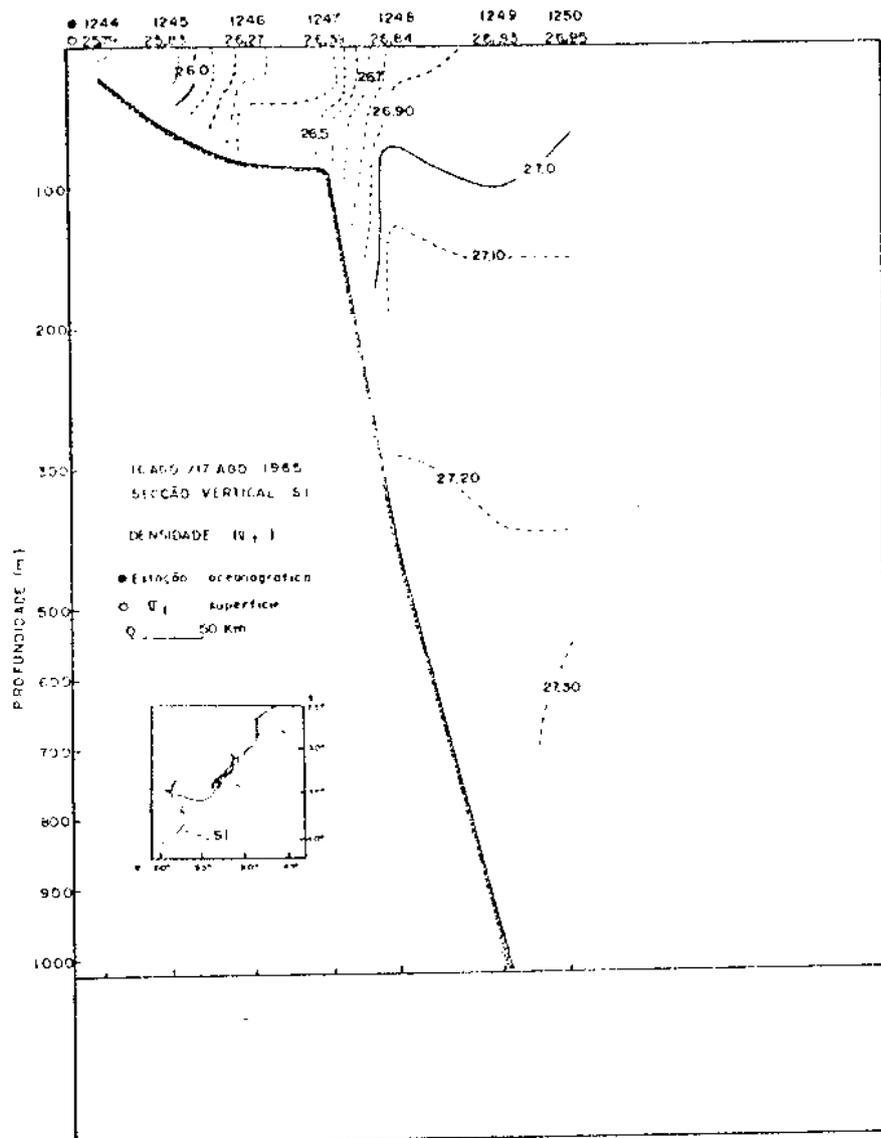


Fig. 3.63 - Estrutura vertical de sigma-t na secção SI - Inverno/1965.

Do conjunto de secções verticais de temperatura, salinidade e sigma-t pode-se observar a presença de Água Subantártica até a profundidade aproximada de 100 metros. As águas costeiras exercem pequena influência no fluxo da corrente, aproximadamente, até 100 km da costa. Abaixo de 100 metros, encontra-se a Água Intermediária Antártica com salinidade entre $34,20^{\circ}/\text{oo}$ e $34,40^{\circ}/\text{oo}$ e temperatura entre $3,0^{\circ}\text{C}$ e $5,0^{\circ}\text{C}$.

b) Secção vertical perpendicular à costa CI (Central/Inverno)

Temperatura: Entre as estações 1220 e 1216, observa-se uma frente de temperatura que varia entre $13,0^{\circ}\text{C}$ e $18,0^{\circ}\text{C}$ (Figura 3.64), estende-se horizontalmente ao longo da plataforma continental, centrada na profundidade de 40 metros, e, em superfície, localiza-se no prolongamento da região do talude continental. A ocorrência desta frente é devida à afluência de águas costeiras, com influência de Água Subantártica, e águas de origem Subtropical, com influência de Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil.

Salinidade: Numa extensão de 245 km da costa, os valores de salinidade observados na estrutura vertical desta secção (Figura 3.65) são relativamente baixos e variam entre $29,15^{\circ}/\text{oo}$ e $34,0^{\circ}/\text{oo}$, entre a superfície e 50 metros de profundidade. Uma frente de salinidade situa-se ao longo da plataforma continental, estende-se em direção a região oceânica e ocupa os primeiros 40 metros de profundidade. As características de Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil, ou seja, $S > 36,0^{\circ}/\text{oo}$, são observadas em superfície a 300 km da costa, e ao longo da estação 1215 esta massa de água ocupa os primeiros 190 metros de profundidade. A Corrente do Brasil avança em direção à região costeira, distando 210 km da costa, na profundidade de 90 metros.

Sigma-t: A frente de sigma-t (Figura 3.66), ao longo da plataforma continental e em direção à região oceânica, é devida à influência do campo de temperatura e de salinidade, que atuam até a profundidade de 40 metros. Abaixo desta profundidade e até 100 metros, há uma compensação destas propriedades, não se observando características da estrutura vertical de temperatura e nem da estrutura vertical de salinidade. Entre as estações 1215 e 1216, observa-se que a isopical de 26,0 unidades de sigma-t, localizada na profundidade de 100 metros, apresenta um empilhamento ascendente, o que caracteriza a presença da Corrente do Brasil; como pôde ser visto na estrutura vertical de salinidade, o núcleo desta corrente está associado à alta salinidade.

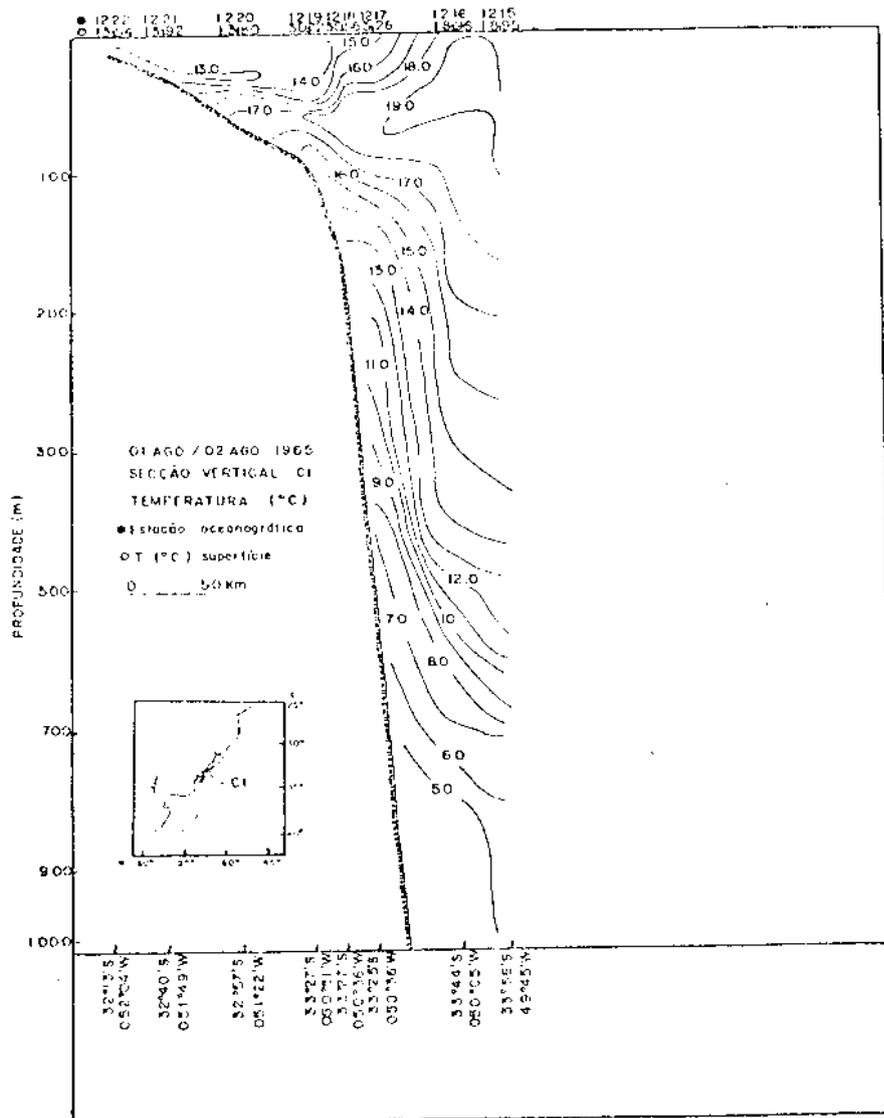


Fig. 3.64 - Estrutura vertical de temperatura na secção CI - Inverno/1965.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

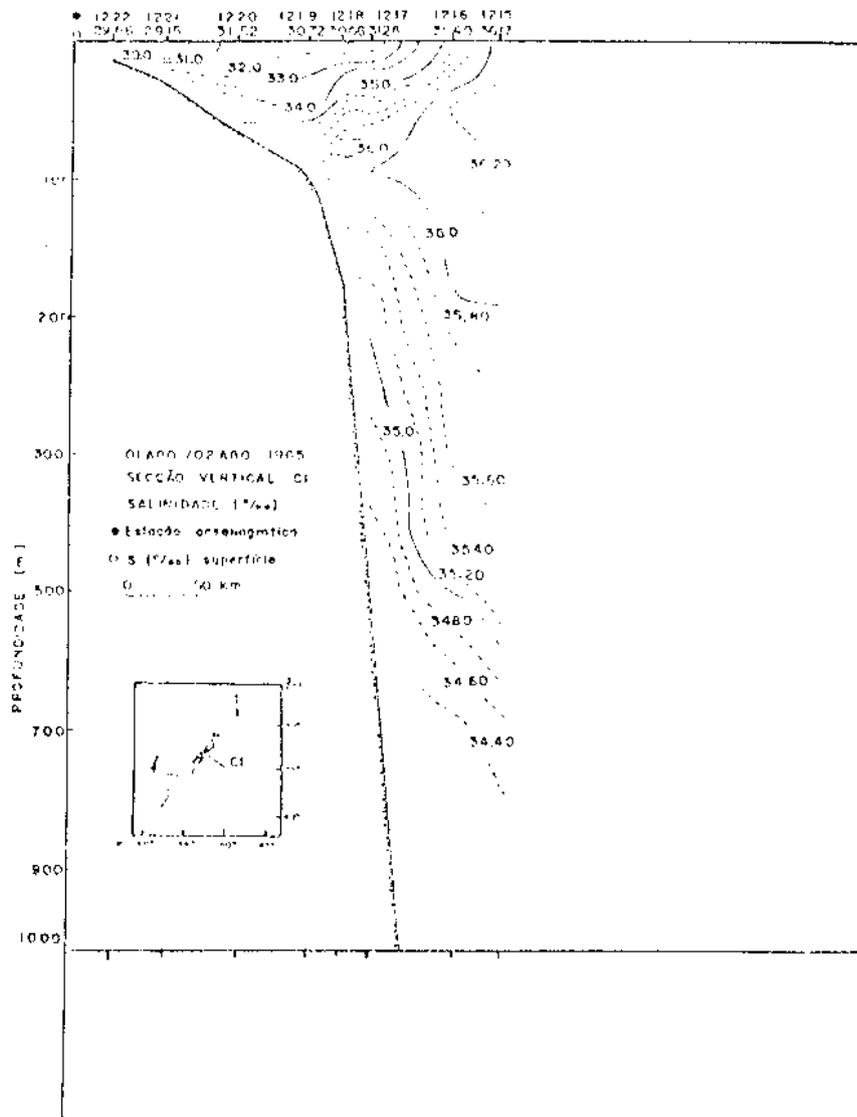


Fig. 3.65 - Estrutura vertical de salinidade na secção C1 - Inverno/1965.

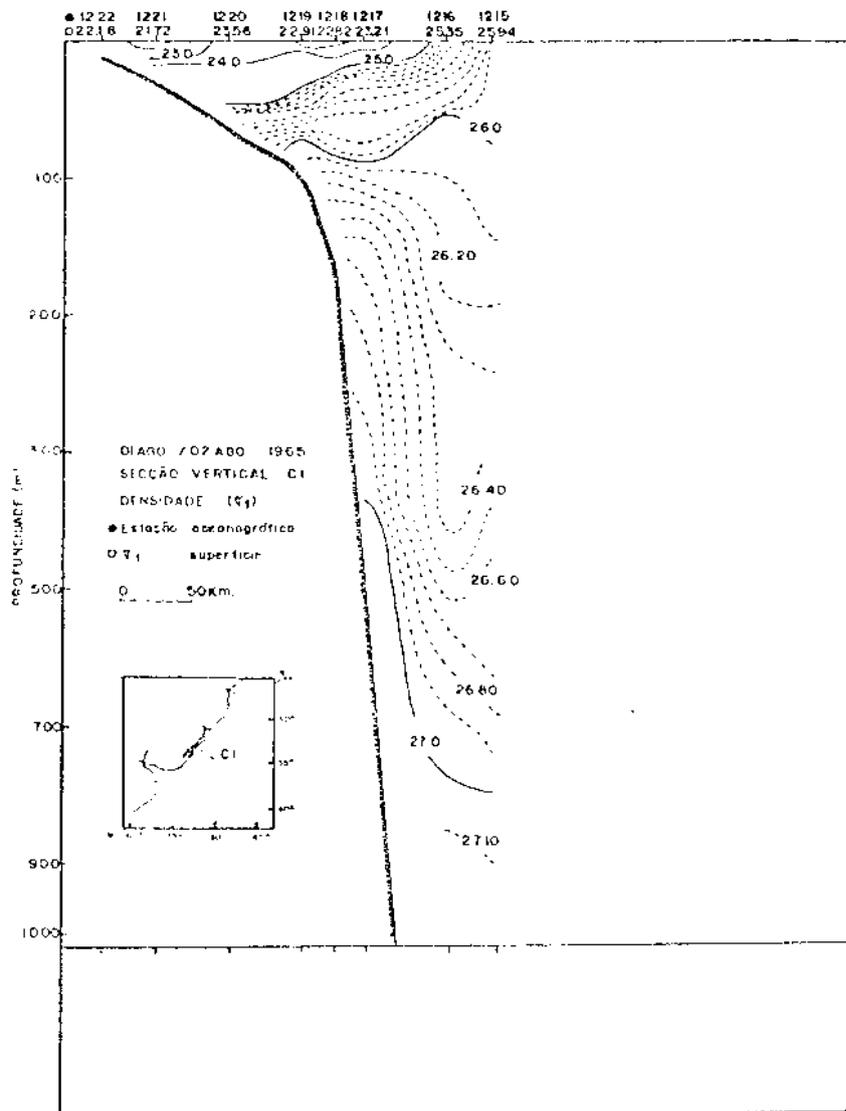


Fig. 3.66 - Estrutura vertical de σ_t na secção CI - Inverno/1965.

Na secção CI analisada observa-se que a massa de água de origem Subtropical encontra-se em superfície a 270 km da costa, entre as estações 1216 e 1215. Próximo à estação 1218, esta massa de água dista aproximadamente 200 km da costa, na profundidade de 40 metros. Na região oceânica, esta massa de água encontra-se praticamente entre 200 e 500 metros de profundidade. A Água Intermediária Antártica encontra-se abaixo de 700 metros de profundidade. Observa-se o núcleo da Corrente do Brasil a 300 km da costa, próximo à superfície, ocupando os primeiros 190 metros de profundidade. As águas costeiras estendem-se praticamente ao longo de toda a plataforma continental, e recebem também pequena influência da água de origem Subantártica.

c) Secção vertical perpendicular a costa NI (Norte/Inverno)

Temperatura: A estrutura vertical de temperatura na secção NI (Figura 3.67) mostra que a massa de água de origem Subtropical, que é parte da Água Central do Atlântico Sul, estende-se desde a região oceânica até a região da plataforma continental, com leve empilhamento ascendente na borda da plataforma continental. Nesta região, ou seja, na plataforma continental, os valores de temperatura variam entre $12,0^{\circ}\text{C}$ e $20,0^{\circ}\text{C}$, na profundidade de 50 a 130 metros, encontrando-se, portanto, numa espessura de 80 metros. Nos primeiros 40 metros de profundidade, ao longo da plataforma continental, a estrutura vertical é relativamente isoterma, com valores entre $19,52^{\circ}\text{C}$ e $20,0^{\circ}\text{C}$. O núcleo da Corrente do Brasil, com temperatura maior que $21,0^{\circ}\text{C}$, encontra-se centrado entre as estações 1196 (27°S) e 1195 ($27^{\circ}10'\text{S}$) a 330 km da costa e ocupa os primeiros 100 metros de profundidade.

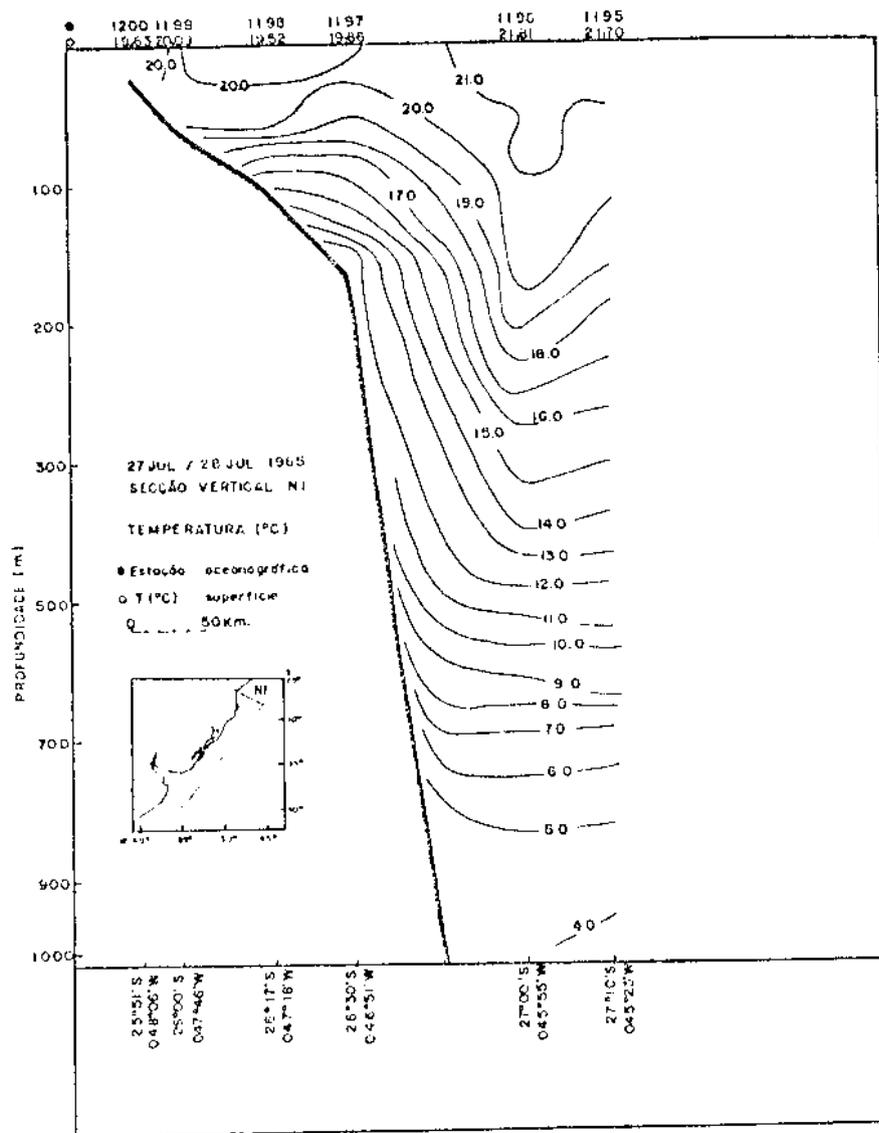


Fig. 3.67 - Estrutura vertical de temperatura na secção NI - Inverno/1965.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

Salinidade: Na secção vertical de salinidade (Figura 3.68), o núcleo da Corrente do Brasil, delimitado pela isohalina de 36,0‰, encontra-se praticamente entre a superfície e 230 metros de profundidade, distando 280 km da costa, em superfície, e 210 km na profundidade de 50 metros. Este núcleo delimita-se com a água de origem Subtropical em 40 metros de profundidade, a 240 km da costa. A Água Intermediária Antártica é observada próximo a 700 metros de profundidade.

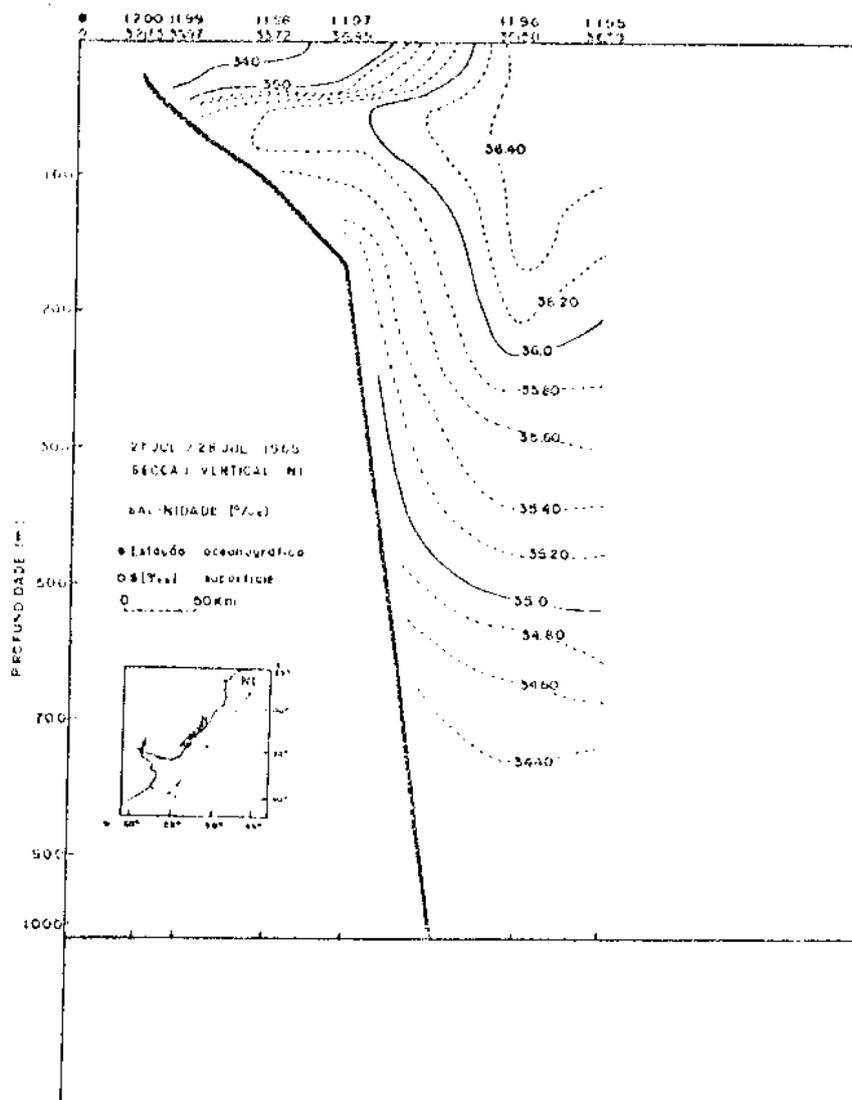


Fig. 3.68 - Estrutura vertical de salinidade na secção NI - Inverno/1965.

Sigma-t: A frente de sigma-t (Figura 3.69), observada na região da plataforma continental, é controlada pelo campo de salinidade até a profundidade de 40 metros. Abaixo desta profundidade e também em direção à região oceânica, a frente de sigma-t é devida à contribuição do campo de temperatura e de salinidade.

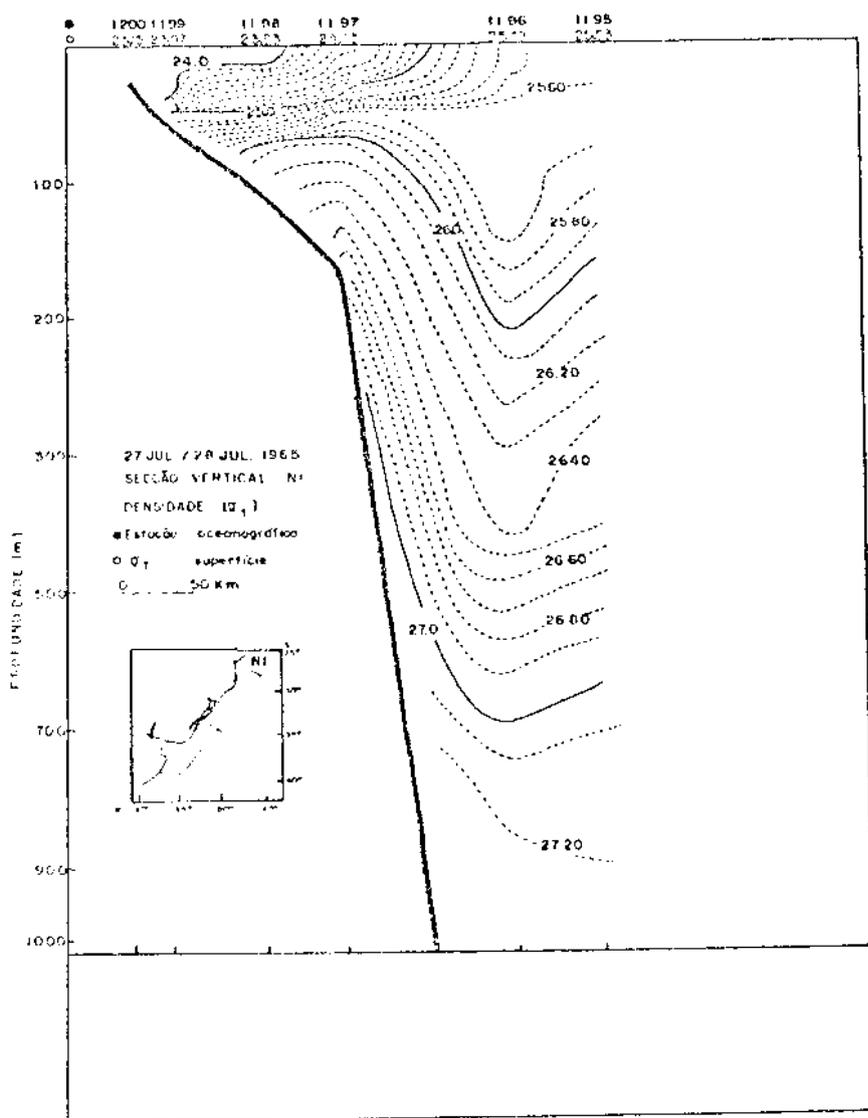


Fig. 3.69 - Estrutura vertical de sigma-t na secção NI - Inverno/1965.

Verifica-se que a Corrente do Brasil, caracterizada pela massa de água Tropical, dista em superfície aproximadamente 280 km da costa e na profundidade de 50 metros, 210 km. Próximo à região costeira, as águas costeiras recebem influência da massa de água de origem Subtropical. Esta última encontra-se na região oceânica entre 200 e 500 metros de profundidade.

d) Secção vertical ao longo da costa - Inverno/1965

O extremo sul desta secção está localizado em $25^{\circ}54'$ sul $-044^{\circ}33'$ oeste e o extremo norte em $38^{\circ}40'$ sul $-055^{\circ}21'$ oeste.

Temperatura: A estrutura vertical de temperatura na secção vertical ao longo da costa (Figura 3.70) mostra duas frentes de temperatura, uma localizada na região sul, entre as estações 1242 ($37^{\circ}40'$ sul) e 1248 ($38^{\circ}40'$ sul), e outra localizada na região central entre as estações 1207 ($29^{\circ}23'$ sul) e 1217 ($33^{\circ}25'$ sul).

Na região sul, a frente de temperatura varia entre $6,0^{\circ}\text{C}$ e $12,0^{\circ}\text{C}$ nos primeiros 150 metros de profundidade, com aproximadamente 150 km de extensão. Abaixo desta profundidade a temperatura varia entre $5,0^{\circ}\text{C}$ e $11,0^{\circ}\text{C}$. Esta frente forma uma "parede" termal entre a superfície e 300 metros de profundidade, e nesta profundidade estende-se horizontalmente em direção à região central e norte. A frente de temperatura na região sul é formada pela Água Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas, com influência da massa de água Intermediária Antártica que alcança 150 metros de profundidade na estação 1248 ($38^{\circ}40'$ sul).

Na região central (30° sul e 35° sul), a frente de temperatura é fortemente influenciada pelo núcleo da Corrente do Brasil. Como contribuição desta frente tem-se também águas costeiras e águas de origem Subtropical. Esta frente apresenta uma extensão de 500 km na superfície, com valores de temperatura que variam entre $15,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$. A Corrente do Brasil com temperaturas maiores que $20,0^{\circ}\text{C}$ encontra-se em superfície próxima a $29^{\circ}30'$ sul.

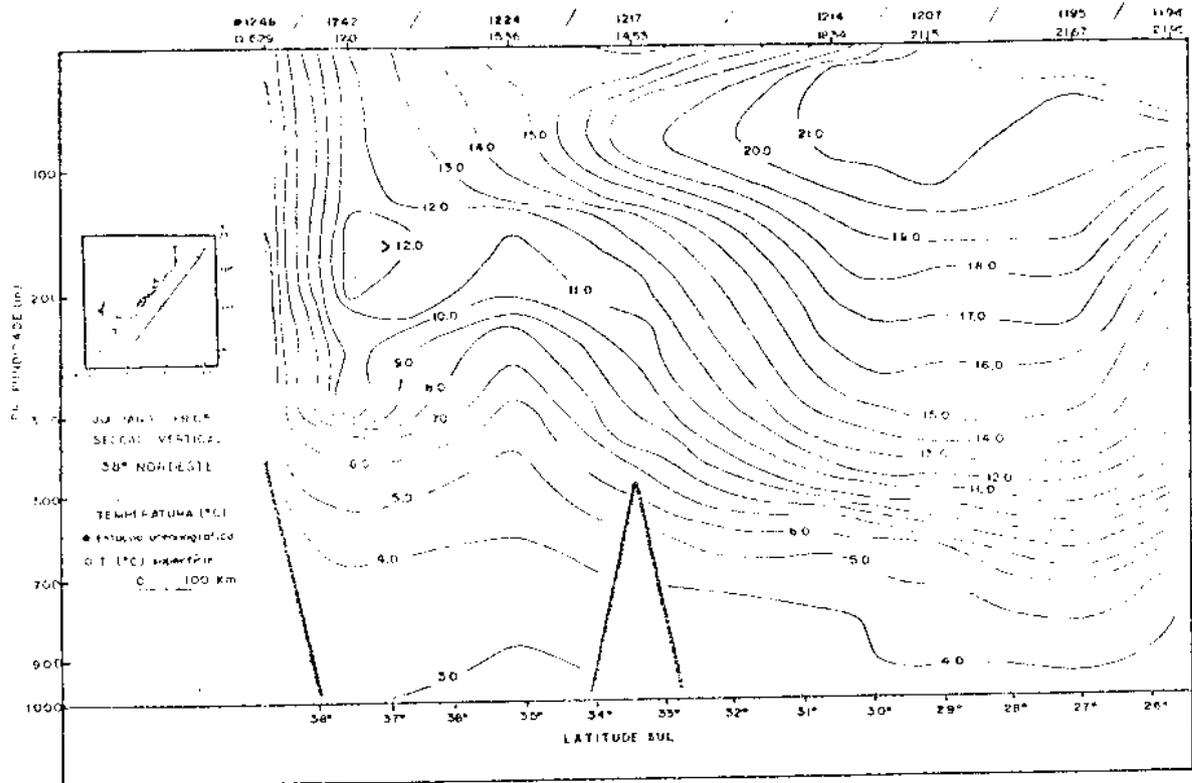


Fig. 3.70 - Estrutura vertical de temperatura na secção ao longo da costa - Inverno/1965.

(notar que a escala vertical muda em 300 metros de profundidade)

Salinidade: Na região central, a estrutura vertical de salinidade (Figura 3.71) mostra uma pluma de salinidade entre as estações 1207 (29°23'sul) e 1224 (35°18'sul), com 700 km de extensão na superfície. Esta pluma ocupa praticamente os primeiros 40 metros de profundidade, sendo formada pelas águas costeiras advindas da região do Rio da Prata e da Barra do Rio Grande, e águas de origem Subtropical. Esta pluma interpõe-se entre a frente de salinidade, situada entre as estações 1207 e 1214, e as águas da região sul com valores de salinidade entre 34,20‰ e 35,40‰. A frente de salinidade apresenta uma variação de 1,0‰ em 100 km. O núcleo da Corrente do Brasil, delimitado pela isohalina de 36,0‰, atinge 33°30'sul na profundidade de 90 metros.

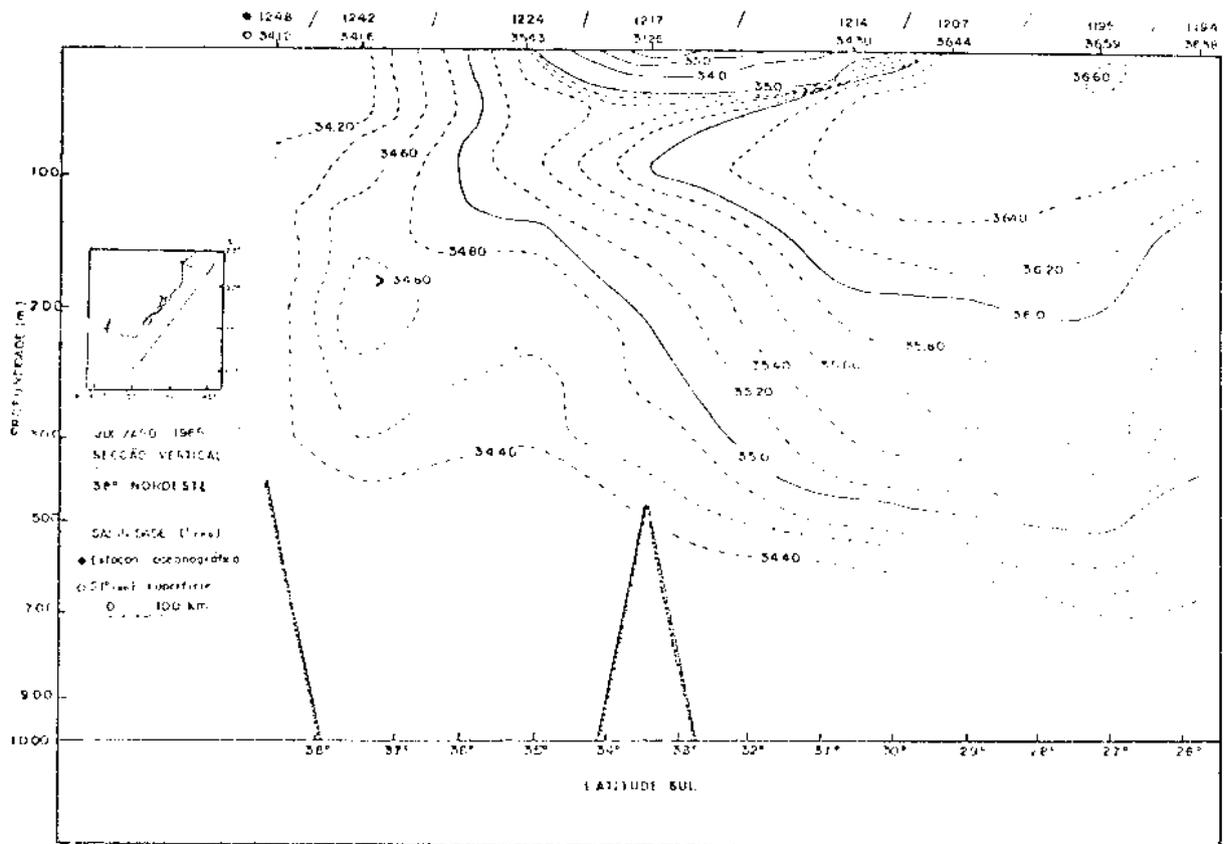


Fig. 3.71 - Estrutura vertical de salinidade na secção ao longo da costa - Inverno/1965.

Sigma-t: Na região sul a frente de σ_t (Figura 3.72) acompanha de forma similar a frente de temperatura, entre as estações 1242 ($37^{\circ}40'$ sul) e 1248 ($38^{\circ}40'$ sul). Entre as estações 1224 ($35^{\circ}18'$ sul) e 1207 ($29^{\circ}23'$ sul), na região central, a frente de σ_t estende-se horizontalmente e acompanha similarmente a configuração das isohalinas até a profundidade aproximada de 40 metros. Na profundidade de 100 metros, ao longo da estação 1217, ocorre uma compensação entre estas propriedades, não se observando a configuração presente na estrutura vertical de temperatura e nem a de salinidade. Na região norte e em maiores profundidades, observa-se tanto a influência da salinidade como também da temperatura.

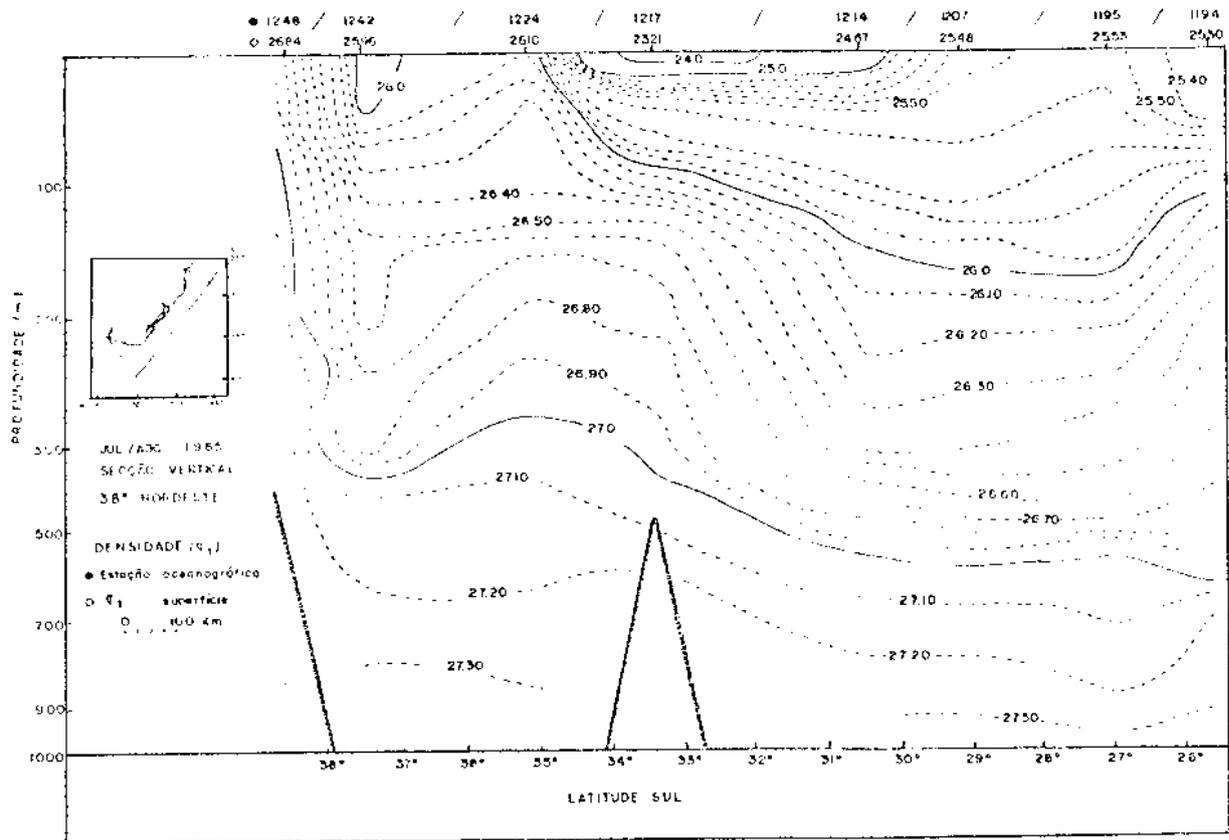


Fig. 3.72 - Estrutura vertical de sigma-t na secção ao longo da costa - Inverno/1965.

3.2 - VARIACÕES SAZONAIS DA FRENTE OCEÂNICA SUBTROPICAL OBTIDA COM DA DOS OCEANOGRÁFICOS

Como foi mencionado na metodologia, o estudo das variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas, obtida com dados oceanográficos, foi realizado considerando-se algumas características das distribuições horizontais de temperatura e salinidade na superfície. Nesta análise, considerou-se basicamente as variações das posições médias da fronteira oeste desta frente.

As comparações entre as secções verticais perpendiculars à costa foram realizadas com a finalidade de verificar as variações sazonais quanto à localização da Corrente do Brasil e à da Corrente das Malvinas, em uma mesma região geográfica, considerando-se as

características das massas de água. As secções verticais ao longo da costa foram utilizadas, também, para verificar o comportamento de frentes de temperatura e salinidade, quanto a localização na subsuperfície e próximo à superfície.

Para efeito de comparação, foram consideradas as regiões já definidas como: região sul (35° sul- 40° sul e 048° oeste- 060° oeste), região central (30° sul- 35° sul e 045° oeste- 054° oeste) e região norte (25° sul- 30° sul e 044° oeste- 050° oeste).

3.2.1 - COMPARAÇÃO ENTRE AS DISTRIBUIÇÕES HORIZONTAIS DE TEMPERATURA E SALINIDADE NA SUPERFÍCIE

Antes de iniciar as comparações das distribuições horizontais de temperatura e salinidade na superfície, entre as estações do ano, é importante notar que na região entre 35° sul e 40° sul, ou seja na zona da Convergência Subtropical, tem-se normalmente uma maior variação de temperatura, enquanto a salinidade apresenta menor variação. Este aspecto é considerado na análise que se segue, uma vez que o propósito básico desta é obter informações sobre o comportamento da Frente Oceânica Subtropical, a serem utilizadas posteriormente na comparação com as informações obtidas por sensores remotos termais.

1) Primavera/1977-Outono/1978

O conjunto de distribuições horizontais de temperatura e salinidade na superfície, na primavera (Figuras 3.4 e 3.5), mostra que a Frente Oceânica Subtropical atinge seu ponto norte aproximadamente em 34° sul e 051° oeste, em relação à frente de temperatura. Por outro lado, no outono, as distribuições horizontais de temperatura e salinidade na superfície (Figuras 3.41 e 3.42) indicam que abaixo de 34° sul e 052° oeste, a frente é formada devido a uma maior contribuição entre águas de origem oceânica (Subantártica, Subtropical e Tropical), com pouca contribuição de águas costeiras. Acima desta localização predominam praticamente as águas com características Tropical, Subtropical e águas costeiras.

No presente trabalho não se pôde estimar com exatidão, em superfície, o limite norte da Frente Oceânica Subtropical, considerando-se a associação deste limite com o limite de penetração da Água Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas, em direção às menores latitudes. No caso, este fato decorre da utilização de uma única secção vertical perpendicular à costa, selecionada na região entre 30° sul e 35° sul para verificar o comportamento das massas de água. As estruturas verticais de temperatura e salinidade (Figuras 3.48 e 3.49) indicam a predominância das massas de água Subtropical e Tropical na formação da frente de temperatura, observada no prolongamento da borda da plataforma continental com contribuição também de águas costeiras.

Considerando-se estes aspectos, provavelmente o ponto norte da Frente Oceânica Subtropical associado com a massa de água Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas encontra-se abaixo da localização da secção selecionada na região central (30° sul- 35° sul), ou seja, abaixo de 32° sul e acima de 35° sul. O núcleo desta corrente, delimitado pela isoterma de $17,0^{\circ}\text{C}$ e salinidade em torno de $33,70^{\circ}/\text{oo}$ - $34,0^{\circ}/\text{oo}$, atinge aproximadamente 35° sul e 053° oeste. Portanto, observa-se um acréscimo de $2,0^{\circ}\text{C}$ em relação ao valor extremo adotado na classificação desta massa de água ($15,0^{\circ}\text{C}$). Entretanto, deve-se considerar a possibilidade da influência das águas de origem Subantártica, transportadas pelo ramo costeiro da Corrente das Malvinas, em direção às menores latitudes, tendo suas características originais alteradas sobre a plataforma continental. Hubold em 1980 indica o limite norte da Convergência Subtropical, a 10 metros de profundidade, próximo de 34° sul e 052° oeste, utilizando os mesmos dados oceanográficos (BRASIL. Ministério da Marinha, 1980).

Uma melhor forma de verificar, no caso, o limite norte da Frente Oceânica Subtropical, associado com a massa de água de origem Subantártica, pode ser pela utilização de um número maior de secções verticais de temperatura e salinidade, do que aquele utilizado neste trabalho, complementado pelo uso de diagramas T-S de cada secção. Um maior conjunto de informações de secções verticais e diagramas T-S

combinado com o das distribuições horizontais destes dois parâmetros não sô permite melhor localizar o extremo norte desta frente, como tam**ã**m os seus limites ocidental e oriental, associados às massas de água da região.

Como indicado anteriormente, na primavera, a Frente Oceânica Subtropical atinge seu extremo norte aproximadamente em 34° sul e 051° oeste. No outono, na latitude de 34° sul ela encontra-se centrada em 052° oeste, portanto 110 km a oeste de sua posição na primavera. Nesta última estação, esta frente dista 195 km da costa e no outono, 110 km da costa.

Na região ao largo do estuário do Rio da Prata, ao longo de 36° sul, as posições médias da Frente Oceânica Subtropical no outono e na primavera tendem a localizar-se em $052^{\circ}30'$ oeste, distando 220 km da costa. Na primavera esta frente encontra-se entre $051^{\circ}30'$ oeste e 053° oeste, com 150 km de extensão transversal ao seu curso, cuja temperatura varia entre $11,0^{\circ}\text{C}$ e $18,0^{\circ}\text{C}$ e salinidade entre $33,70^{\circ}/\text{oo}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$. Por outro lado, no outono a extensão transversal ao seu curso é maior, com 220 km de extensão, situada entre $051^{\circ}30'$ oeste e $053^{\circ}30'$ oeste, e apresenta valores de temperatura relativamente maiores que aqueles observados na primavera, variando entre $16,0^{\circ}\text{C}$ e $20,0^{\circ}\text{C}$, com o mesmo intervalo de salinidade observado na primavera.

Ao longo de 38° sul, no outono, a Frente Oceânica Subtropical encontra-se entre $053^{\circ}30'$ oeste e $055^{\circ}30'$ oeste, centrada aproximadamente em $054^{\circ}30'$ oeste, distando 260 km da costa e com extensão de 160 km na direção zonal. O intervalo de temperatura é aproximadamente o mesmo que em 36° sul, variando entre $16,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$, com o mesmo intervalo de salinidade observado em 36° sul, ou seja, entre $33,70^{\circ}/\text{oo}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$. Na primavera sua posição média, na latitude de 38° sul, encontra-se um pouco mais afastada da costa (290 km), centrada em $053^{\circ}30'$ oeste. Nesta latitude, a posição dessa frente na primavera dista portanto, 110 km de sua posição no outono, situando-se entre $051^{\circ}30'$ oeste e 055° oeste, com 330 km de largura. Nessa região os valores de temperatu

ra na primavera são relativamente menores que os do outono, variando entre $8,0^{\circ}\text{C}$ e $19,0^{\circ}\text{C}$, onde se observa uma maior influência de Água Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas. O intervalo de salinidade é similar àquele verificado no outono, em 38°sul .

Em 39°sul a Frente Oceânica Subtropical formada pelas massas de água Tropical, Subtropical e Subantártica encontra-se, na primavera, entre 052° oeste e 055° oeste, centrada aproximadamente em 053° oeste. No outono, nesta latitude, sua posição média situa-se aproximadamente em $054^{\circ}30'$ oeste, é observada entre 054° oeste e 055° oeste e dista, portanto, 165 km de sua posição na primavera.

Na primavera, a massa de água Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas, na região entre 35°sul e 40°sul , envolve valores de temperatura entre $8,0^{\circ}\text{C}$ e $15,0^{\circ}\text{C}$ e salinidade entre $33,70^{\circ}/\text{oo}$ e $34,20^{\circ}/\text{oo}$. Entretanto, no outono, os valores de temperatura desta massa de água são relativamente maiores, podendo variar entre $12,0^{\circ}\text{C}$ e $18,0^{\circ}\text{C}$, para o mesmo intervalo de salinidade.

No outono, na região entre 35°sul e 40°sul , na zona da Convergência Subtropical, o intervalo de temperatura observado pode variar entre $12,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$, correspondendo a um intervalo de salinidade de entre $33,70^{\circ}/\text{oo}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$. Nota-se na região da Frente Oceânica Subtropical uma variação de temperatura em torno de $9,0^{\circ}\text{C}$, ou seja, $\Delta T = 9,0^{\circ}\text{C}$, com uma variação de salinidade relativamente pequena, ou seja, $\Delta S = 2,3^{\circ}/\text{oo}$.

Na primavera, na região oceânica, ao largo do estuário do Rio da Prata, especificamente entre 36°sul e 37°sul , observa-se que a frente de temperatura, cujos valores variam entre $8,0^{\circ}\text{C}$ e $18,0^{\circ}\text{C}$, é acompanhada por uma intensificação no campo de salinidade, que varia entre $30,0^{\circ}/\text{oo}$ e $35,0^{\circ}/\text{oo}$. Este último aspecto pode indicar uma maior contribuição de águas costeiras na formação da Frente Oceânica Subtropical. Neste intervalo de latitude, os valores de salinidade podem variar até $36,0^{\circ}/\text{oo}$, para os mesmos valores de temperatura. Estas obser

vações indicam que, nesta região, a variação de temperatura é igual a $\Delta T = 10,0^{\circ}\text{C}$ e é ainda relativamente maior que a variação de salinidade, ou seja, $\Delta S = 6,0^{\circ}/\text{oo}$. Considerando que, as principais massas de água que formam a Frente Oceânica Subtropical são as Subantártica, Subtropical e Tropical a variação de salinidade é, de modo geral, em torno de $\Delta S = 2,3^{\circ}/\text{oo}$ ($33,70^{\circ}/\text{oo} \leq S \leq 36,0^{\circ}/\text{oo}$), para uma variação de temperatura de $\Delta T = 11,0^{\circ}\text{C}$ ($8,0^{\circ} \leq T \leq 19,0^{\circ}\text{C}$), na região entre 35°sul e 40°sul .

A massa de água Tropical transportada pela Corrente do Brasil, na primavera, apresenta um intervalo de temperatura entre $19,0^{\circ}\text{C}$ e $25,0^{\circ}\text{C}$ e salinidade entre $36,0^{\circ}/\text{oo}$ e $38,0^{\circ}/\text{oo}$. No outono, o intervalo de temperatura desta massa de água é praticamente o mesmo, variando entre $19,0^{\circ}\text{C}$ e $24,0^{\circ}\text{C}$, com salinidade entre $36,0^{\circ}/\text{oo}$ e $36,80^{\circ}/\text{oo}$. A Corrente do Brasil é bem delineada até 35°sul e 051°oeste na primavera, e até 39°sul e $053^{\circ}30'\text{oeste}$ no outono.

Verifica-se que na região entre 35°sul e 40°sul a temperatura é o parâmetro principal na formação da Frente Oceânica Subtropical, como indicado anteriormente. Nesta região o valor médio do gradiente de temperatura é da ordem de $0,9 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$, na primavera, e $0,7 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$, no outono. O gradiente de salinidade apresenta seu máximo valor próximo ao estuário do Rio da Prata, em 35°sul , com variação de $3 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}/\text{oo}/\text{km}$, na primavera, e $4 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}/\text{oo}/\text{km}$, no outono.

As informações oceanográficas mostram que a fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical, no outono, tende a situar-se, em média, a 110 km a oeste de sua posição na primavera, sendo que na latitude de 39°sul , observa-se um maior deslocamento na sua localização. Este comportamento indica um maior avanço zonal da Corrente do Brasil em direção à costa, no outono. Em média esta frente no outono apresenta uma menor extensão na sua direção transversal, ou seja, na direção leste/oeste (160 km), do que na primavera (220 km).

2) Verão/1981 - Inverno/1965

No verão, as distribuições horizontais de temperatura e salinidade na superfície (Figuras 3.24 e 3.25) mostram, na região norte e central, uma maior predominância de Água Tropical transportada pela Corrente do Brasil, não apresentando grandes intensificações. Através das distribuições horizontais de temperatura e salinidade na superfície, no inverno (Figuras 3.58 e 3.59), observa-se na região norte, entre 29°sul e 30°sul, uma maior influência das águas transportadas pela Corrente do Brasil na formação da Frente Oceânica Subtropical. Nesta região, esta frente apresenta pequena extensão – 80 km, encontrando-se entre 047°oeste e 048°30'oeste; a temperatura varia entre 17,0°C e 21,0°C, e a salinidade varia entre 33,0‰ e 36,0‰.

No inverno, a frente formada a priori pelas águas de origem Subtropical e Tropical praticamente não é observada acima de 29°sul. Ainda no inverno, a secção vertical selecionada na região central (Figuras 3.64 e 3.65) indica a ocorrência da frente na subsuperfície, associada com as massas de água Tropical, Subtropical, Subantártica e águas costeiras. Entretanto, a secção vertical selecionada na região norte encontra-se praticamente acima da ocorrência da frente, na superfície. Nesta secção predomina praticamente a massa de água Tropical (Figuras 3.67 e 3.68). Desta forma pode-se considerar que no inverno o extremo norte da Frente Oceânica Subtropical encontra-se entre 30°sul e 29°sul.

A Frente Oceânica Subtropical pode ser observada com maior intensidade entre 33°sul e 39°sul, na qual predominam a massa de água de origem Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas e a massa de água Subtropical. Na região central, em 34°sul, a posição média desta frente, no inverno, tende a situar-se ao longo de 051°oeste. Nesta região, ela apresenta 75 km de extensão, envolvendo valores de temperatura entre 14,0°C e 18,0°C e salinidade entre 31,0‰ e 35,0‰.

Em 36°sul, o ponto norte da Frente Oceânica Subtropical no verão situa-se a 150 km a oeste de sua posição média no inverno (052°50'oeste). Nesta latitude, no inverno esta frente envolve valores de temperatura entre 12,0°C e 16,0°C e salinidade entre 33,0‰ e 35,0‰, situando-se entre 052°30'oeste e 053°oeste.

Ao longo de 38°sul, no verão, as características termohalinas indicam maior influência de águas provenientes do Rio da Prata e águas costeiras argentinas, na região oceânica, sendo que no inverno esta influência é observada em menor escala. Em particular nesta latitude a posição média da Frente Oceânica Subtropical, no verão, encontra-se centrada em 053°30'oeste, situando-se entre 052°oeste e 054°30'oeste, e no inverno encontra-se próxima de 054°oeste, localizando-se entre 053°30'oeste e 055°oeste, estando separadas entre si 55 km. O intervalo de temperatura em 38°sul, no verão, varia entre 13,0°C e 21,0°C, com salinidade entre 33,0‰ e 33,70‰. Por outro lado, no inverno a temperatura varia entre 7,0°C e 15,0°C e a salinidade entre 34,0‰ e 35,0‰. No verão, pode-se ainda notar esta frente até 40°sul, onde se encontra centrada em 053°oeste, com temperatura entre 15,0°C e 21,0°C e salinidade entre 34,0‰ e 35,0‰.

Devido ao pequeno intervalo de latitude disponível para comparação das posições médias da Frente Oceânica Subtropical, nessas estações, como também uma menor quantidade de informações na região oceânica, no inverno, comparados com os dados disponíveis no verão, não se observa um comportamento bem definido de sua localização. Entretanto, com os dados utilizados, parece ocorrer uma mudança da posição desta frente, ou seja, em 36°sul sua posição média, no inverno, localiza-se 150 km a leste de sua posição no verão. Entre 37°sul e 38°sul a localização desta frente, no inverno, situa-se a 55 km a oeste de sua posição no verão. Um maior número de dados na estação do inverno deverá ser utilizado, no sentido de obter informações mais exatas. Entre 35°sul e 40°sul, a Frente Oceânica Subtropical é observada em média em 210 km e 110 km de extensão na direção zonal, no verão e no inverno, respectivamente.

A Frente Oceânica Subtropical no inverno é notada com maior intensidade entre 39°sul e 33°sul e, novamente, entre 30°sul e 29°sul . Por outro lado, no verão esta frente atinge seu ponto norte próximo de 36°sul .

Na região entre 35°sul e 40°sul , com relação à massa de água Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas, o intervalo de temperatura observado no verão varia entre $13,0^{\circ}\text{C}$ e $18,0^{\circ}\text{C}$ e corresponde ao intervalo de salinidade entre $33,70^{\circ}/\text{oo}$ e $34,10^{\circ}/\text{oo}$. Entretanto, no inverno, esta massa de água apresenta valores de temperatura relativamente menores, que variam entre $7,0^{\circ}\text{C}$ e $12,0^{\circ}\text{C}$, e valores de salinidade entre $33,70^{\circ}/\text{oo}$ e $34,20^{\circ}/\text{oo}$.

No verão, na região entre 35°sul e 40°sul , zona da Convergência Subtropical, o intervalo de temperatura observado varia entre $13,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$ ($\Delta T = 8,0^{\circ}\text{C}$), e o intervalo de salinidade entre $33,0^{\circ}/\text{oo}$ e $35,0^{\circ}/\text{oo}$ ($\Delta S = 2,0^{\circ}/\text{oo}$). Nesta região, no inverno, a temperatura observada varia entre $7,0^{\circ}\text{C}$ e $16,0^{\circ}\text{C}$ ($\Delta T = 9,0^{\circ}\text{C}$), para o mesmo intervalo de salinidade. Da mesma forma que na primavera e no outono, observa-se uma maior variação de temperatura, na região da Frente Oceânica Subtropical, no verão e inverno, enquanto a salinidade apresenta menor variação.

As características termohalinas da massa de água Tropical transportada pela Corrente do Brasil, no verão, variam entre $24,0^{\circ}\text{C}$ e $27,0^{\circ}\text{C}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$ e $37,0^{\circ}/\text{oo}$. Nesta estação, o ramo principal desta corrente é observado até 35°sul e $050^{\circ}30'$ oeste. Entretanto no inverno, as características termohalinas desta massa de água apresentam valores de temperatura e salinidade entre $21,0^{\circ}\text{C}$ e $22,0^{\circ}\text{C}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$ e $36,50^{\circ}/\text{oo}$, respectivamente. Nesta estação, a Corrente do Brasil é observada somente até $29^{\circ}30'\text{sul}$ próximo a $047^{\circ}30'$ oeste.

Na região entre 35°sul e 40°sul , no verão, o gradiente médio de temperatura da superfície do mar é estimado em torno de $0,5 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ e $0,7 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$, no inverno. Na região central, o

gradiente médio de temperatura no inverno é de aproximadamente $0,8 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Quanto ao gradiente de salinidade, pode-se verificar valores em torno de $1,7 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}/\text{oo}/\text{km}$, no verão, e valores em torno de $0,7 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}/\text{oo}/\text{km}$, no inverno, próximo à região do Rio da Prata.

As principais características termohalinas observadas na região da Corrente das Malvinas, região da Frente Oceânica Subtropical e região da Corrente do Brasil, encontram-se resumidas nas Tabelas 3.2, 3.3 e 3.4.

TABELA 3.2

CARACTERÍSTICAS TERMOHALINAS - REGIÃO DA CORRENTE DAS MALVINAS

| ESTAÇÕES | T(°C) | \bar{T} (°C) | S(°/oo) |
|-----------|-------------|----------------|-----------------|
| Outono | 12,0 - 18,0 | ~ 15,0 | 33,70 - ~ 34,20 |
| Inverno | 7,0 - 12,0 | ~ 9,5 | 33,70 - ~ 34,20 |
| Primavera | 8,0 - 15,0 | ~ 11,5 | 33,70 - ~ 34,20 |
| Verão | 13,0 - 18,0 | ~ 15,5 | 33,70 - ~ 34,10 |

TABELA 3.3

CARACTERÍSTICAS TERMOHALINAS - REGIÃO DA FRENTE OCEÂNICA SUBTROPICAL
(35°su1 - 40°su1)

| ESTAÇÕES | T(°C) | \bar{T} (°C) | S(°/oo) |
|-----------|-------------|----------------|--------------|
| Outono | 12,0 - 21,0 | 16,5 | 33,70 - 36,0 |
| Inverno | 7,0 - 16,0 | 11,5 | 33,0 - 35,0 |
| Primavera | 8,0 - 19,0 | 13,5 | 33,70 - 36,0 |
| Verão | 13,0 - 21,0 | 17,0 | 33,0 - 35,0 |

TABELA 3.4

CARACTERÍSTICAS TERMOHALINAS - REGIÃO DA CORRENTE DO BRASIL

| ESTAÇÕES | T(°C) | \bar{T} (°C) | S(°/oo) |
|-----------|-------------|----------------|--------------|
| Outono | 19,0 - 24,0 | ~ 21,5 | 36,0 - 36,80 |
| Inverno | 21,0 - 22,0 | ~ 21,5 | 36,0 - 36,50 |
| Primavera | 19,0 - 25,0 | ~ 22,0 | 36,0 - 38,0 |
| Verão | 24,0 - 27,0 | ~ 25,5 | 36,0 - 37,0 |

Através da Tabela 3.2, pode-se verificar que na região da Corrente das Malvinas, a mínima temperatura média é observada no inverno, em torno de 9,5°C e a máxima, no verão, aproximadamente 15,5°C. No outono e na primavera, a temperatura média nesta região é em torno de 15,0°C e 11,5°C, respectivamente.

Na região da Frente Oceânica Subtropical (35°sul-40°sul), o menor intervalo de temperatura, que varia entre 13,0°C e 21,0°C, é observado no verão e corresponde a um $\Delta T = 8,0^\circ\text{C}$. Na primavera, a variação da temperatura é maior e corresponde a um intervalo entre 8,0°C e 19,0°C, equivalente a um $\Delta T = 11,0^\circ\text{C}$ (Tabela 3.3).

No campo da Corrente do Brasil (Tabela 3.4), a menor temperatura média é observada no outono e no inverno, aproximadamente 21,5°C e a maior, no verão, em torno de 25,5°C. Na primavera são observados os maiores valores de salinidade neste campo, ou seja, $36,0^\circ/\text{oo} < S < 38,0^\circ/\text{oo}$.

3.2.2 - COMPARAÇÃO ENTRE AS SECÇÕES VERTICAIS DE TEMPERATURA E SALINIDADE

1) Primavera/1977 - Outono/1978

a) Secções verticais perpendiculares à costa

Região sul (35° sul-40° sul): As secções que se superpõem, nesta região são: SP - Sul/Primavera (Figura 3.1) e SO - Sul/Outono (Figura 3.40), com extensão aproximada de 430 km e 500 km referentes às estações da primavera e outono, respectivamente.

Através da estrutura vertical de temperatura e salinidade na secção SP (Figuras 3.8 e 3.9), pode-se verificar que a massa de água Subantártica transportada pelo ramo costeiro da Corrente das Malvinas dista 175 km da costa em superfície e até uma profundidade de 80 metros. Esta massa de água na região oceânica é observada em 255 km de extensão, nos primeiros 300 metros de profundidade. O núcleo desta massa de água situa-se a 250 km da costa, próximo a localização da fronteira ocidental da frente de temperatura.

Na secção SO (Figuras 3.45 e 3.46), pode-se observar que o ramo costeiro da Corrente das Malvinas encontra-se a 110 km da costa em 40 metros de profundidade, e a 160 km em superfície e até 80 metros de profundidade. Em direção à região oceânica, a massa de água característica desta corrente estende-se por 80 km de extensão. O núcleo da Corrente das Malvinas, nesta secção, encontra-se a 190 km da costa, na superfície e até 100 metros de profundidade. Na estrutura vertical da secção SO, pode-se notar que a massa de água Subtropical dista aproximadamente 300 km da costa e atinge 400 metros de profundidade máxima. Esta massa de água envolve em seu interior um núcleo da Corrente do Brasil nos primeiros 100 metros de profundidade, centrado a 370 km da costa, com uma extensão de 60 km.

Portanto na região sul, a massa de água Subantártica, característica da Corrente das Malvinas, é observada em superfície mais distante da costa na primavera, com seu núcleo a 250 km da costa, enquanto no outono o núcleo desta corrente é observado a 190 km da costa, ocupando os primeiros 100 metros de profundidade.

Região central (30°sul-35°sul): As secções que se superpõem nesta região são: CP - Central/Primavera (Figura 3.1) e CO - Central/Outono (Figura 3.40), com extensão aproximada de 435 km e 450 km, referentes às estações da primavera e outono, respectivamente.

Na secção CP de temperatura e de salinidade (Figuras 3.11 e 3.12), o núcleo da Corrente do Brasil avança em direção à costa distando, desta, aproximadamente 100 km, mas entre 20 e 40 metros de profundidade. Sobre este núcleo encontram-se as águas costeiras e as águas de origem Subtropical. Estas últimas, que são parte da Água Central do Atlântico Sul, são encontradas em superfície a 230 km da costa, ocupando 30 metros de espessura. Na superfície, a massa de água de origem Subtropical delimita-se com a massa de água de origem Tropical, a qual envolve valores de temperatura um pouco menor que 20,0°C.

Entretanto, na secção CO de temperatura e de salinidade (Figuras 3.48 e 3.49), o núcleo da Corrente do Brasil dista 150 km da costa, predominando na região oceânica na superfície e até aproximadamente 200 metros de profundidade. Nesta secção, a massa de água Subtropical é observada também próximo à borda da plataforma continental, na camada de mistura (0-100 metros), distando aproximadamente 130 km da costa. Na região oceânica esta massa de água encontra-se entre 200 e 500 metros de profundidade.

No outono, pode-se verificar a presença da frente de temperatura entre águas costeiras, Subtropical e Tropical a 140 km da costa, nos primeiros 100 metros de profundidade. Entretanto, na primavera a ocorrência desta frente na subsuperfície, na secção CP, não é notada.

Verifica-se com esta análise que o núcleo da Corrente do Brasil tende a situar-se mais próximo da costa (150 km), em superfície, no outono, e na subsuperfície (20-40 metros), na primavera, ele dista 100 km da costa. Em superfície e subsuperfície (0-100 metros), a Água Subtropical formada na zona da Convergência Subtropical é observada a 130 km da costa, no outono, e a 230 km desta na superfície, e até 30 metros de profundidade, na primavera.

Região norte (25° sul-30° sul): As secções que se superpõem nesta região são: NP - Norte/Primavera (Figura 3.1) e NO - Norte/Outono (Figura 3.40), sendo que ambas apresentam extensão aproximada de 470 km.

A estrutura vertical de temperatura e salinidade na secção NP (Figuras 3.14 e 3.15) indica que a massa de água Tropical, característica da Corrente do Brasil, encontra-se a 210 km da costa, entre a superfície e 170 metros de profundidade. Na secção NO (Figuras 3.51 e 3.52), esta massa de água encontra-se mais próxima da costa, na superfície e na subsuperfície. Em superfície a massa de água Tropical dista 140 km da costa, atingindo 130 metros de profundidade, e dista 20 km dela próximo de 35 metros de profundidade. Ainda nesta secção, ao longo da plataforma continental, as águas costeiras e a massa de água de origem Subtropical concentram-se nos primeiros 35 metros de profundidade. Esta última massa de água é observada em superfície a 20 e a 110 km da costa, sendo que a 110 km ela estende-se em 30 km na direção da região oceânica. No caso da secção NP, a água de origem Subtropical encontra-se melhor definida a 120 km da costa, abaixo da profundidade de 35 metros, onde apresenta 50 km de extensão.

b) Secções verticais ao longo da costa - Primavera/1977-Outono/1978

A secção vertical ao longo da costa, obtida com os dados oceanográficos da estação da primavera, apresenta uma extensão de 1600 km (Figura 3.1), enquanto a secção referente ao outono apresenta uma extensão de 1435 km (Figura 3.40).

Considerando a estrutura vertical de temperatura e salinidade na secção vertical ao longo da costa na primavera (Figuras 3.17 e 3.18), a massa de água de origem Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas é observada inicialmente próxima de $37^{\circ}30'$ sul, ocupando uma faixa estreita de aproximadamente 50 km, na camada de mistura (0-100 metros). Esta massa de água em direção à região norte atinge 35° sul, onde ocupa os primeiros 100 metros de profundidade. Na secção vertical ao longo da costa no outono (Figuras 3.54 e 3.55), a massa de água Subantártica, com influência de águas costeiras próxima à superfície, estende-se ao longo de toda a plataforma continental (500 km). Na camada de mistura (0-100 metros), esta massa de água concentra-se em média na profundidade de 40 metros, entre 38° sul e $35^{\circ}30'$ sul.

Na primavera, a maior influência da massa de água de origem Subtropical, na camada de mistura (0-100 metros), é observada na região do talude continental, entre 35° sul e 34° sul, com 50 km de extensão. Próximo à superfície, esta massa de água é encontrada centrada próxima a 33° sul e, também entre $32^{\circ}30'$ sul e $31^{\circ}30'$ sul, onde ocupa 40 metros de espessura e aproximadamente 100 km de extensão. A massa de água Subtropical, no outono, é observada nos primeiros 100 metros de profundidade, com 50 km de extensão, próximo à borda da plataforma continental, entre 35° sul e $34^{\circ}30'$ sul. Na região central e norte, esta massa de água, que é parte da Água Central do Atlântico Sul, é observada entre 200 e 500 metros de profundidade.

Na secção vertical ao longo da costa referente à primavera, verifica-se que a massa de água de origem Tropical, característica da Corrente do Brasil, encontra-se na superfície próxima de $31^{\circ}30'$ sul, podendo ser observada desde 28° sul numa extensão de 560 km. Sob a massa de água de origem Subtropical com influência de águas costeiras, a massa de água Tropical é observada aproximadamente até $34^{\circ}30'$ sul, na profundidade média de 75 metros; considerando-se sua extensão em superfície e subsuperfície, esta massa de água é verificada em 1030 km. No outono, a massa de água Tropical observada desde $29^{\circ}30'$ sul aproxima-se de 35° sul, entre a superfície e a profundidade de 100 metros, podendo ser notada, em média em 860 km de extensão.

Pela análise da estrutura vertical de temperatura e salinidade, na secção vertical ao longo da costa, pode-se verificar que na primavera a frente formada pelas águas de origem Subantártica, Subtropical e Tropical concentra-se na região do talude continental, próximo a $34^{\circ}30'$ sul, com 50 km de extensão. A frente devido à maior influência de salinidade, formada entre águas costeiras e Subtropical com influência de Água Tropical, é observada desde $31^{\circ}30'$ sul até $34^{\circ}30'$ sul, na superfície e até uma profundidade aproximada de 50 metros, com 520 km de extensão. Por outro lado, no outono, a frente devido à contribuição das águas de origem oceânica encontra-se próxima de 35° sul, no prolongamento da borda da plataforma continental, com forte termoclina ao longo desta plataforma.

2) Verão/1981 - Inverno/1965

a) Secções verticais perpendiculares à costa

Região sul (35° sul - 40° sul): As secções que se superpõem nesta região são: SV - Sul/Verão (Figura 3.23) e SI - Sul/Inverno (Figura 3.57), com extensão de aproximadamente 550 e 340 km referentes às estações do verão e inverno, respectivamente.

Utilizando os resultados da secção vertical SV de temperatura e salinidade (Figuras 3.28 e 3.29), verifica-se que a massa de água Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas dista aproximadamente 140 km da costa, nos primeiros 80 metros de profundidade, entre a região costeira e a oceânica. Um núcleo desta corrente encontra-se a 180 km da costa, entre a superfície e 100 metros de profundidade. Esta massa de água, ocupando uma extensão de 300 km, delimita-se com as águas de origem Subtropical e Tropical. Na secção SI (Figuras 3.61 e 3.62), a massa de água Subantártica encontra-se mais próxima da costa, distando 120 km dela e estendendo-se, em direção a região oceânica, em 220 km na superfície e até uma profundidade de 100 metros. A 220 km da costa, pode-se observar um núcleo da Corrente das Malvinas na

superfície e até 70 metros de profundidade. As massas de água Subtropical e Tropical não são observadas nesta secção, possivelmente devido à sua pouca extensão.

Desta análise, pode-se observar que o ramo costeiro da Corrente das Malvinas, transportando a massa de água Subantártica, encontra-se mais próximo da costa no inverno (120 km) e mais afastado no verão (140 km), possivelmente devido a um maior afluxo de águas costeiras na região da plataforma continental. Por outro lado, o núcleo da Corrente das Malvinas é observado mais próximo da costa no verão (180 km) e mais afastado no inverno (220 km). Particularmente nestas secções (SV e SI), a Água Intermediária Antártica é observada em menores profundidades (90-100 metros), próximo às regiões do talude e oceânica.

Região central (30° sul-35° sul): As secções que se superpõem nesta região são: CV - Central/Verão (Figura 3.23) e CI - Central/Inverno (Figura 3.57), com extensão de aproximadamente 400 km e 305 km, referentes às estações do verão e inverno, respectivamente.

A estrutura vertical de temperatura e salinidade na secção CV (Figuras 3.31 e 3.32) indica que a Corrente do Brasil aproxima-se da região costeira, distando dela, aproximadamente, 110 km na superfície e até uma profundidade média de 50 metros. A massa de água característica desta corrente, ou seja, Tropical, ocupa na região oceânica praticamente os primeiros 220 metros de profundidade máxima, onde a partir desta encontra-se a massa de água de origem Subtropical. Devido aos movimentos ascendentes, esta última alcança a região da plataforma continental, distando aproximadamente 80 km da costa, entre a superfície e 80 metros de profundidade. Por outro lado, através da secção CI (Figuras 3.64 e 3.65), pode-se verificar que as águas costeiras com influência da água de origem Subantártica estendem-se em 240 km ao longo da plataforma continental. A massa de água de origem Subtropical, próxima à superfície, dista 270 km da costa, ocupando uma extensão de 30 km. Na profundidade de 70 metros esta massa de água localiza-se a 210 km

da costa. A massa de água de origem Tropical delimita-se com esta, próximo à superfície, distando 300 km da costa e 210 km desta na profundidade de 90 metros. Na secção CI a frente formada pela contribuição destas massas de água é observada centrada a 240 km da costa, situando-se nos primeiros 60 metros de profundidade. Por outro lado, na secção CV predomina a massa de água Tropical.

Pode-se observar, portanto, que a massa de água Tropical, transportada pela Corrente do Brasil está mais afastada da costa no inverno. Nesta estação, esta corrente, próximo a superfície, dista 300 km da costa, e no verão, 110 km da costa.

Região norte (25° sul-30° sul): As secções que se superpõem nesta região são: NV - Norte/Verão (Figura 3.23) e NI - Norte/Inverno (Figura 3.57), com extensão de aproximadamente 500 km e 370 km referentes às estações do verão e inverno, respectivamente.

Através da estrutura vertical de temperatura e salinidade na secção NV (Figuras 3.34 e 3.35), verifica-se a predominância de Água Tropical, que dista 180 km da costa na superfície e até uma profundidade de 40 metros, sendo que aproximadamente a 320 km da costa esta água pode atingir uma profundidade máxima de 190 metros. A massa de água de origem Subtropical encontra-se melhor definida nesta secção entre 70 e 440 metros de profundidade, nas regiões do talude e oceânica, e também sobre a plataforma continental a 140 km da costa, entretanto, na profundidade de 40 metros. Por outro lado, pode-se notar através da estrutura vertical de temperatura e salinidade na secção NI (Figuras 3.67 e 3.68) que a massa de água Tropical dista 280 km da costa, próximo à superfície, e 210 km na profundidade média de 50 metros. A massa de água de origem Subtropical na região da plataforma continental situa-se também a 140 km da costa, mas na profundidade de 60 metros.

Nas secções NV e NI, situadas na região norte, pode-se observar que a massa de água Tropical, característica da Corrente do Brasil, encontra-se mais próxima da costa no verão - 180 km,

e mais distante dela no inverno — 280 km, similar ao observado na região central.

b) Secções verticais ao longo da costa - Verão/1981 - Inverno/1965

A secção vertical ao longo da costa, obtida com os dados oceanográficos da estação do verão, apresenta uma extensão de 1680 km (Figura 3.23), enquanto a secção referente ao inverno tem uma extensão de 1815 km (Figura 3.57).

Pode-se observar, através da estrutura vertical de temperatura e salinidade na secção vertical ao longo da costa, no verão (Figuras 3.37 e 3.38), a massa de água Subantártica, transportada pela Corrente das Malvinas, entre 38° sul e 36° sul, numa extensão de 250 km e entre 20 e 80 metros de profundidade. Na secção vertical, ao longo da costa, de temperatura e salinidade, no inverno (Figuras 3.70 e 3.71), esta massa de água é observada entre 39° sul e $37^{\circ}30'$ sul, ocupando uma extensão de 170 km na superfície e até uma profundidade de aproximadamente 50 metros.

Na secção vertical ao longo da costa, no verão, a massa de água Subtropical entre 35° sul e $33^{\circ}30'$ sul ocupa aproximadamente 230 km de extensão, na profundidade de 40 metros. Em direção à superfície, esta massa de água, observada entre 34° sul e 33° sul, embora apresente valores de salinidade entre $35,0^{\circ}/\text{oo}$ e $36,0^{\circ}/\text{oo}$ envolve valores de temperatura próximos de $26,0^{\circ}\text{C}$, que são relativamente maiores em relação ao máximo valor adotado ($20,0^{\circ}\text{C}$) na classificação desta massa de água. No inverno, a massa de água de origem Subtropical, próximo à superfície, é observada entre 36° sul e 35° sul, numa extensão de 130 km e ocupa os primeiros 130 metros de profundidade. Em $33^{\circ}30'$ sul, esta massa de água encontra-se abaixo de 40 metros de profundidade e em 90 metros, delimita-se ao norte dessa secção com a Água Tropical. Entre 30° sul e $29^{\circ}30'$ sul, a massa de água Subtropical em direção à superfície ocupa 100 km de extensão.

No verão, a massa de água Tropical transportada pela Corrente do Brasil atinge 34°su na profundidade de 100 metros, sendo notada desde 28°su ao longo de 1000 km. No inverno, esta massa de água, em direção a região sul mergulha sob a massa de água de origem Subtropical e águas costeiras e atinge $33^{\circ}30'\text{su}$ na profundidade de 90 metros, sendo observada desde $25^{\circ}30'\text{su}$ numa extensão de 1080 km. Próximo a superfície a massa de água Tropical atinge $33^{\circ}30'\text{su}$ no verão e $29^{\circ}30'\text{su}$ no inverno, sendo verificada em 850 km e 520 km de extensão, respectivamente.

Considerando a análise das massas de água realizada na seção vertical ao longo da costa, no verão, pode-se observar a presença de duas frentes de temperatura em direção à superfície; uma é verificada abaixo de $35^{\circ}30'\text{su}$, entre a superfície e 100 metros de profundidade, e está relacionada com as águas costeiras com influência das águas Subantártica e Subtropical. A outra frente está centrada em 34°su , com 70 km de extensão, formada entre as águas costeiras com influência das águas Subtropical e Tropical. Tanto a primeira como a segunda são similares àquelas observadas na distribuição horizontal de temperatura na superfície (Figura 3.24). Deve-se salientar que a frente de temperatura na superfície, situada na região costeira entre 36°su e $37^{\circ}30'\text{su}$, encontra-se deslocada por 125 km em relação à frente na subsuperfície, situada entre 10 e 100 metros de profundidade e localizada entre 35°su e 36°su .

No inverno, a estrutura vertical de temperatura na seção vertical ao longo da costa mostra também a presença de duas frentes. Na região sul, a frente de temperatura encontra-se abaixo de $37^{\circ}30'\text{su}$ sendo observada em 157 km de extensão, e é formada pela massa de água Subantártica transportada pela Corrente das Malvinas e pela massa de água Intermediária Antártica. Na região central, esta frente localiza-se entre $33^{\circ}30'\text{su}$ e $29^{\circ}30'\text{su}$, com 430 km de extensão, próximo à superfície. Esta última é fortemente influenciada pelo núcleo da Corrente do Brasil, e recebe também a contribuição de águas costeiras com influência da água de origem Subtropical.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES DE DADOS DO SATÉLITE SMS-2

4.1 - PROCESSAMENTO AUTOMÁTICO DAS IMAGENS - VISSR/SMS-2

Seguindo a metodologia adotada, inicialmente a área de treinamento foi delimitada dentro da área global da imagem no vídeo do Sistema IMAGE-100, visando obter as principais características do sistema de correntes. As coordenadas da área de treinamento, que contém 256 "pixels" x 256 linhas de varredura, estão inseridas dentro das coordenadas da imagem global, que correspondem a:

$$Sx_1 = 0 \quad Sy_1 = 0 \quad Sx_2 = 1911 \quad Sy_2 = 1911 \dots \dots \dots \text{SMS-2}$$

$$Ix_1 = 0 \quad Iy_1 = 0 \quad Ix_2 = 511 \quad Iy_2 = 511 \dots \dots \dots \text{IMAGE-100,}$$

onde:

x - representa a contagem de "pixels",

y - representa as linhas de varredura.

Inicialmente a imagem da área de treinamento ampliada foi submetida, quando conveniente, duas vezes ao programa "Contrast Stretch" de modo consecutivo; posteriormente, foi utilizado o programa "MD5FIL", com filtros "passa alta" que deixam passar as altas frequências, o que resultou numa imagem onde as variações da temperatura equivalente de Corpo Negro (T_{CN}) da superfície do mar foram observadas através da intensidade de níveis de cinza. Os níveis mais escuros correspondem a temperaturas mais quentes e os níveis mais claros a temperaturas mais frias, o que pode indicar a ocorrência da Corrente do Brasil, águas costeiras, Corrente das Malvinas e Frente Oceânica Subtropical (zona da Convergência Subtropical).

A segunda fase constitui a classificação temática dos campos de água da região. Os programas "Cluster Synthesis" e "Grey Level Slicer" foram aplicados na imagem original ampliada. O primeiro, com a finalidade de verificar a disposição espacial dos "pixels", e o segundo, com a finalidade de obter a classificação temática da imagem associada a intervalos de temperatura. Um dos critérios adotados nesta classificação foi verificar os intervalos de níveis de cinza que pudessem representar campos de água relativamente contínuos no sistema de correntes. Os correspondentes intervalos de temperatura equivalente de Corpo Negro, como já mencionado, foram obtidos pelo uso da tabela de conversão de contagem digital (nível de cinza) x temperatura equivalente de Corpo Negro ($^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{F}$, $^{\circ}\text{K}$), disponível para o satélite SMS-2 (Apêndice B). A cada intervalo de nível de cinza foi relacionada uma cor padrão definida para cada região de interesse, obtida através do programa GERCOR (Geração de Cores). Como indicado na metodologia, os valores desta tabela não se alteram devido ao processo de calibração dos sensores que introduz correções na relação radiação/temperatura. Deve-se considerar, entretanto, que devido aos efeitos causados pela absorção atmosférica, os valores de temperatura observados pelo satélite SMS-2 tendem a ser menores (de 2°C até 6°C) que a temperatura real da superfície do mar, como será observado na análise comparativa entre estes dados e os dados oceanográficos e do Projeto GOSSTCOMP, realizada no Capítulo 5 (Secção 5.1).

Uma das desvantagens do uso de um único canal, no caso infravermelho termal, com o método de classificação utilizado é que, muitas vezes, nuvens presentes na área de interesse apresentam o mesmo intervalo de nível de cinza classificado para os campos de água e, conseqüentemente, são incluídos como pertencentes ao mesmo tema. Em algumas imagens estudadas, embora com presença de nuvens baixas, pôde-se observar campos de água mais quente, caracterizados por níveis de cinza menores. Na classificação temática, torna-se praticamente impossível eliminar as nuvens sobre o oceano, uma vez que neste trabalho foi possível a utilização de somente um canal, não sendo conveniente a eliminação das nuvens por processo visual.

4.1.1 - CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA REGIÃO DA FRENTE OCEÂNICA SUBTROPICAL ENTRE A CORRENTE DO BRASIL E A CORRENTE DAS MALVINAS

Dependendo das características da imagem, tais como percentagem de cobertura de nuvens, variação da temperatura equivalente de Corpo Negro, forma e estrutura de um determinado campo de água, foram classificados de seis a oito temas.

Na classificação temática, a razão de um mesmo tema corresponder a dois ou mais campos de água diferentes é que estes apresentam o mesmo intervalo de temperatura, embora possam estar localizados em regiões diferentes. Normalmente, a situação encontrada no campo de água é que as maiores temperaturas estão associadas às águas transportadas pela Corrente do Brasil e as menores temperaturas, associadas às da Corrente das Malvinas. Associadas ao espectro termal destes campos de água observam-se as águas costeiras e águas do Rio da Prata. Na região ao largo do estuário deste rio, a Corrente do Brasil, em direção a altas latitudes, forma um centro de alta temperatura, circundado a oeste desta corrente por águas costeiras e ramificações costeiras e oceânicas da Corrente das Malvinas, e a leste, por ramificações oceânicas desta última, formando portanto uma configuração semelhante a uma cunha. Dependendo da estação do ano, as águas costeiras e as águas do Rio da Prata apresentam o mesmo intervalo de temperatura correspondente às águas transportadas pela Corrente do Brasil, ou águas transportadas pela Corrente das Malvinas.

Basicamente, em todas as imagens estudadas verificou-se a ocorrência da Corrente do Brasil, águas costeiras e do Rio da Prata, Corrente das Malvinas e da Frente Oceânica Subtropical (zona da Convergência Subtropical). Em algumas imagens, pôde-se observar a presença de meandros associados normalmente com a água quente da Corrente do Brasil. Com a finalidade de obter uma classificação conveniente para inserir os diferentes campos de água presentes na região, fizeram-se as seguintes considerações:

A Corrente do Brasil insere em seu interior campos de maior temperatura; portanto, esta corrente foi subdividida, quando necessário, em: núcleo da Corrente do Brasil, ramificações intermediária, envolvente e oceânica. A Corrente das Malvinas foi subdividida em: ramos costeiro, intermediário e oceânico. Na classificação temática a ocorrência de uma determinada subdivisão dependeu das características dos campos de água, tanto da Corrente do Brasil como da Corrente das Malvinas, que pudessem estar inseridas em uma determinada imagem.

As Tabelas 4.1 a 4.15 resumem a classificação temática das imagens selecionadas no período de janeiro de 1980 a março de 1981. Nestas tabelas, cada tema é relacionado a um intervalo de nível de cinza ou nível digital, que corresponde a um intervalo de temperatura equivalente de Corpo Negro. A classificação correspondente a cada tema é também indicada. Breves comentários são feitos a seguir, principalmente quanto à localização da Corrente do Brasil, zona da Convergência Subtropical e Corrente das Malvinas, que podem ser observadas nas Figuras 4.1 a 4.15. Nestas figuras, o caractere mais escuro, associado a temperaturas mais quentes, corresponde normalmente às águas transportadas pela Corrente do Brasil, e o caractere mais claro, associado a temperaturas mais frias, corresponde geralmente às águas transportadas pela Corrente das Malvinas. Por outro lado, as nuvens sobre o oceano, com a mesma temperatura da superfície do mar, podem estar representadas também nestas figuras com os mesmos caracteres.

Classificação temática da imagem de 15 de janeiro de 1980 - 12:17 HL

Embora com a presença de nuvens baixas sobre a região oceânica, as ramificações oeste da Corrente do Brasil são bem observadas a partir de 36° sul, atingindo aproximadamente $40^{\circ}30'$ sul próximo a 054° oeste (Figura 4.1). Em 38° sul pode-se verificar a Corrente do Brasil numa extensão leste/oeste de 545 km, distando 310 km da costa. No seu percurso para leste esta corrente atinge 42° sul em 050° oeste, com valores de temperatura equivalente de Corpo Negro (T_{CN}) entre $14,3^{\circ}\text{C}$ e $15,8^{\circ}\text{C}$, que são relativamente baixos devido à presença de nuvens na re

gião. O núcleo desta corrente, como também as águas costeiras e as do Rio da Prata, apresentam valores de temperatura (T_{CN}) entre $16,3^{\circ}\text{C}$ e $19,3^{\circ}\text{C}$.

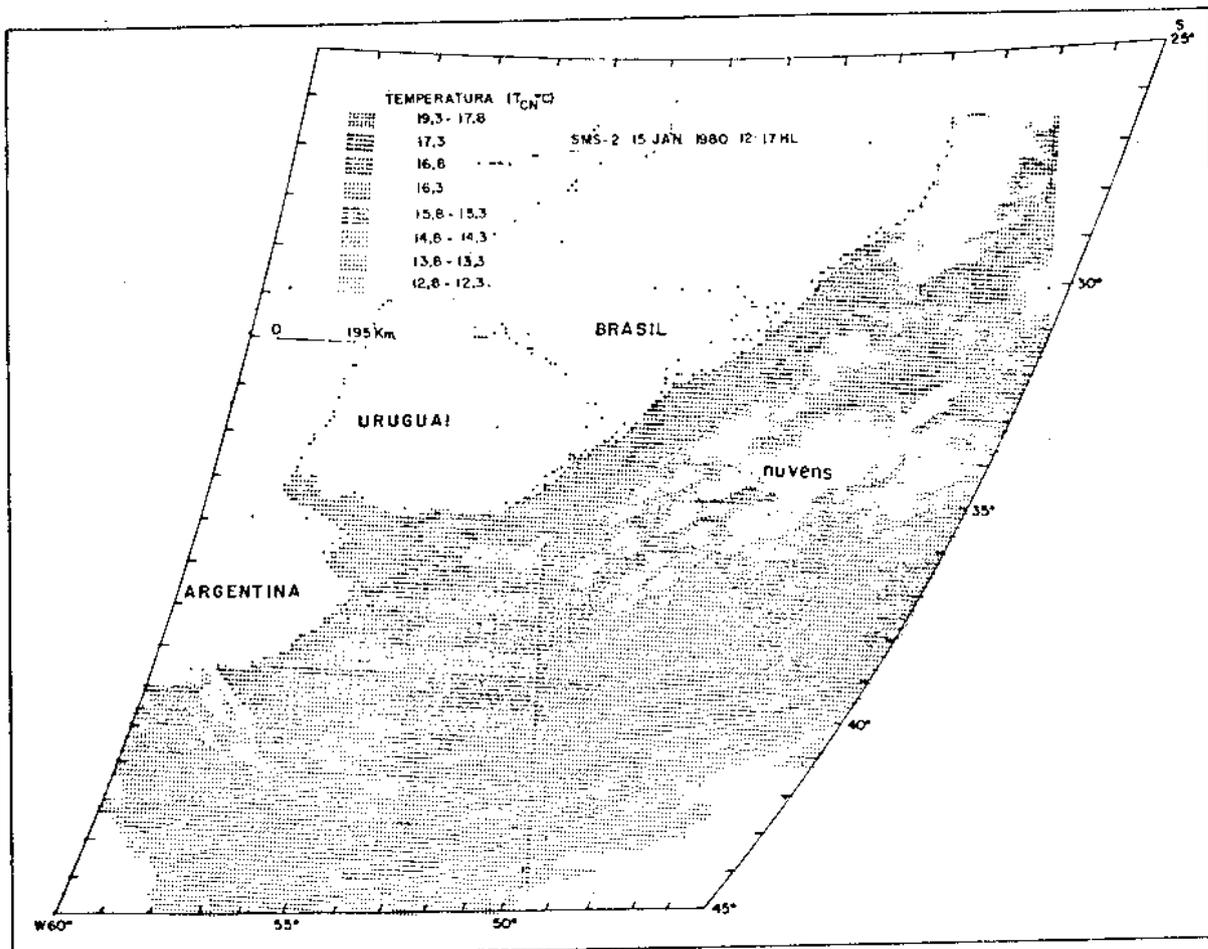


Fig. 4.1 - Classificação temática da imagem de 15 de janeiro de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

As ramificações da Corrente das Malvinas, a oeste da Corrente do Brasil, são observadas próximas de $36^{\circ}30'$ sul- 37° sul e 054° oeste, com 115 km de extensão na direção zonal, distando de seu centro 255 km da costa. No campo desta corrente, incluindo ramificações costeiras e oceânicas, a temperatura (T_{CN}) varia entre $12,3^{\circ}\text{C}$ e $14,3^{\circ}\text{C}$. Pode-se notar a região da Frente Oceânica Subtropical entre 36° sul e 42° sul e 050° oeste e 055° oeste, sendo que a posição média de sua fron

teira oeste, em 38°sul, encontra-se próxima de 054°30'oeste. A Tabela 4.1 resume a classificação temática.

TABELA 4.1

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 15 DE JANEIRO DE 1980 - 12:17 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | T _{CN} (°C) | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|----------------------|--|
| 1 | 75 - 78 | 19,3 - 17,8 | Rio da Prata. |
| 2 | 79 | 17,3 | Rio da Prata, núcleo da Corrente do Brasil. |
| 3 | 80 | 16,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 4 | 81 | 16,3 | Águas costeiras. |
| 5 | 82 - 83 | 15,8 - 15,3 | Corrente do Brasil, águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 6 | 84 - 85 | 14,8 - 14,3 | Corrente do Brasil (envolvente e oceânica), águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo intermediário). |
| 7 | 86 - 87 | 13,8 - 13,3 | Corrente das Malvinas (ramo intermediário). |
| 8 | 88 - 89 | 12,8 - 12,3 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |

Classificação temática da imagem de 13 de fevereiro de 1980 - 12:18 HL

As ramificações da Corrente do Brasil próximas à região costeira são observadas desde 28°sul, estendendo-se até 43°30'sul e avançando próximo de 055°oeste (Figura 4.2). Neste percurso a temperatura (T_{CN}) pode variar entre 11,3°C e 22,3°C. Em 38°sul esta corrente apresenta uma extensão leste/oeste de aproximadamente 390 km. Entre 40°sul e 45°sul, ela situa-se praticamente entre 050°oeste e 055°oeste,

sendo que sua fronteira oeste nesta região desloca-se em forma de onda, o que sugere instabilidade termal. À medida que a Corrente do Brasil dirige-se para o sul, sua temperatura (T_{CN}) diminui devido a influência das águas mais frias transportadas pela Corrente das Malvinas. Entre 41°sul e 44°sul, observa-se um núcleo relativamente isotermaí no campo da Corrente das Malvinas, com temperatura (T_{CN}) de 11,8°C e 220 km de largura, em média. Esta classificação está indicada na Tabela 4.2.

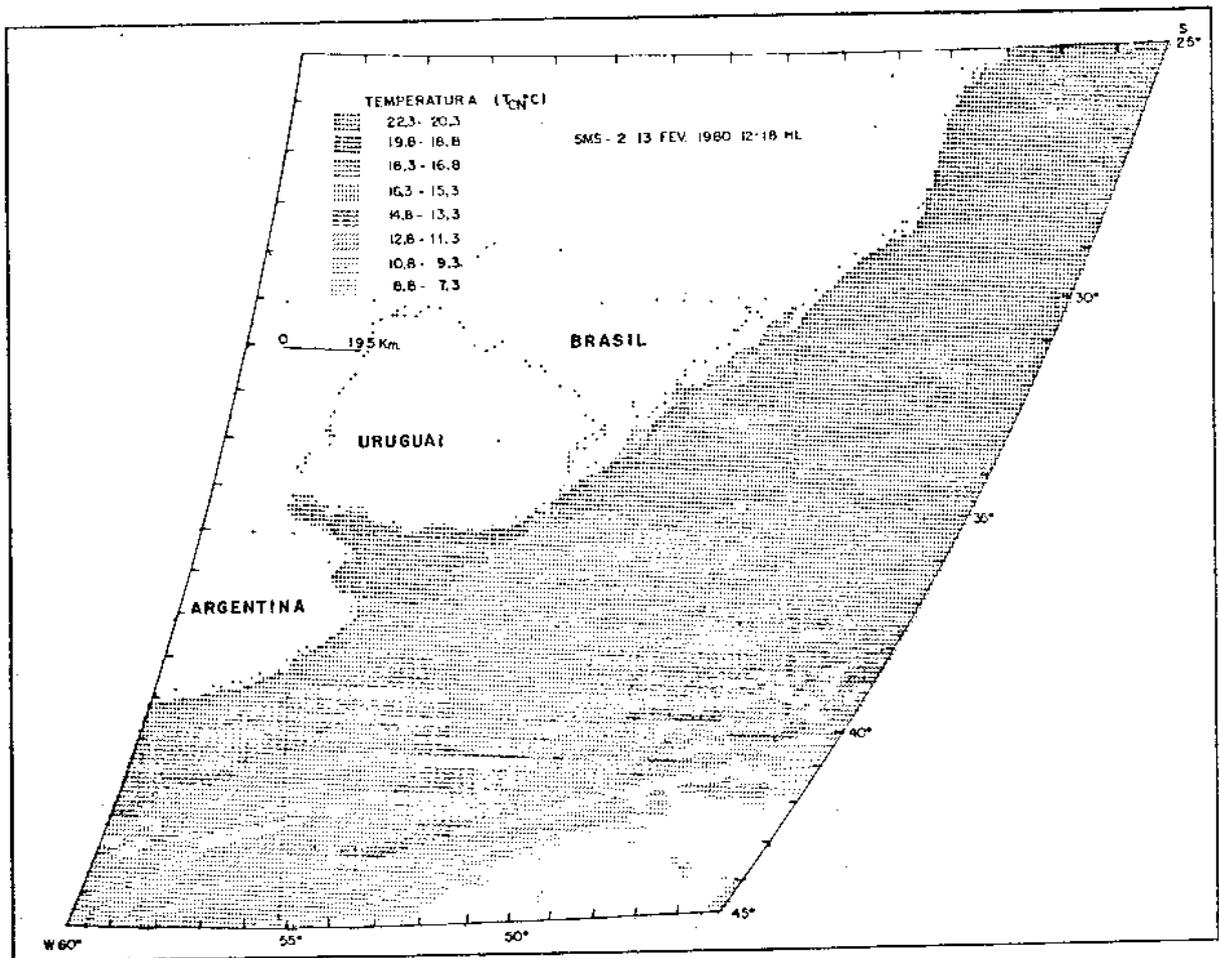


Fig. 4.2 - Classificação temática da imagem de 13 de fevereiro de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

TABELA 4.2

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 13 DE FEVEREIRO DE 1980 - 12:18 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | T _{CN} (°C) | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|----------------------|---|
| 1 | 69 - 73 | 22,3 - 20,3 | Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 2 | 74 - 76 | 19,8 - 18,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras, Rio da Prata. |
| 3 | 77 - 80 | 18,3 - 16,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 4 | 81 - 83 | 16,3 - 15,3 | Corrente do Brasil, águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 5 | 84 - 87 | 14,8 - 13,3 | Corrente do Brasil, águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro e intermediário). |
| 6 | 88 - 91 | 12,8 - 11,3 | Corrente do Brasil (envolvente), Corrente das Malvinas (ramo intermediário e oceânico). |
| 7 | 92 - 95 | 10,8 - 9,3 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |
| 8 | 96 - 99 | 8,8 - 7,3 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |

A possível influência do ramo costeiro da Corrente das Malvinas é observado até 35°sul - 36°sul e $053^{\circ}30'\text{oeste}$. Esta corrente em 40°sul apresenta uma extensão de 160 km, distando de seu centro aproximadamente 310 km da costa. Em 42°sul esta corrente avança em direção ao meridiano de 054°oeste , comprimindo a Corrente do Brasil para leste. Os valores de temperatura (T_{CN}) entre 35°sul e 45°sul variam entre $7,3^{\circ}\text{C}$ e $18,3^{\circ}\text{C}$. Na região entre 30°sul e 35°sul , as águas costeiras com influência da Corrente do Brasil envolvem temperaturas em torno de $18,8^{\circ}\text{C}$ e $19,3^{\circ}\text{C}$. A zona da Convergência Subtropical encontra-se entre 35°sul e 45°sul e 051°oeste e $054^{\circ}30'\text{oeste}$, sendo que as maiores variações de temperatura são observadas abaixo de 39°sul , com mínima variação entre 37°sul e 39°sul .

Classificação temática da imagem de 27 de março de 1980 - 12:18 HL

Na região oceânica, em frente e nas proximidades da Lagoa dos Patos a cobertura de nuvens é completa (Figura 4.3). Ao largo da região do Rio da Prata, entre 36°sul e 38°sul e 050°oeste e 055°oeste , embora haja cobertura parcial de nuvens, pode-se observar um prolongamento da Corrente do Brasil, avançando em direção a 41°sul , com extensão transversal ao seu curso de 117 km em 38°sul . O núcleo mais quente desta corrente com temperatura (T_{CN}) entre $19,8^{\circ}\text{C}$ e $21,8^{\circ}\text{C}$ é observado somente ao longo de 35°sul , próximo de 045°oeste .

A confluência entre a Corrente das Malvinas e a Corrente do Brasil é melhor verificada próximo de $37^{\circ}30'\text{sul}$ em $054^{\circ}30'\text{oeste}$, com extensão transversal ao seu curso de 115 km e temperatura (T_{CN}) entre $14,8^{\circ}\text{C}$ e $16,3^{\circ}\text{C}$. Uma pequena parte da fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical é observada entre $37^{\circ}30'\text{sul}$ e 41°sul , próximo de 055°oeste . A classificação temática está indicada na Tabela 4.3.

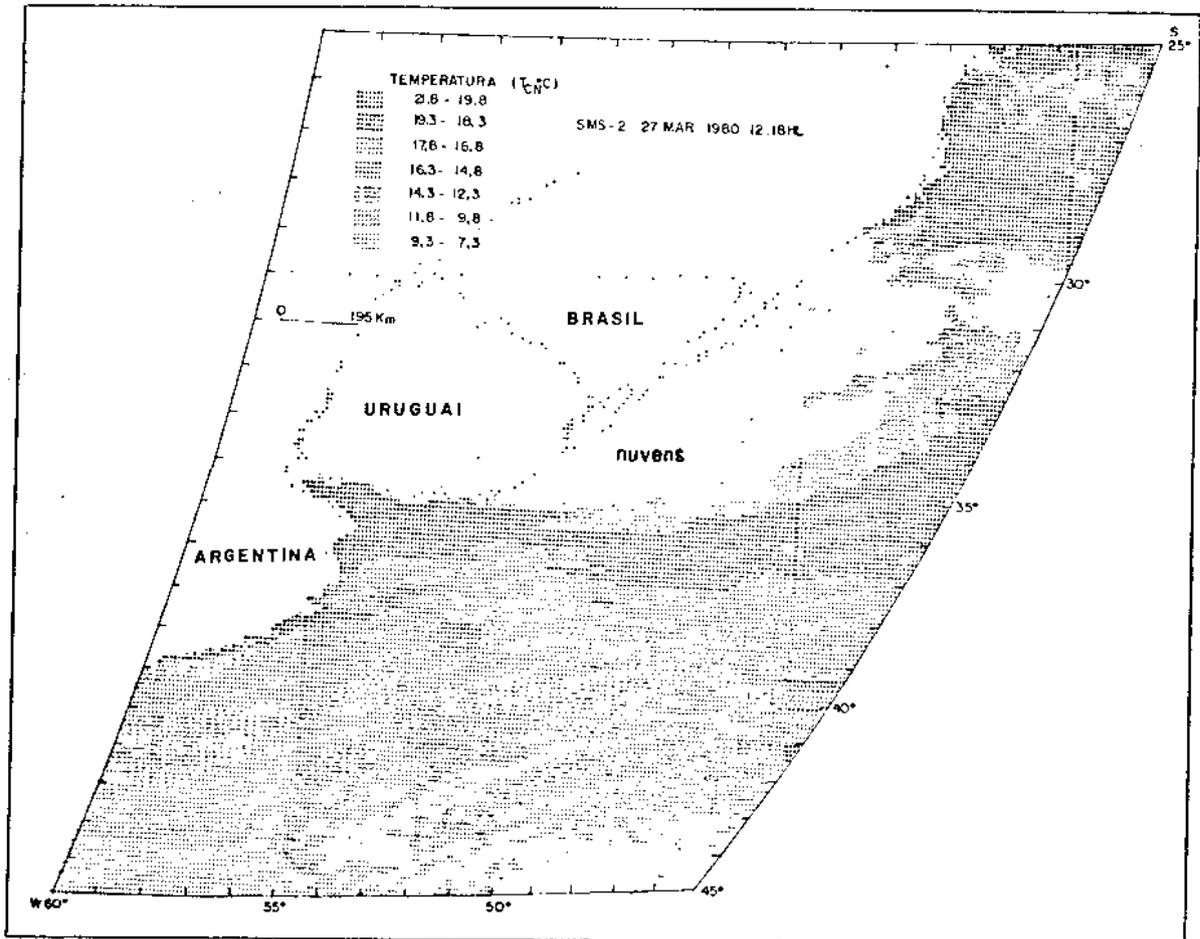


Fig. 4.3 - Classificação temática da imagem de 27 de março de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

TABELA 4.3

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 27 DE MARÇO DE 1980 - 12:18 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | T _{CN} (°C) | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|----------------------|--|
| 1 | 70 - 74 | 21,8 - 19,8 | Núcleo da Corrente do Brasil, águas costeiras, Rio da Prata. |
| 2 | 75 - 77 | 19,3 - 18,3 | Corrente do Brasil, águas costeiras, Rio da Prata. |
| 3 | 78 - 80 | 17,8 - 16,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 4 | 81 - 84 | 16,3 - 14,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 5 | 85 - 89 | 14,3 - 12,3 | Corrente do Brasil, águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo intermediário). |
| 6 | 90 - 94 | 11,8 - 9,8 | Corrente das Malvinas (ramo intermediário). |
| 7 | 95 - 99 | 9,3 - 7,3 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |

Classificação temática da imagem de 16 de abril de 1980 - 12:16 HL

Na imagem analisada, verificou-se grande contaminação de nuvens baixas na região oceânica, no início da foz do Rio da Prata e parte da região norte (25°sul-27°sul), como se observa na Figura 4.4.

As águas costeiras com influência das águas transportadas pela Corrente do Brasil, próximo à foz do Rio da Prata e na região entre 27°sul e 31°sul e 044°oeste e 048°oeste, apresentam valores de temperatura (T_{CN}) entre 18,8°C e 21,8°C. Entre 35°sul e 45°sul um pequeno núcleo da Corrente do Brasil é observado centrado em 39°sul e 054°30'oes

te, com 155 km de largura e temperatura (T_{CN}) que varia entre $16,3^{\circ}\text{C}$ e $18,3^{\circ}\text{C}$. Em 40°S a Corrente do Brasil aproxima-se de 055°O este, unindo-se às ramificações intermediária e oceânica da Corrente das Malvinas. Estas últimas envolvem temperaturas (T_{CN}) entre $9,3^{\circ}\text{C}$ e $11,8^{\circ}\text{C}$ e $7,3^{\circ}\text{C}$ e $8,8^{\circ}\text{C}$, respectivamente (Tabela 4.4). Embora com a presença de nuvens baixas, pode-se observar a Corrente do Brasil até 43°S , centrada em 053°O este.

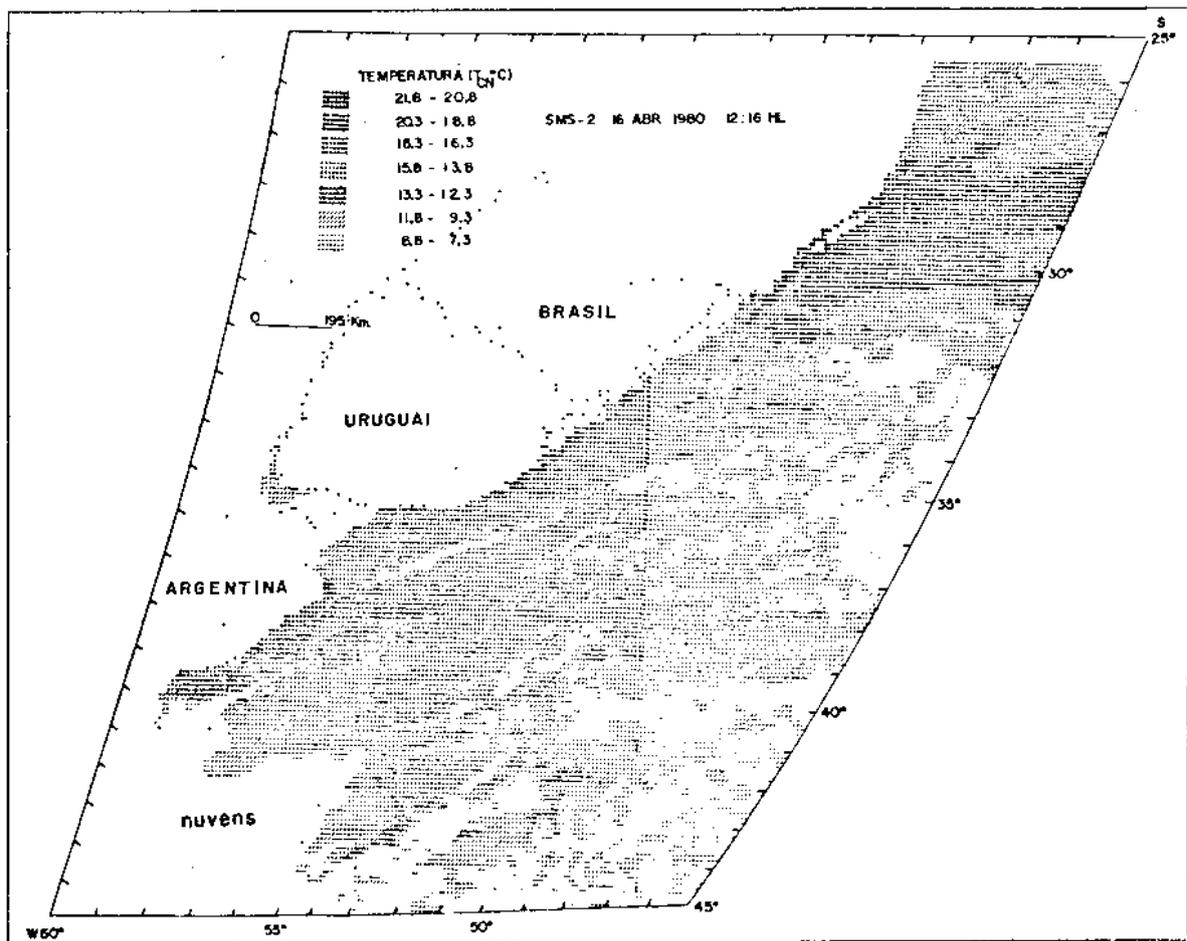


Fig. 4.4 - Classificação temática da imagem de 16 de abril de 1980 - canal i.v. termal - região da frente Oceânica Subtropical.

TABELA 4.4

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 16 DE ABRIL DE 1980 - 12:16 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | $T_{CN}(^{\circ}C)$ | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|---------------------|---|
| 1 | 70 - 72 | 21,8 - 20,8 | Núcleo da Corrente do Brasil. |
| 2 | 73 - 76 | 20,3 - 18,8 | Corrente do Brasil (intermediária), águas costeiras. |
| 3 | 77 - 81 | 18,3 - 16,3 | Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 4 | 82 - 86 | 15,8 - 13,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras, Rio da Prata. |
| 5 | 87 - 89 | 13,3 - 12,3 | Corrente do Brasil (envolvente), Rio da Prata, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 6 | 90 - 95 | 11,8 - 9,3 | Corrente das Malvinas (ramo intermediário). |
| 7 | 96 - 99 | 8,8 - 7,3 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |

O ramo costeiro da Corrente das Malvinas é observado próximo de 36° sul e 39° sul e 054° oeste e 056° oeste, enquanto o ramo intermediário desta corrente situa-se aproximadamente entre 38° sul e 41° sul e 055° oeste e 057° oeste, com 60 km de extensão na direção zonal. A temperatura (T_{CN}) nestas regiões pode variar entre $7,3^{\circ}C$ e $13,3^{\circ}C$.

Devido à cobertura de nuvens, pode-se verificar a zona da Convergência Subtropical entre 36° sul e 40° sul e 054° oeste e 056° oeste e entre 41° sul e 43° sul e 053° oeste e 055° oeste.

Classificação temática da imagem de 28 de maio de 1980 - 12:16 HL

A maior concentração de nuvens é observada na região norte entre 25°sul e 30°sul, Rio da Prata e parte da região oceânica, como mostra a Figura 4.5.

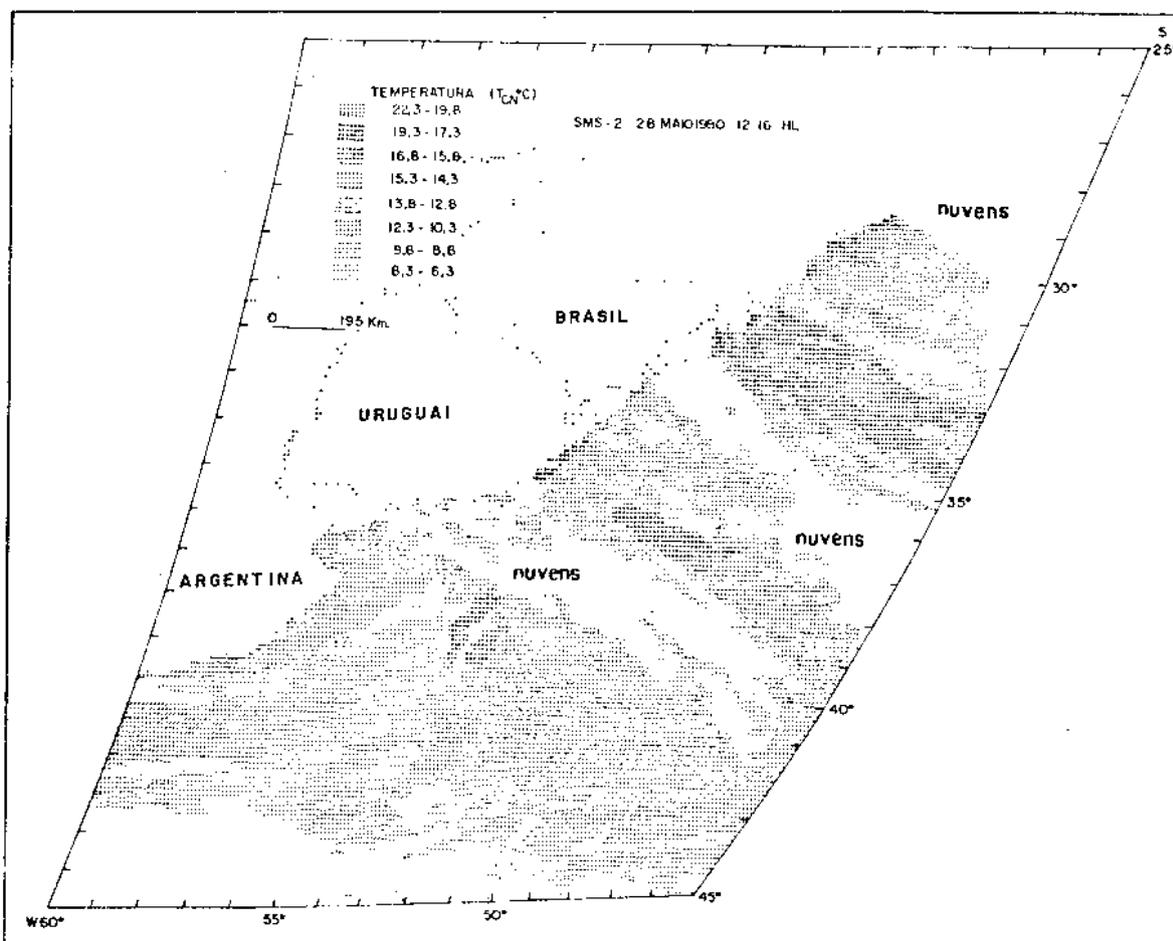


Fig. 4.5 - Classificação temática da imagem de 28 de maio de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

Um pequeno núcleo da Corrente do Brasil encontra-se aproximadamente em 32°sul entre 047°oeste e 048°oeste, com temperatura (T_{CN}) entre 19,8°C e 22,3°C. As águas costeiras com influência das águas transportadas por esta corrente apresentam valores de temperatura (T_{CN}) entre 17,3°C e 19,3°C. A Corrente do Brasil atinge aproximada

mente 42°sul, onde se encontra centrada em 053°oeste, com temperatura (T_{CN}) que pode variar entre 10,3°C e 16,8°C. Em 40°sul esta corrente apresenta uma extensão transversal ao seu curso de aproximadamente 117 km. Entre 41°sul e 43°sul observa-se um meandro com orientação zonal, provavelmente associado às águas transportadas pela Corrente do Brasil, tendo seu centro de curvatura voltado para leste, com 110 km de largura e temperatura (T_{CN}) entre 8,8°C e 9,8°C. A Tabela 4.5 resume a classificação temática.

TABELA 4.5

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 28 DE MAIO DE 1980 - 12:16 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | T_{CN} (°C) | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|---------------|--|
| 1 | 69 - 74 | 22,3 - 19,8 | Núcleo da Corrente do Brasil. |
| 2 | 75 - 79 | 19,3 - 17,3 | Núcleo da Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 3 | 80 - 82 | 16,8 - 15,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 4 | 83 - 85 | 15,3 - 14,3 | Corrente do Brasil, águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 5 | 86 - 88 | 13,8 - 12,8 | Corrente do Brasil (envolvente), águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 6 | 89 - 93 | 12,3 - 10,3 | Corrente do Brasil (envolvente), Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 7 | 94 - 96 | 9,8 - 8,8 | Águas costeiras, meandro (C.B.), Corrente das Malvinas (ramo intermediário). |
| 8 | 97 - 101 | 8,3 - 6,3 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |

Os campos de água da Corrente das Malvinas estão melhor definidos na região a oeste da Corrente do Brasil do que na região a leste desta corrente. Considerando a presença de nuvens, os ramos costeiro e intermediário da Corrente das Malvinas atingem aproximadamente 37° sul, deslocando-se ao longo de 055° oeste. O núcleo mais frio desta corrente com temperatura (T_{CN}) entre $6,3^{\circ}\text{C}$ e $8,3^{\circ}\text{C}$ avança em direção a $053^{\circ}30'$ oeste, na latitude de 40° sul. Nesta latitude, sua extensão é de aproximadamente 100 km.

A região onde se observa a Frente Oceânica Subtropical encontra-se entre 37° sul e 40° sul e 050° oeste e 055° oeste, sendo que sua fronteira oeste está melhor definida que sua fronteira leste.

Classificação temática da imagem de 20 de junho de 1980 - 12:16 HL

Na região entre 25° sul e 30° sul o campo oceânico encontra-se coberto por nuvens (Figura 4.6). A presença de nuvens baixas implica também a presença de vapor de água, o que pode resultar na ocorrência de regiões com temperaturas (T_{CN}) relativamente baixas, como é observada na classificação que se segue.

Entre 30° sul e 35° sul, onde a concentração de nuvens é menos densa, pode-se observar pequenos núcleos da Corrente do Brasil em direção à região sul, com temperaturas (T_{CN}) que variam entre $14,8^{\circ}\text{C}$ e $18,3^{\circ}\text{C}$. Entre 40° sul e 44° sul, esta corrente está bem definida, situando-se entre 052° oeste e 055° oeste, com temperatura (T_{CN}) entre $11,3^{\circ}\text{C}$ e $14,3^{\circ}\text{C}$. Nesta região observa-se um meandro em forma de onda, associado possivelmente à Corrente do Brasil, com 110 km de largura e temperatura (T_{CN}) entre $6,3^{\circ}\text{C}$ e $6,8^{\circ}\text{C}$.

As ramificações costeira e intermediária da Corrente das Malvinas atingem, em média, $37^{\circ}30'$ sul, deslocando-se ao longo de 055° oeste, com temperatura (T_{CN}) entre $6,3^{\circ}\text{C}$ e $9,3^{\circ}\text{C}$. Na região oceânica o intervalo de temperatura (T_{CN}) desta corrente varia entre $4,3^{\circ}\text{C}$ e $5,8^{\circ}\text{C}$, com extensão transversal de 156 km, em 40° sul e 053° oeste.

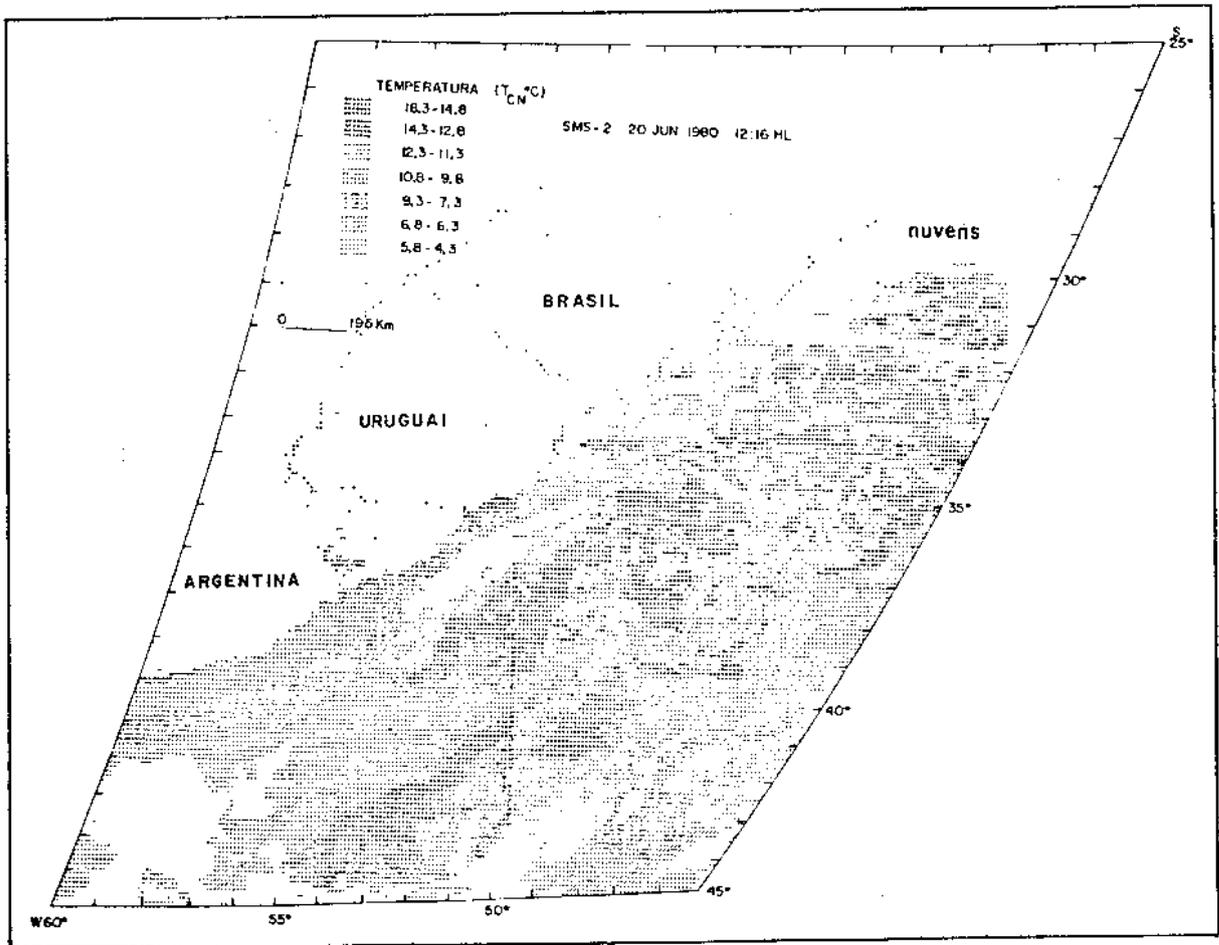


Fig. 4.6 - Classificação temática da imagem de 20 de junho de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

Portanto, a região da Frente Oceânica Subtropical é verificada entre 37° sul e 44° sul e 053° oeste e 056° oeste, a oeste da Corrente do Brasil e entre 40° sul e 44° sul e 052° oeste e 053° oeste, a leste dela, acompanhando o meridiano de 052° oeste. A zona de transição entre estas fronteiras, próximo de 44° sul, apresenta 290 km de extensão. A Tabela 4.6 resume esta classificação.

TABELA 4.6

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 20 DE JUNHO DE 1980 - 12:16 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | $T_{CN} (^{\circ}C)$ | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|----------------------|--|
| 1 | 77 - 84 | 18,3 - 14,8 | Núcleo da Corrente do Brasil. |
| 2 | 85 - 88 | 14,3 - 12,8 | Corrente do Brasil. |
| 3 | 89 - 91 | 12,3 - 11,3 | Corrente do Brasil (envolvente). |
| 4 | 92 - 94 | 10,8 - 9,8 | Corrente do Brasil (envolvente), águas costeiras. |
| 5 | 95 - 99 | 9,3 - 7,3 | Águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 6 | 100 - 101 | 6,8 - 6,3 | Águas costeiras, meandro (C.B.), Corrente das Malvinas (ramo intermediário). |
| 7 | 102 - 105 | 5,8 - 4,3 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |

Classificação temática da imagem de 24 de julho de 1980 - 12:18 HL

O núcleo da Corrente do Brasil com temperatura (T_{CN}) entre $17,3^{\circ}C$ e $18,8^{\circ}C$ é observado a partir de 27° sul (Figura 4.7), estendendo-se ao longo do meridiano de $47^{\circ}30'$ oeste no seu limite oeste. Dirigindo-se para o sul este núcleo atinge 37° sul e situa-se entre 052° oeste e 053° oeste, com 110 km de extensão transversal ao seu curso. Ao longo de todo o percurso, este núcleo é envolvido pelo ramo intermediário da Corrente do Brasil com contribuição de águas costeiras, cujo intervalo de temperatura (T_{CN}) varia entre $14,3^{\circ}C$ e $16,8^{\circ}C$. Pode-se observar a Corrente do Brasil até 39° sul, que se encontra entre 050° oeste e 053° oeste, com 460 km de largura.

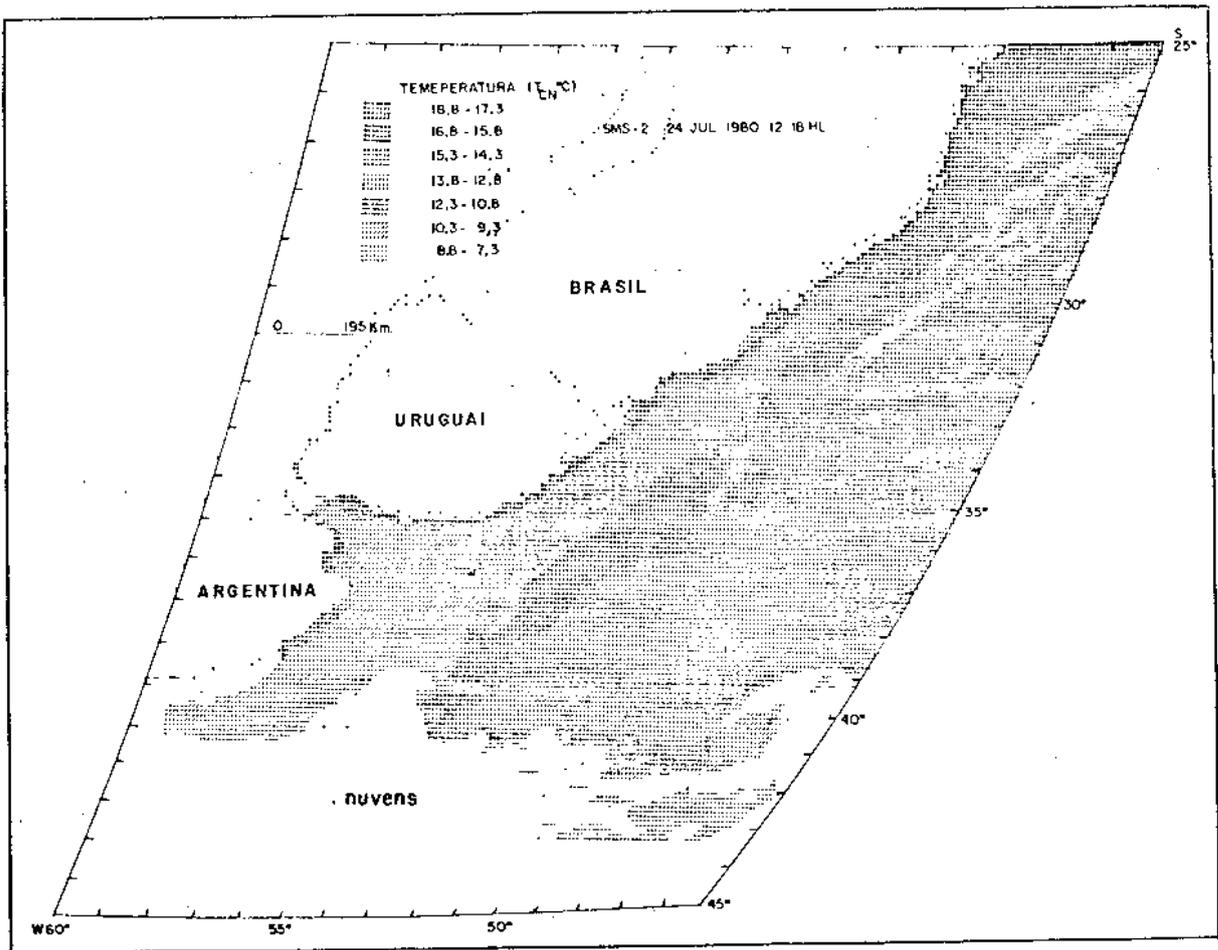


Fig. 4.7 - Classificação temática da imagem de 24 de julho de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

O ramo costeiro da Corrente das Malvinas, pela interação com as águas costeiras avança próximo a 31°sul - $30^{\circ}30'\text{sul}$, com intervalo de temperatura (T_{CN}) entre $12,8^{\circ}\text{C}$ e $13,8^{\circ}\text{C}$. Próximo ao largo da região do Rio da Prata esta corrente envolve valores de temperatura (T_{CN}) entre $7,3^{\circ}\text{C}$ e $8,8^{\circ}\text{C}$, com extensão transversal de 120 km.

A Frente Oceânica Subtropical entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas apresenta um alinhamento paralelo à costa bem definido, a oeste da Corrente do Brasil, observada entre 30°sul e 40°sul . A leste da Corrente do Brasil, na região oceânica, a fronteira entre estas correntes encontra-se próximo de 36°sul . A classificação temática está resumida na Tabela 4.7.

TABELA 4.7

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 24 DE JULHO DE 1980 - 12:18 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | T_{CN} (°C) | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|---------------|--|
| 1 | 76 - 79 | 18,8 - 17,3 | Núcleo da Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 2 | 80 - 82 | 16,8 - 15,8 | Corrente do Brasil (intermediária), águas costeiras. |
| 3 | 83 - 85 | 15,3 - 14,3 | Corrente do Brasil (envolvente e oceânica), águas costeiras. |
| 4 | 86 - 88 | 13,8 - 12,8 | Corrente do Brasil (envolvente e oceânica), águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro e oceânico). |
| 5 | 89 - 92 | 12,3 - 10,8 | Águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro e oceânico). |
| 6 | 93 - 95 | 10,3 - 9,3 | Águas costeiras, Rio da Prata, Corrente das Malvinas (ramo costeiro e intermediário). |
| 7 | 96 - 99 | 8,8 - 7,3 | Águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro, intermediário e oceânico). |

Classificação temática da imagem de 08 de agosto de 1980 - 12:16 HL

Considerando-se a presença de nuvens entre 27°sul e 31°sul, um núcleo da Corrente do Brasil (Figura 4.8), com temperatura (T_{CN}) entre 17,3°C e 18,3°C e 170 km de extensão em média, é observado entre 31°sul e 35°sul, centrado em 049°oeste. Pode-se observar esta corrente aproximadamente até 42°sul; entretanto, ao largo do estuário do Rio da Prata ela não é verificada devido à presença de nuvens densas nesta região. O intervalo de temperatura (T_{CN}) referente às águas cos

teiras com influência da Corrente do Brasil, como também as ramificações intermediária, envolvente e oceânica desta corrente que envolvem seus núcleos mais quentes, varia entre $11,8^{\circ}\text{C}$ e $16,8^{\circ}\text{C}$.

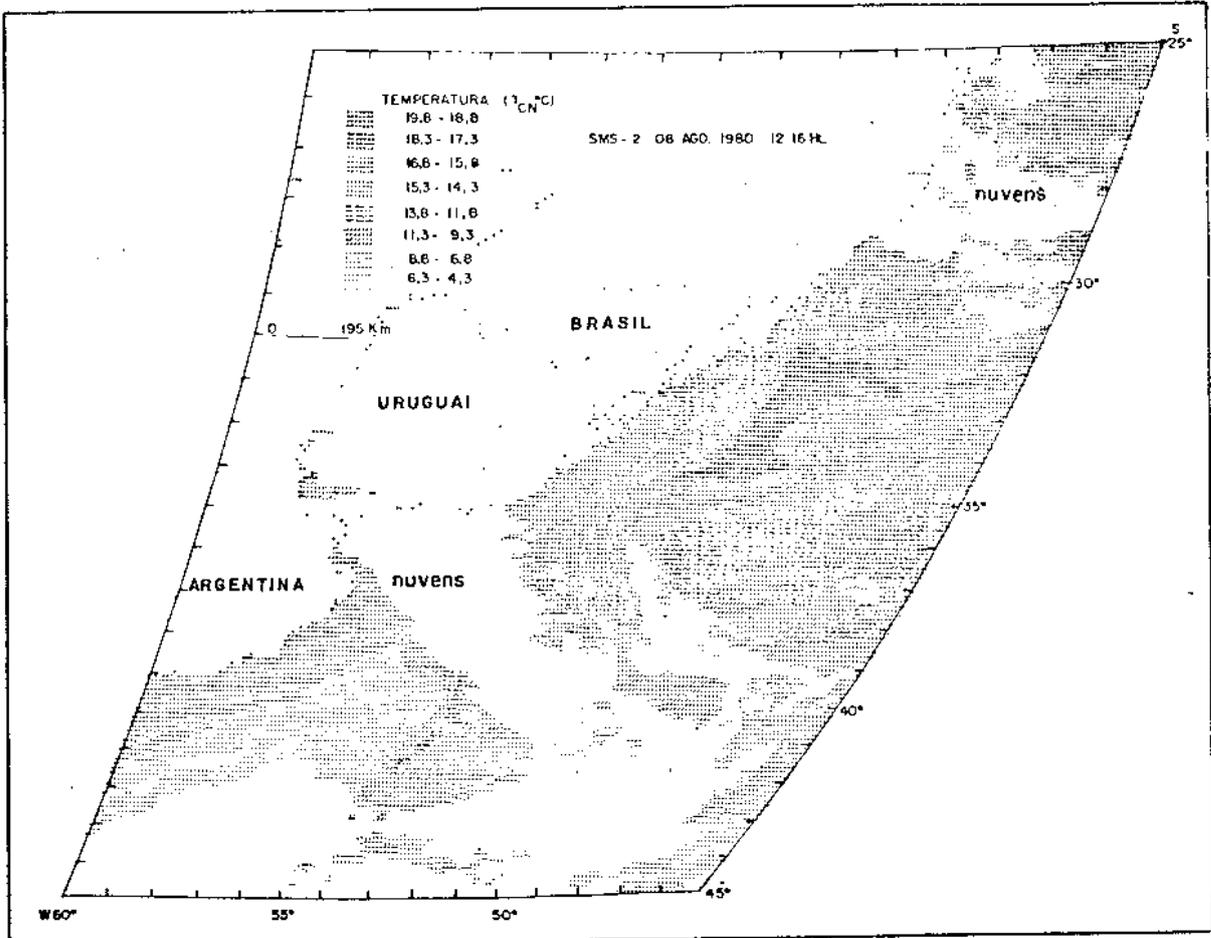


Fig. 4.8 - Classificação temática da imagem de 08 de agosto de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

Pela interação com os diversos tipos de água da região, pode-se notar a influência da Corrente das Malvinas na região costeira, atingindo em média 32° sul e 050° oeste, e na região oceânica ela aproxima-se de 37° sul e 049° oeste. O intervalo de temperatura (T_{CN}) nesta região varia entre $9,3^{\circ}\text{C}$ e $11,3^{\circ}\text{C}$. O ramo mais frio desta corrente é observado em 39° sul e 054° oeste, com intervalo de temperatura (T_{CN}) entre $4,3^{\circ}\text{C}$ e $6,3^{\circ}\text{C}$. Pode-se verificar a classificação temática na Tabela 4.8.

TABELA 4.8

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 08 DE AGOSTO DE 1980 - 12:16 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | T _{CN} (°C) | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|----------------------|--|
| 1 | 74 - 76 | 19,8 - 18,8 | Núcleo da Corrente do Brasil. |
| 2 | 77 - 79 | 18,3 - 17,3 | Núcleo da Corrente do Brasil. |
| 3 | 80 - 82 | 16,8 - 15,8 | Corrente do Brasil (intermediária e oceânica), águas costeiras. |
| 4 | 83 - 85 | 15,3 - 14,3 | Corrente do Brasil (envolvente e oceânica), águas costeiras. |
| 5 | 86 - 90 | 13,8 - 11,8 | Corrente do Brasil (oceânica), águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 6 | 91 - 95 | 11,3 - 9,3 | Águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro e oceânico). |
| 7 | 96 - 100 | 8,8 - 6,8 | Águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 8 | 101 - 105 | 6,3 - 4,3 | Corrente das Malvinas (ramo intermediário e oceânico). |

A Frente Oceânica Subtropical formada pela contribuição das águas costeiras provenientes das regiões do Rio da Prata e da Barra do Rio Grande, das águas transportadas pela Corrente do Brasil e pela Corrente das Malvinas, é observada entre 32°sul e 42°sul. Mesmo com a presença de nuvens densas ao largo do Rio da Prata, pode-se visualizar um alinhamento da fronteira oeste desta frente paralelo à costa.

Classificação temática da imagem de 05 de setembro de 1980 - 15:18 HL

Através da classificação temática da imagem de 05 de setembro de 1980 (Figura 4.9), observa-se a presença de nuvens esparsas ao longo da costa brasileira, com maior predominância na região oceânica.

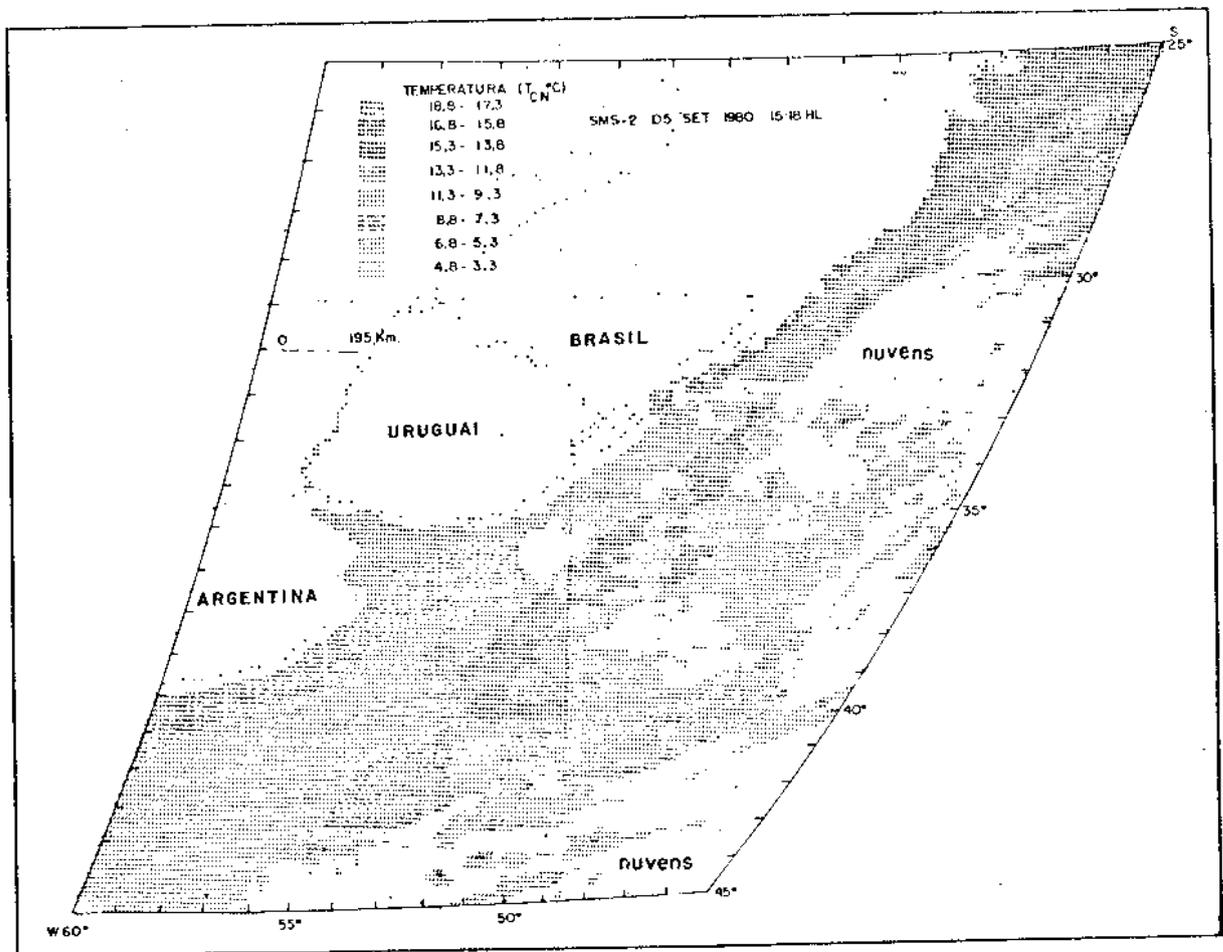


Fig. 4.9 - Classificação temática da imagem de 05 de setembro de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

O núcleo mais quente da Corrente do Brasil com temperatura (T_{CN}) entre $17,3^{\circ}\text{C}$ e $18,8^{\circ}\text{C}$, encontra-se distante de seu centro 220 km da costa, centrado em 28°S . O núcleo principal desta corrente desloca-se paralelo à costa, atingindo aproximadamente 40°S , com 270 km de extensão transversal ao seu curso, ao largo da região do Rio da Prata. Nesta região verifica-se um meandro orientado zonalmente, associado com as águas transportadas pela Corrente do Brasil, com seu centro de curvatura voltado para leste, tendo em média 75 km de largura e intervalo de temperatura (T_{CN}) entre $9,3^{\circ}\text{C}$ e $11,3^{\circ}\text{C}$. Esta corrente é observada no seu extremo sul próximo de 43°S e 055°O , onde a temperatura (T_{CN}) pode variar entre $7,3^{\circ}\text{C}$ e $11,3^{\circ}\text{C}$.

As ramificações costeiras da Corrente das Malvinas atingem aproximadamente $31^{\circ}30'\text{S}$ avançando próximo de 050°O . A confluência entre a Corrente do Brasil e o ramo mais frio da Corrente das Malvinas é próximo de 39°S e 054°O . Nesta região a Corrente das Malvinas apresenta intervalo de temperatura (T_{CN}) entre $3,3^{\circ}\text{C}$ e $4,8^{\circ}\text{C}$, e o núcleo da Corrente do Brasil, um intervalo entre $13,8^{\circ}\text{C}$ e $15,3^{\circ}\text{C}$, verificando-se portanto um $\Delta\bar{T} = 10,5^{\circ}\text{C}$. Esta classificação está resumida na Tabela 4.9.

Considerando a presença de nuvens, pode-se verificar a Frente Oceânica Subtropical entre $31^{\circ}30'\text{S}$ e 43°S , mantendo também um alinhamento paralelo à costa, similar ao observado em julho e agosto de 1980.

TABELA 4.9

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 05 DE SETEMBRO DE 1980 - 15:18 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | $T_{CN}(^{\circ}C)$ | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|---------------------|--|
| 1 | 76 - 79 | 18,8 - 17,3 | Núcleo da Corrente do Brasil. |
| 2 | 80 - 82 | 16,8 - 15,8 | Corrente do Brasil (intermediária), águas costeiras. |
| 3 | 83 - 86 | 15,3 - 13,8 | Núcleo da Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 4 | 87 - 90 | 13,3 - 11,8 | Corrente do Brasil (envolvente e oceânica), águas costeiras, Rio da Prata. |
| 5 | 91 - 95 | 11,3 - 9,3 | Corrente do Brasil (envolvente e oceânica), meandro (C.B.), águas costeiras, Rio da Prata, Corrente das Malvinas (ramo costeiro e oceânico). |
| 6 | 96 - 99 | 8,8 - 7,3 | Águas costeiras, Corrente do Brasil (envolvente e oceânica), Corrente das Malvinas (ramo costeiro e oceânico). |
| 7 | 100 - 103 | 6,8 - 5,3 | Águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo intermediário e oceânico). |
| 8 | 104 - 107 | 4,8 - 3,3 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |

Classificação temática da imagem de 30 de outubro de 1980 - 12:16 HL

A presença de nuvens densas na região próxima à Lagoa dos Patos faz com que a Corrente do Brasil seja observada somente a partir de 33°sul, atingindo 40°sul e acompanhando o meridiano de 052°oeste, com temperatura (T_{CN}) entre 10,8°C e 16,3°C (Figura 4.10).

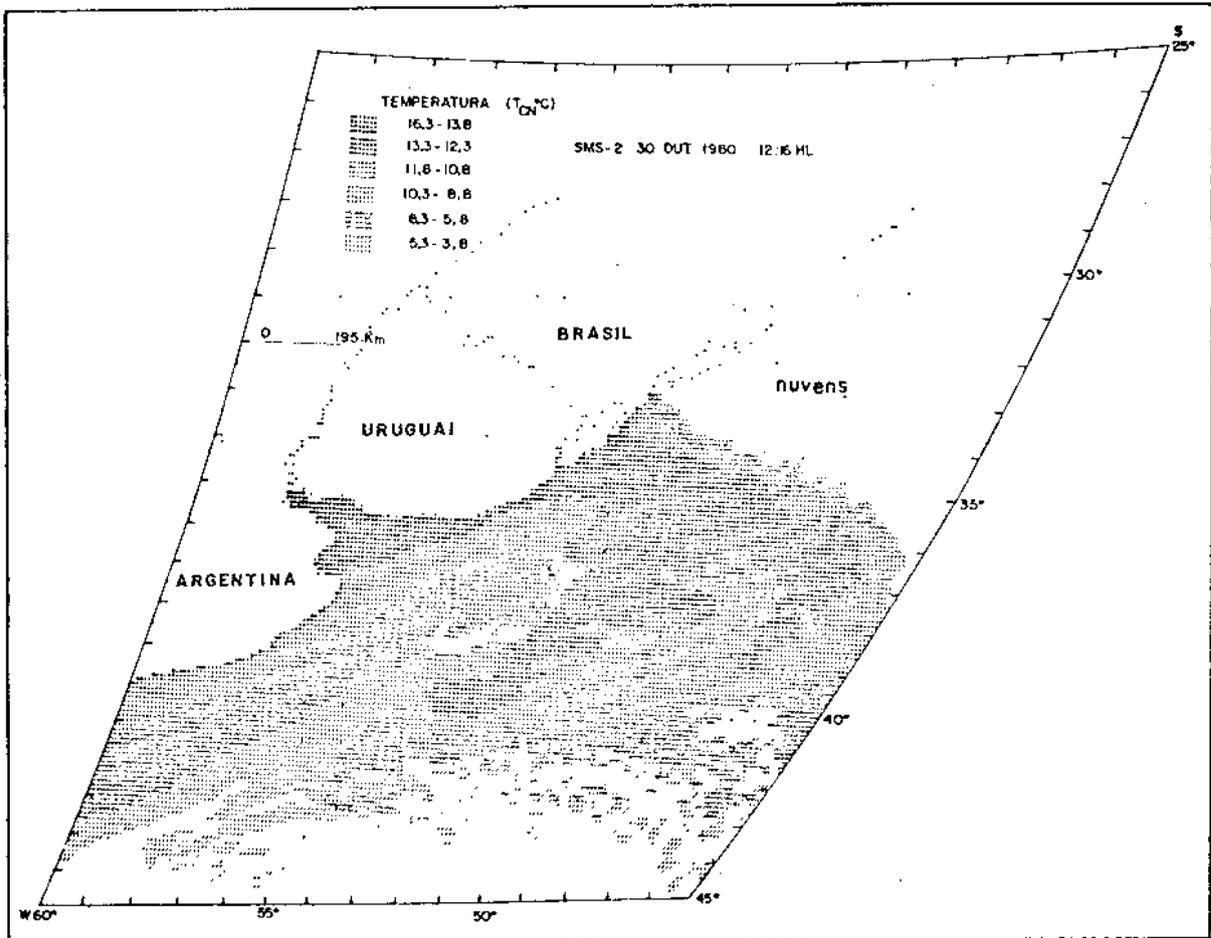


Fig. 4.10 - Classificação temática da imagem de 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

O núcleo da Corrente do Brasil encontra-se a 445 km da costa, com centro em 35°sul e 051°oeste, sendo que seu eixo maior possui 310 km de extensão, com intervalo de temperatura (T_{CN}) entre 13,8°C e 16,3°C. Nesta mesma direção as ramificações intermediária, envolvente e oceânica desta corrente estendem-se para leste, sendo observadas até o meridiano de 047°oeste.

A Corrente das Malvinas sob influência das águas transportadas pela Corrente do Brasil e das águas costeiras atinge aproximadamente 35°sul a oeste da Corrente do Brasil, sendo que em 40°sul apresenta, em média, 120 km de extensão transversal ao seu curso. Como duas cunhas de água fria, esta corrente vai infiltrando-se entre as ramifi

cações da Corrente do Brasil. Os valores de temperatura (T_{CN}) na região da Corrente das Malvinas, com menor influência de águas costeiras argentinas variam entre $3,8^{\circ}\text{C}$ e $8,3^{\circ}\text{C}$. A Tabela 4.10 resume a classificação temática.

TABELA 4.10

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 30 DE OUTUBRO DE 1980 - 12:16 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | $T_{CN} (^{\circ}\text{C})$ | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|-----------------------------|---|
| 1 | 81 - 86 | 16,3 - 13,8 | Núcleo da Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 2 | 87 - 89 | 13,3 - 12,3 | Corrente do Brasil (intermediária, envolvente e oceânica), águas costeiras, Rio da Prata. |
| 3 | 90 - 92 | 11,8 - 10,8 | Corrente do Brasil (envolvente e oceânica), águas costeiras, Rio da Prata, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 4 | 93 - 96 | 10,3 - 8,8 | Águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro e intermediário). |
| 5 | 97 - 102 | 8,3 - 5,8 | Águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo intermediário e oceânico). |
| 6 | 103 - 106 | 5,3 - 3,8 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |

A zona da Convergência Subtropical entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas encontra-se entre $34^{\circ}30'\text{su}$ e 41°su , com sua fronteira oeste próxima de 054°oeste . A leste da Corrente do Brasil, verifica-se a fronteira entre estas duas correntes aproximadamente até 045°oeste .

Classificação temática da imagem de 14 de novembro de 1980 - 12:16 HL

A maior concentração de nuvens esparsas observada na Figura 4.11 encontra-se na região costeira, entre 30°sul e 35°sul. Abaixo de 35°sul e na região oceânica predominam nuvens densas.

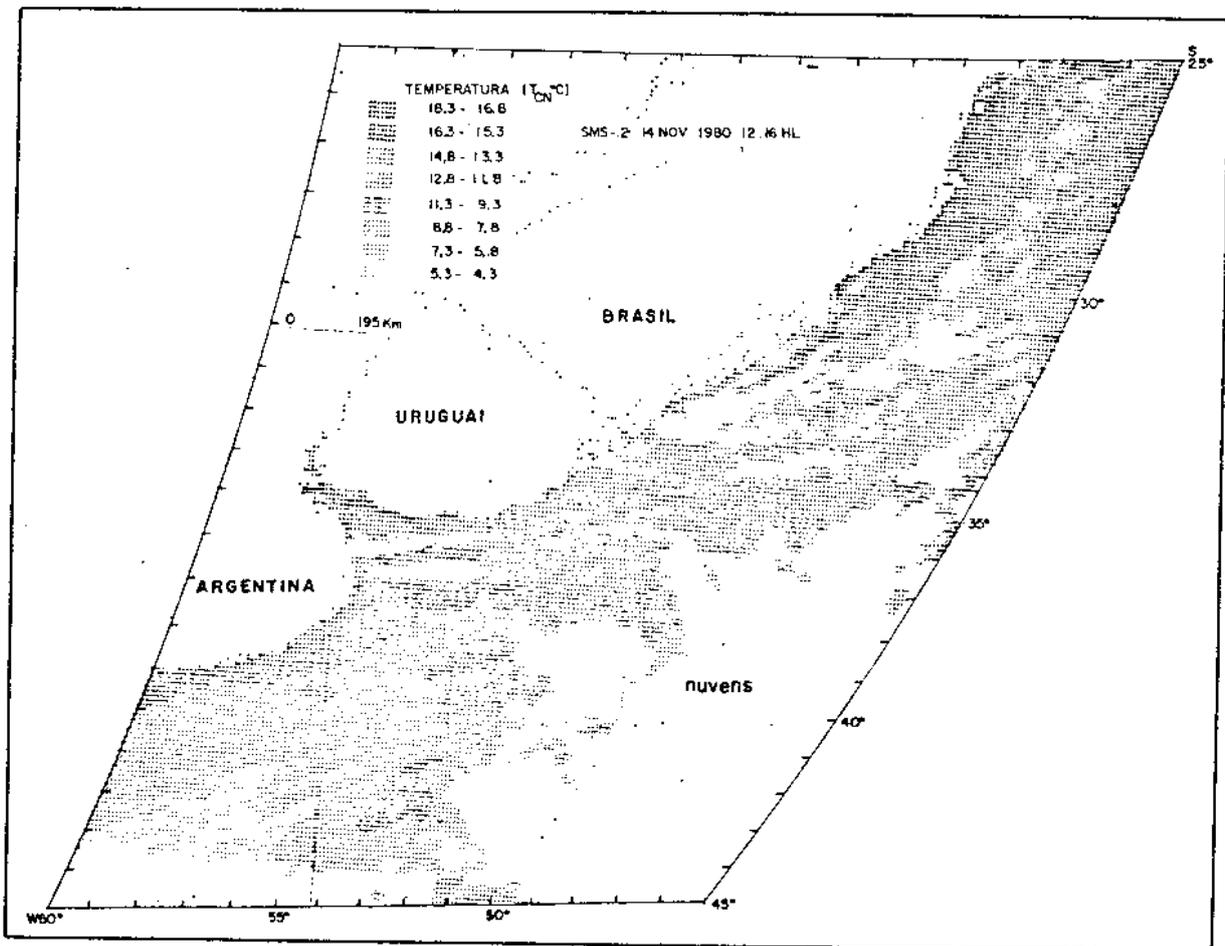


Fig. 4.11 - Classificação temática da imagem de 14 de novembro de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

O núcleo mais quente da Corrente do Brasil, com intervalo de temperatura (T_{CN}) entre 16,8°C e 18,3°C, desloca-se entre 25°sul e 29°sul ao longo de 045°oeste, distando 450 km da costa. Na região norte, as águas costeiras sob influência desta corrente envolvem valores de temperatura (T_{CN}) entre 13,3°C e 18,3°C. A partir de 35°sul, pe

quenos núcleos da Corrente do Brasil atingem aproximadamente 40°sul e 43°sul entre 052°oeste e 054°oeste. O intervalo de temperatura (T_{CN}) correspondente envolve valores relativamente baixos, que variam entre 9,3°C e 11,3°C devido à contaminação de vapor de água causado pela presença de nuvens na região.

As ramificações costeira e intermediária da Corrente das Malvinas atingem aproximadamente 36°sul avançando próximo a 054°oeste. O ramo oceânico desta corrente alcança 38°sul, deslocando-se ao longo de 055°oeste, com extensão transversal de 117 km. O intervalo de temperatura (T_{CN}), neste caso, varia entre 5,8°C e 7,3°C. A Tabela 4.11 indica a classificação temática.

TABELA 4.11

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 14 DE NOVEMBRO DE 1980 - 12:16 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | T_{CN} (°C) | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|---------------|---|
| 1 | 77 - 80 | 18,3 - 16,8 | Núcleo da Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 2 | 81 - 83 | 16,3 - 15,3 | Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 3 | 84 - 87 | 14,8 - 13,3 | Corrente do Brasil, águas costeiras, Rio da Prata. |
| 4 | 88 - 90 | 12,8 - 11,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 5 | 91 - 95 | 11,3 - 9,3 | Núcleo da Corrente do Brasil, águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 6 | 96 - 98 | 8,8 - 7,8 | Corrente do Brasil (intermediária e envolvente), águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo intermediário). |
| 7 | 99 - 102 | 7,3 - 5,8 | Corrente das Malvinas (ramo intermediário e oceânico). |
| 8 | 103 - 105 | 5,3 - 4,3 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |

A fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas é observada entre 36°sul e 44°sul e 052°oeste e 055°oeste.

Classificação temática da imagem de 22 de dezembro de 1980 - 12:16 HL

Entre 25°sul e 33°sul e abaixo de 41°sul, parte das regiões costeira e oceânica encontram-se com cobertura completa de nuvens. A Corrente do Brasil atinge aproximadamente 40°30'sul, centrada em 053°oeste, com extensão transversal de 156 km e temperatura (T_{CN}) que varia entre 11,8°C e 12,8°C nesta latitude. O núcleo mais quente desta corrente, com temperatura (T_{CN}) entre 16,3°C e 17,8°C, encontra-se a 330 km da costa, entre 34°sul e 36°sul (Figura 4.12).

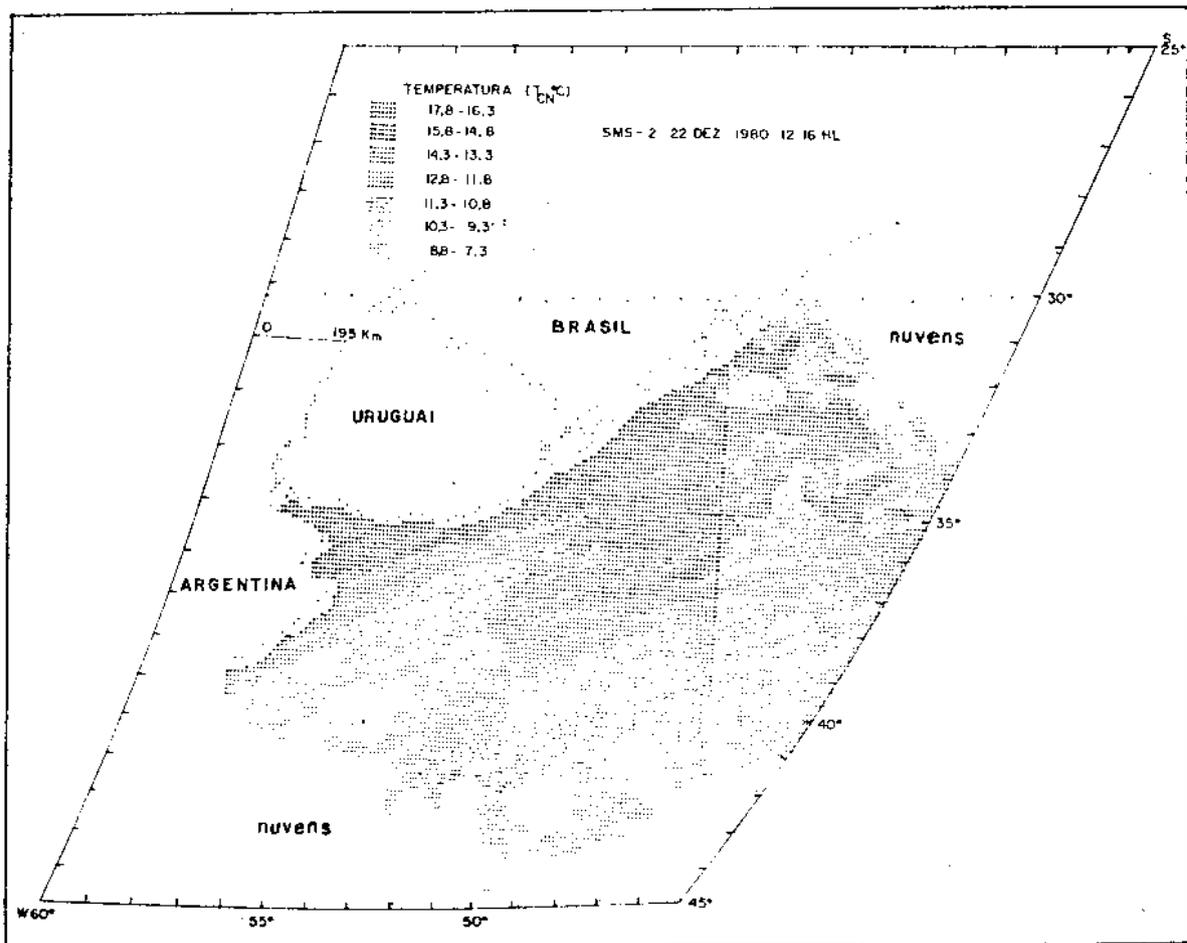


Fig. 4.12 - Classificação temática da imagem de 22 de dezembro de 1980 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

Na região sul, a oeste da Corrente do Brasil, as ramificações costeiras da Corrente das Malvinas atingem aproximadamente 35°sul e 053°oeste, com temperatura (T_{CN}) entre 11,8°C e 12,8°C. A zona da Convergência Subtropical estende-se entre 35°sul e 41°sul, situando-se entre 052°oeste e 053°30'oeste. A classificação temática está resumida na Tabela 4.12.

TABELA 4.12

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 22 DE DEZEMBRO DE 1980 - 12:16 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | T_{CN} (°C) | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|---------------|---|
| 1 | 78 - 81 | 17,8 - 16,3 | Núcleo da Corrente do Brasil, águas costeiras, Rio da Prata. |
| 2 | 82 - 84 | 15,8 - 14,8 | Corrente do Brasil (intermediária), águas costeiras, Rio da Prata. |
| 3 | 85 - 87 | 14,3 - 13,3 | Corrente do Brasil (intermediária), águas costeiras argentinas, Rio da Prata. |
| 4 | 88 - 90 | 12,8 - 11,8 | Corrente do Brasil (envolvente e oceânica), águas costeiras, Rio da Prata, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 5 | 91 - 92 | 11,3 - 10,8 | Águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro e oceânico). |
| 6 | 93 - 95 | 10,3 - 9,3 | Águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo intermediário e oceânico). |
| 7 | 96 - 99 | 8,8 - 7,3 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |

Classificação temática da imagem de 07 de janeiro de 1981 - 12:16 HL

Devido à cobertura de nuvens, somente uma pequena faixa da Corrente do Brasil é observada, estendendo-se até 42°sul, sendo que em 40°sul ela encontra-se próxima de 054°oeste. O núcleo desta corrente associado às águas costeiras apresenta temperatura (T_{CN}) em torno de 17,3°C e 18,8°C (Figura 4.13).

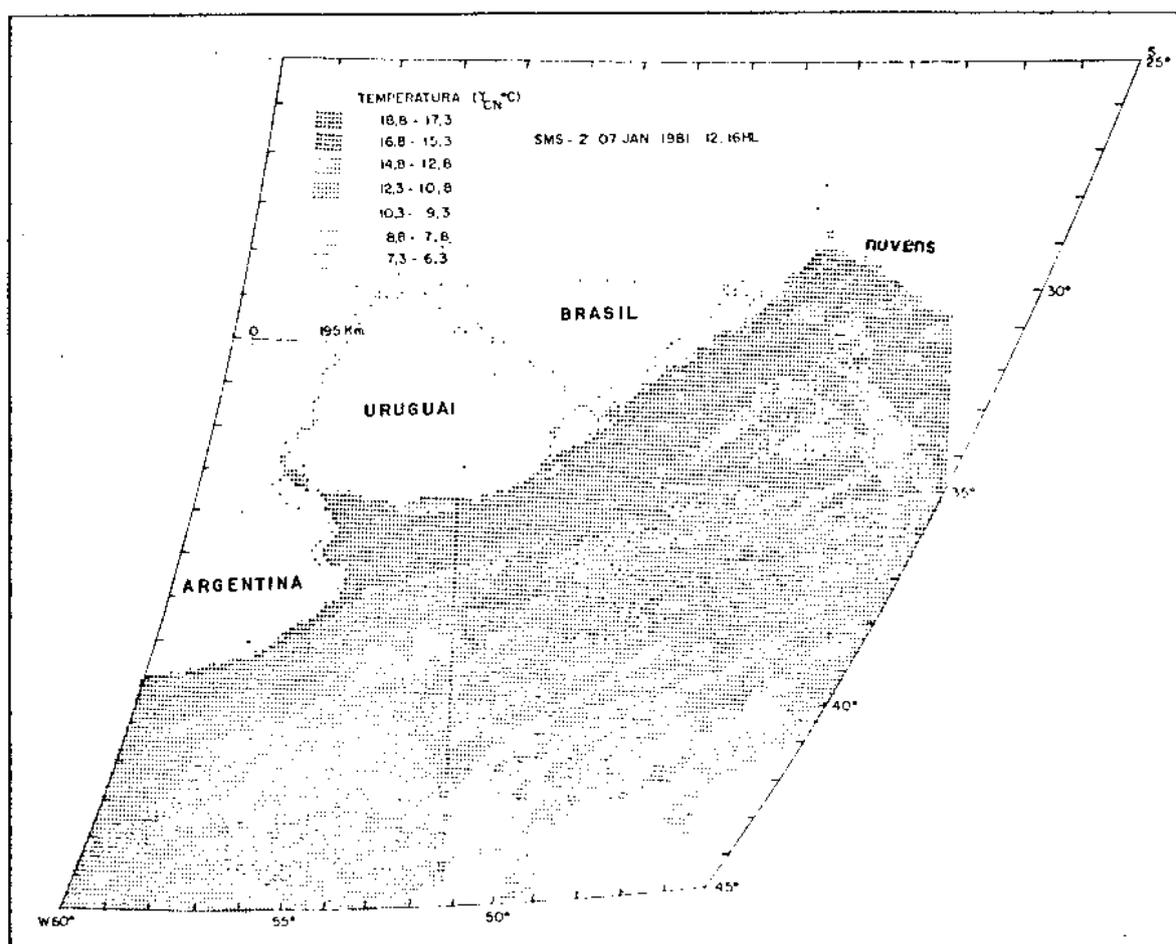


Fig. 4.13 - Classificação temática da imagem de 07 de janeiro de 1981 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

As ramificações da Corrente das Malvinas atingem praticamente 36°sul, deslocando-se em média ao longo de 053°30'oeste, com valores de temperatura (T_{CN}) que podem variar entre 6,3°C e 12,8°C.

A fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical, entre 36°sul e 42°sul, apresenta em média 110 km de extensão, deslocando-se entre 053°oeste e 054°30'oeste. Nesta região a temperatura (T_{CN}) varia entre 6,3°C e 18,8°C. A classificação temática está indicada na Tabela 4.13.

TABELA 4.13

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 07 DE JANEIRO DE 1981 - 12:16 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | T_{CN} (°C) | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|---------------|--|
| 1 | 76 - 79 | 18,8 - 17,3 | Núcleo da Corrente do Brasil, águas costeiras, Rio da Prata. |
| 2 | 80 - 83 | 16,8 - 15,3 | Corrente do Brasil (intermediária), águas costeiras, Rio da Prata. |
| 3 | 84 - 88 | 14,8 - 12,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras argentinas, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 4 | 89 - 92 | 12,3 - 10,8 | Corrente do Brasil (envolvente), águas costeiras argentinas, Corrente das Malvinas (ramo intermediário). |
| 5 | 93 - 95 | 10,3 - 9,3 | Corrente do Brasil, Corrente das Malvinas (ramo intermediário). |
| 6 | 96 - 98 | 8,8 - 7,8 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |
| 7 | 99 - 101 | 7,3 - 6,3 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |

Classificação temática da imagem de 16 de fevereiro de 1981 - 09:15 HL

Embora tenham sido observadas nuvens baixas sobre as águas mais quentes, transportadas pela Corrente do Brasil, esta estende-se até $40^{\circ}30'$ sul e 052° oeste, com 175 km de extensão transversal ao seu curso (Figura 4.14). O intervalo de temperatura (T_{CN}) correspondente à região da Corrente do Brasil, sob influência de águas costeiras na região norte, varia entre $18,8^{\circ}\text{C}$ e $25,3^{\circ}\text{C}$. Em direção às altas latitudes são observados pequenos núcleos desta corrente, no campo da Corrente das Malvinas, com diâmetro máximo de 110 km e temperatura (T_{CN}) que varia entre $13,8^{\circ}\text{C}$ e $15,8^{\circ}\text{C}$.

As ramificações costeira e intermediária da Corrente das Malvinas atingem aproximadamente 36° sul e $053^{\circ}30'$ oeste, com extensão transversal de 130 km e temperatura (T_{CN}) que varia entre $13,8^{\circ}\text{C}$ e $17,3^{\circ}\text{C}$. O ramo oceânico desta corrente atinge 37° sul, avançando próximo de 052° oeste e apresentando intervalo de temperatura (T_{CN}) entre $11,3^{\circ}\text{C}$ e $13,3^{\circ}\text{C}$.

Pela classificação obtida, verifica-se que a zona da Convergência Subtropical encontra-se entre 36° sul e 41° sul e 051° oeste e 054° oeste, com intervalo de temperatura (T_{CN}) entre $16,3^{\circ}\text{C}$ e $20,3^{\circ}\text{C}$. Observa-se forte intrusão das águas mais frias transportadas pela Corrente das Malvinas em 38° sul, comprimindo a Corrente do Brasil para leste. Em 40° sul a configuração indica que estas correntes derivam para sul/sudeste, deslocando-se juntamente numa extensão de 365 km. A classificação temática está esquematizada na Tabela 4.14.

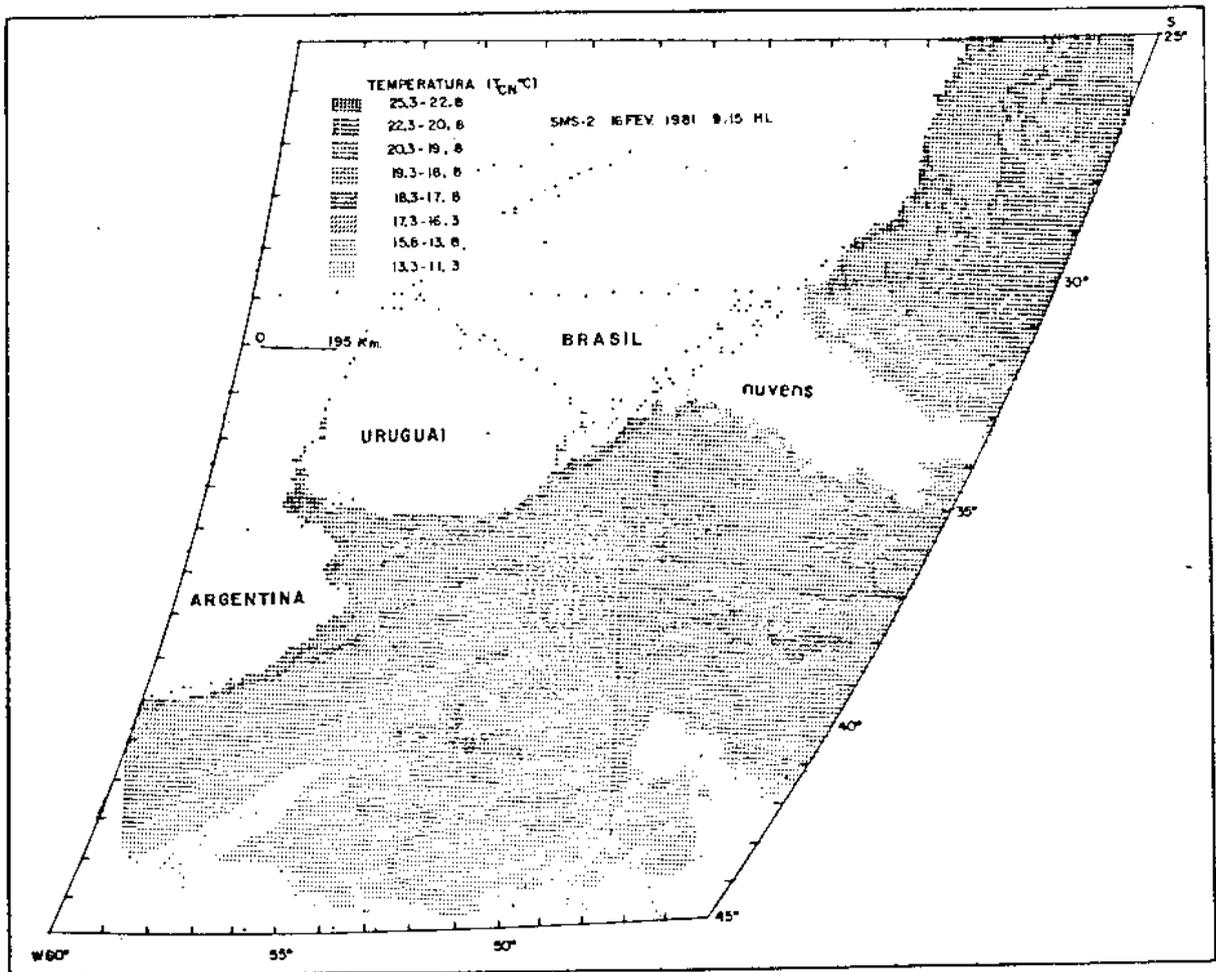


Fig. 4.14 - Classificação temática da imagem de 16 de fevereiro de 1981 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

TABELA 4.14

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 16 DE FEVEREIRO DE 1981 - 09:15 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | T _{CN} (°C) | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|----------------------|--|
| 1 | 63 - 68 | 25,3 - 22,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 2 | 69 - 72 | 22,3 - 20,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 3 | 73 - 74 | 20,3 - 19,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras, Rio da Prata. |
| 4 | 75 - 76 | 19,3 - 18,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras, Rio da Prata. |
| 5 | 77 - 78 | 18,3 - 17,8 | Corrente do Brasil, águas costeiras. |
| 6 | 79 - 81 | 17,3 - 16,3 | Corrente do Brasil (envolvente), águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 7 | 82 - 86 | 15,8 - 13,8 | Águas costeiras, Corrente das Malvinas (ramo intermediário e oceânico). |
| 8 | 87 - 91 | 13,3 - 11,3 | Corrente das Malvinas (ramo intermediário e oceânico). |

Classificação temática da imagem de 09 de março de 1981 - 12:16 HL

A maior concentração de nuvens encontra-se na região oceânica, em frente ao estuário do Rio da Prata. Entre 30°sul e 35°sul as frentes de temperatura sob influência da Corrente do Brasil e águas costeiras são evidentes através de camadas sucessivas, com valores de temperatura (T_{CN}) que variam entre 19,3°C e 23,3°C, observadas entre 045° oeste e 050° oeste (Figura 4.15).

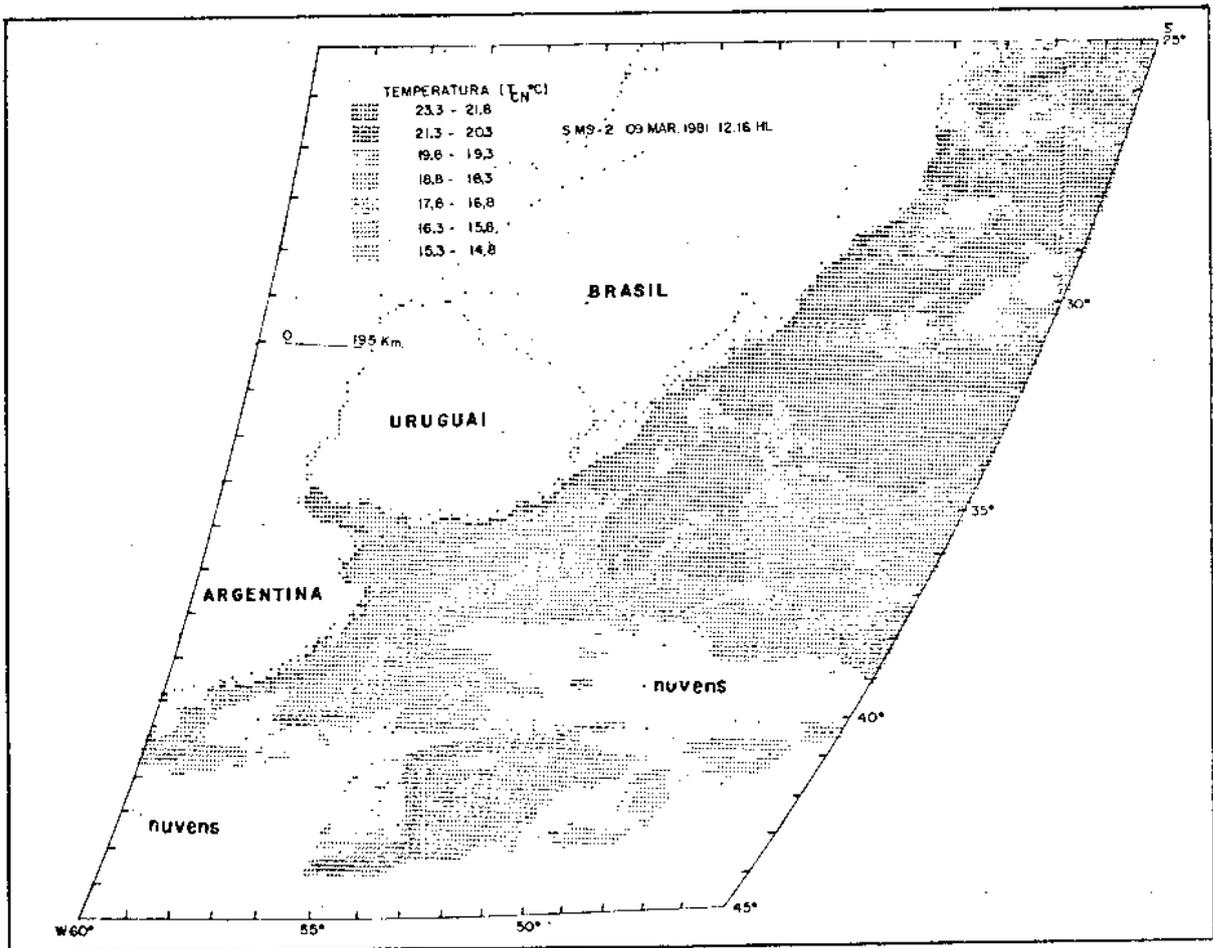


Fig. 4.15 - Classificação temática da imagem de 09 de março de 1981 - canal i.v. termal - região da Frente Oceânica Subtropical.

O núcleo da Corrente do Brasil, nesta região, dista 200 km da costa, com temperatura (T_{CN}) entre $21,8^{\circ}\text{C}$ e $23,3^{\circ}\text{C}$. Esta corrente atinge aproximadamente 44° sul, cruzando o meridiano de 054° oeste, com temperaturas (T_{CN}) em torno de $16,8^{\circ}\text{C}$ e $17,8^{\circ}\text{C}$, as quais são relativamente baixas quando comparadas com os valores observados para a Corrente das Malvinas, devido a presença de nuvens.

Os ramos costeiro e intermediário da Corrente das Malvinas atingem aproximadamente 36° sul e 052° oeste, com intervalo de temperatura (T_{CN}) entre $15,8^{\circ}\text{C}$ e $18,8^{\circ}\text{C}$. As ramificações oceânicas desta corrente apresentam intervalo de temperatura (T_{CN}) entre $14,8^{\circ}\text{C}$ e $15,3^{\circ}\text{C}$. A região da Frente Oceânica Subtropical está bem definida entre 35° sul

e 37°sul, sendo que na região sul, mesmo com a presença de nuvens, po-
de-se observar sua fronteira oeste em 44°sul e 055°oeste. A Tabela 4.15
resume a classificação temática.

TABELA 4.15

CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA DA IMAGEM DE 09 DE MARÇO DE 1981 - 12:16 HL -
VISSR/SMS-2

| TEMA | NÍVEL DE CINZA | T _{CN} (°C) | CLASSIFICAÇÃO |
|------|----------------|----------------------|---|
| 1 | 67 - 70 | 23,3 - 21,8 | Núcleo da Corrente do Brasil, águas cos- teiras. |
| 2 | 71 - 73 | 21,3 - 20,3 | Corrente do Brasil (intermediária), águas costeiras. |
| 3 | 74 - 75 | 19,8 - 19,3 | Corrente do Brasil (intermediária), águas costeiras, Rio da Prata. |
| 4 | 76 - 77 | 18,8 - 18,3 | Corrente do Brasil (envolvente), Rio da Prata, águas costeiras argentinas, Cor- rente das Malvinas (ramo costeiro). |
| 5 | 78 - 80 | 17,8 - 16,8 | Corrente do Brasil, Corrente das Malvi- nas (ramo costeiro). |
| 6 | 81 - 82 | 16,3 - 15,8 | Corrente das Malvinas (ramo interme- diário). |
| 7 | 83 - 84 | 15,3 - 14,8 | Corrente das Malvinas (ramo oceânico). |

Pode-se observar, através da classificação temática (Fi-
guras de 4.1 a 4.15), que na região do largo do estuário do Rio da Pra-
ta a confluência entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas
oscila entre 36°sul e 39°sul. A Corrente do Brasil atinge seu ponto
mais austral nos meses de verão e outono (43°30'sul-44°sul), enquanto
a Corrente das Malvinas atinge seu ponto mais setentrional nos meses

de inverno ($31^{\circ}\text{sul}-30^{\circ}30'\text{sul}$). A zona da Convergência Subtropical entre 35°sul e 45°sul é observada entre 050°oeste e 055°oeste .

As Tabelas 4.16, 4.17 e 4.18 mostram o resumo das variações da temperatura média equivalente de Corpo Negro (\bar{T}_{CN}) relacionada ao respectivo nível médio de cinza, na região da Corrente das Malvinas, da Frente Oceânica Subtropical e da Corrente do Brasil, respectivamente; variações estas obtidas através dos resultados da classificação temática das imagens selecionadas em base de tempo mensal, no período de janeiro de 1980 a março de 1981.

Através das Tabelas 4.16 e 4.18, pode-se verificar que no verão de 1980 a temperatura média equivalente de Corpo Negro (\bar{T}_{CN}), correspondente à Corrente das Malvinas, é de aproximadamente $10,3^{\circ}\text{C}$ e da Corrente do Brasil de $19,3^{\circ}\text{C}$, respectivamente, o que equivale a um $\Delta\bar{T}_{\text{CN}} = 9,0^{\circ}\text{C}$. No outono, a variação de temperatura observada é de $\Delta\bar{T}_{\text{CN}} = 9,5^{\circ}\text{C}$, com valores de temperatura média (\bar{T}_{CN}) na região da Corrente das Malvinas em torno de $8,3^{\circ}\text{C}$, e $17,8^{\circ}\text{C}$ no campo da Corrente do Brasil. No inverno, a diferença de temperatura é da mesma ordem de grandeza que a observada no outono, ou seja $\Delta\bar{T}_{\text{CN}} = 9,5^{\circ}\text{C}$, sendo que na região da Corrente das Malvinas e da Corrente do Brasil os valores de temperatura média (\bar{T}_{CN}) são aproximadamente $16,8^{\circ}\text{C}$ e $7,3^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Por outro lado, na primavera a temperatura média (\bar{T}_{CN}) tende a ser menor no campo da Corrente do Brasil, isto é $15,3^{\circ}\text{C}$, e no campo da Corrente das Malvinas observa-se o mesmo valor verificado no inverno ($7,3^{\circ}\text{C}$), o que equivale a um $\Delta\bar{T}_{\text{CN}} = 8,0^{\circ}\text{C}$. No verão de 1981 pode-se observar os maiores valores de temperatura média (\bar{T}_{CN}), com $20,3^{\circ}\text{C}$ na região da Corrente do Brasil e $12,3^{\circ}\text{C}$ na região da Corrente das Malvinas, o que corresponde à mesma variação de temperatura observada na primavera, ou seja $\Delta\bar{T}_{\text{CN}} = 8,0^{\circ}\text{C}$.

Uma aproximação da mínima e máxima temperatura média equivalente de Corpo Negro (\bar{T}_{CN}), observadas na primavera (outubro, novembro e dezembro) e verão (janeiro, fevereiro e março) de 1981, indicou valores entre $7,3^{\circ}\text{C}$ e $12,3^{\circ}\text{C}$, $11,3^{\circ}\text{C}$ e $16,3^{\circ}\text{C}$ e $15,3^{\circ}\text{C}$ e $20,3^{\circ}\text{C}$, correspondentes à região da Corrente das Malvinas, da Frente Oceânica Subtropical e da Corrente do Brasil, respectivamente.

TABELA 4.16

TEMPERATURA MÉDIA EQUIVALENTE DE CORPO NEGRO (\bar{T}_{CN}) -
REGIÃO DA CORRENTE DAS MALVINAS

| ESTAÇÕES (1980/1981) | MES | DIA | H.L. | NÍVEL MÉDIO DE CINZA (mês) | \bar{T}_{CN} (°C) (mês) | NÍVEL MÉDIO DE CINZA (trimestre) | \bar{T}_{CN} (°C) (trimestre) |
|-------------------------|------|-----|-------|----------------------------------|------------------------------|--|------------------------------------|
| Verão | Jan. | 15 | 12:17 | 87 | 13,3 | 93 | 10,3 |
| | Fev. | 13 | 12:18 | 95 | 9,3 | | |
| | Mar. | 27 | 12:18 | 95 | 9,3 | | |
| Outono | Abr. | 16 | 12:16 | 95 | 9,3 | 97 | 8,3 |
| | Maio | 28 | 12:16 | 95 | 9,3 | | |
| | Jun. | 20 | 12:16 | 100 | 6,8 | | |
| Inverno | Jul. | 24 | 12:18 | 94 | 9,8 | 99 | 7,3 |
| | Ago. | 08 | 12:16 | 100 | 6,8 | | |
| | Set. | 05 | 15:18 | 100 | 6,8 | | |
| Primavera | Out. | 30 | 12:16 | 99 | 7,3 | 99 | 7,3 |
| | Nov. | 14 | 12:16 | 102 | 5,8 | | |
| | Dez. | 22 | 12:16 | 96 | 8,8 | | |
| Verão | Jan. | 07 | 12:16 | 97 | 8,3 | 89 | 12,3 |
| | Fev. | 16 | 09:15 | 89 | 12,3 | | |
| | Mar. | 09 | 12:16 | 81 | 16,3 | | |

TABELA 4.17

TEMPERATURA MÉDIA EQUIVALENTE DE CORPO NEGRO (\bar{T}_{CN}) -
REGIÃO DA FRENTE OCEÂNICA SUBTROPICAL

| ESTAÇÕES (1980/1981) | MÊS | DIA | H.L | NÍVEL MÉDIO DE CINZA (mês) | \bar{T}_{CN} (°C) (mês) | NÍVEL MÉDIO DE CINZA (trimestre) | \bar{T}_{CN} (°C) (trimestre) |
|-------------------------|------|-----|-------|----------------------------------|------------------------------|--|------------------------------------|
| Verão | Jan. | 15 | 12:17 | 83 | 15,3 | 84 | 14,8 |
| | Fev. | 13 | 12:18 | 86 | 13,8 | | |
| | Mar. | 27 | 12:18 | 83 | 15,3 | | |
| Outono | Abr. | 16 | 12:16 | 85 | 14,3 | 87 | 13,3 |
| | Maió | 28 | 12:16 | 85 | 14,3 | | |
| | Jun. | 20 | 12:16 | 91 | 11,3 | | |
| Inverno | Jul. | 24 | 12:18 | 84 | 14,8 | 88 | 12,8 |
| | Ago. | 08 | 12:16 | 89 | 12,3 | | |
| | Set. | 05 | 15:18 | 91 | 11,3 | | |
| Primavera | Out. | 30 | 12:16 | 91 | 11,3 | 91 | 11,3 |
| | Nov. | 14 | 12:16 | 93 | 10,3 | | |
| | Dez. | 22 | 12:16 | 89 | 12,3 | | |
| Verão | Jan. | 07 | 12:16 | 87 | 13,3 | 81 | 16,3 |
| | Fev. | 16 | 09:15 | 81 | 16,3 | | |
| | Mar. | 09 | 12:16 | 75 | 19,3 | | |

TABELA 4.18

TEMPERATURA MÉDIA EQUIVALENTE DE CORPO NEGRO (\bar{T}_{CN}) -
REGIÃO DA CORRENTE DO BRASIL

| ESTAÇÕES (1980/1981) | MÊS | DIA | H.L | NÍVEL MÉDIO DE CINZA (mês) | \bar{T}_{CN} (°C) (mês) | NÍVEL MÉDIO DE CINZA (trimestre) | \bar{T}_{CN} (°C) (trimestre) |
|-------------------------|------|-----|-------|----------------------------------|------------------------------|--|------------------------------------|
| Verão | Jan. | 15 | 12:17 | 78 | 17,8 | 75 | 19,3 |
| | Fev. | 13 | 12:18 | 75 | 19,3 | | |
| | Mar. | 27 | 12:18 | 73 | 20,3 | | |
| Outono | Abr. | 16 | 12:16 | 74 | 19,8 | 78 | 17,8 |
| | Maio | 28 | 12:16 | 77 | 18,3 | | |
| | Jun. | 20 | 12:16 | 84 | 14,8 | | |
| Inverno | Jul. | 24 | 12:18 | 79 | 17,3 | 80 | 16,8 |
| | Ago. | 08 | 12:16 | 79 | 17,3 | | |
| | Set. | 05 | 15:18 | 83 | 15,3 | | |
| Primavera | Out. | 30 | 12:16 | 85 | 14,3 | 83 | 15,3 |
| | Nov. | 14 | 12:16 | 82 | 15,8 | | |
| | Dez. | 22 | 12:16 | 81 | 16,3 | | |
| Verão | Jan. | 07 | 12:16 | 80 | 16,8 | 73 | 20,3 |
| | Fev. | 16 | 09:15 | 69 | 22,2 | | |
| | Mar. | 09 | 12:16 | 70 | 21,8 | | |

4.2 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DADOS DO SATÉLITE SMS-2

A análise estatística de dados obtidos na faixa do infravermelho termal pelo sistema sensor VISSR, pela aplicação do modelo gaussiano descrito na metodologia, foi realizada considerando-se um conjunto de três amostras selecionadas em cada região da área de estudo, ou seja: região da Corrente do Brasil, da Corrente das Malvinas e da Frente Oceânica Subtropical. No campo de nuvens, a análise limitou-se apenas a exemplificar o comportamento estatístico de algumas amostras selecionadas neste campo.

As áreas de amostragem foram obtidas das imagens na faixa do infravermelho termal, selecionadas em base de tempo mensal, no período de janeiro de 1980 a março de 1981, através dos programas de classificação de padrões no Sistema IMAGE-100. Os programas utilizados nos processamentos radiométrico e espacial para a interpretação automática das imagens auxiliaram qualitativamente a obtenção das áreas de amostragem, em cada região de interesse.

No campo de água, as amostras foram selecionadas considerando-se o comportamento estatístico da distribuição de frequências correspondente a cada região e, também, a variação espacial e temporal da temperatura da superfície do mar.

Na avaliação dos "pixels" que compõem uma determinada matriz de dados obtidos na faixa do infravermelho termal (VISSR/SMS-2), pôde-se observar que alguns níveis digitais apresentam frequência nula. Este fator não seria tão crítico se os níveis adjacentes possuísem frequência relativamente baixa, o que algumas vezes não ocorre, como é mostrado em alguns exemplos do campo de nuvens.

Segundo informações de Russell Koffler em junho de 1982 a Stevenson (1982), a frequência nula é quase periódica. A frequência nula é um resultado direto da calibração dos dados infravermelho termal. O intervalo de resposta dos dados brutos de zero a 255 dígitos,

provenientes do sensor, é convertido em valores de temperatura. O intervalo da resposta termal dos detectores termais é, aproximadamente, entre 163^oK e 330^oK. O produto final do processo de calibração é uma tabela que converte valores digitais não-calibrados em valores calibrados para os sensores termais. Portanto, a tabela dos valores calibrados conterá "buracos" dentro do intervalo de zero a 255 dígitos.

Quando a área de amostragem é pequena a ocorrência de frequência nula é mais comum de ser observada. Se a área é relativamente grande, este problema ainda é observado, com a ocorrência de um valor trinta vezes menor que os valores das frequências vizinhas (Stevenson e Fortune, 1982).

Pôde-se observar também, através da análise das amostras, a ocorrência de frequência nula em um determinado nível digital de uma amostra experimental, sendo que para outra amostra de mesmo tamanho, o mesmo nível digital apresentou frequência diferente de zero. Pode-se sugerir que no primeiro caso deve haver uma mudança brusca de temperatura, em que a frequência não é detectada devido à resolução do sistema sensor. Normalmente este fato foi observado em amostras que envolviam a região da Frente Oceânica Subtropical. O que ocorre é que alguns valores de temperatura podem estar próximos do limite de resolução termal e a medida ser interrompida. A resolução termal pode ser melhorada com o aumento do número de bits para representar um maior intervalo de níveis digitais. Por exemplo, se 8 bits representam 256 níveis de cinza, 10 bits representam 1024 níveis de cinza.

O conjunto de amostras selecionadas para cada região correspondente à Corrente do Brasil, Corrente das Malvinas e Frente Oceânica Subtropical apresentou um comportamento estatístico característico de cada região. Nas áreas que envolveram condições isotermas, 91% das amostras obtidas na região correspondente à Corrente do Brasil e Corrente das Malvinas foram representadas por uma distribuição unimodal. O restante, ou seja 9%, envolveram uma distribuição bimodal, que foi praticamente desprezível quando a percentagem da frequência de

"pixels" correspondente a cada subpopulação foi comparada com o número total de "pixels" da população da amostra, ou seja, se a amostra utilizada foi composta de 484 "pixels", a maior subpopulação representou 96% da população, enquanto a menor subpopulação representou 4%. De um modo geral, esta característica foi observada em distribuições de amostras coletadas em imagens com cobertura de nuvens, onde na região de interesse as áreas de amostragem isentas de nuvens foram pequenas, comparadas com o tamanho da população da amostra.

Neste sentido, deve-se considerar que a média anual da cobertura de nuvens no Atlântico Sudeste é de 72% (Joseph and Stevenson, 1974). Dessa forma, torna-se extremamente difícil discernir "pixels" contaminados por nuvens, de "pixels" isentos desta contaminação, uma vez que neste trabalho não se dispôs de dados na faixa do espectro visível.

Por outro lado, níveis digitais com frequência nula dificultaram a obtenção de amostras que pudessem representar uma determinada região de interesse. Tanto no primeiro caso como no segundo, esses fatores foram observados principalmente nas amostras coletadas das imagens de abril, maio e junho (Figuras 4.4 a 4.6).

Devido à similaridade das características das distribuições estatísticas entre as amostras de uma mesma região geográfica, foram selecionadas distribuições de frequências representativas de: campos de água relativamente homogêneos e regiões da Frente Oceânica Subtropical entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas associada a águas costeiras.

Inicialmente, a distribuição gaussiana equivalente à distribuição estatística experimental foi obtida considerando-se a média e o desvio padrão desta última. Dependendo das características da distribuição estatística analisada, a distribuição gaussiana equivalente à experimental foi obtida considerando-se os valores destes parâmetros próximos aos seus valores originais. A incerteza inerente destas medidas é da ordem de uma unidade digital.

A Figura 4.16 exemplifica a distribuição estatística referente à região correspondente à Corrente do Brasil. A amostra desta distribuição, obtida na área de estudo da imagem de 30 de outubro de 1980, localiza-se no espaço bidimensional entre 35° sul e 36° sul e 051° oeste e 052° oeste (Figura 4.10). A envoltória resultante foi obtida pela combinação linear de duas distribuições gaussianas singulares, uma com média em $ND_1 = 84 = 14,8^{\circ}C$ e desvio padrão de $\sigma_1 = 0,95$ (Nível Digital - ND) e outra com média em $ND_2 = 86 = 13,8^{\circ}C$ e $\sigma_2 = 0,4$ ND. O ajuste entre as distribuições em termos do erro quadrático médio, calculado para estas condições, é de ± 21 "pixels", o que corresponde a 4,3% da frequência total. A assimetria presente na distribuição de frequências da área de amostragem, ou seja, na distribuição estatística experimental pode ser atribuída a uma concentração de "pixels" de mesmo valor.

Pode-se verificar que na distribuição estatística experimental: (a) 86,21% da população está incluída entre $\overline{ND} \pm \sigma$; (b) 98,76% está incluída entre $\overline{ND} \pm 2\sigma$ e (c) 99,64% entre $\overline{ND} \pm 3\sigma$, onde $\overline{ND} = 84$ e $\sigma = 0,95$ ND. Considerando que as percentagens esperadas em uma distribuição Normal são 68,72% ($\bar{x} \pm \sigma$); 95,45% ($\bar{x} \pm 2\sigma$) e 99,73% ($\bar{x} \pm 3\sigma$), verifica-se que as percentagens (b) e (c) estão próximas destas.

A Figura 4.17 exemplifica a distribuição estatística da amostra selecionada na região correspondente à Corrente das Malvinas. No espaço bidimensional a amostra localiza-se entre 40° sul e 41° sul e centrada em 057° oeste, na imagem de 30 de outubro de 1980 (Figura 4.10).

Nesse caso a distribuição estatística experimental é relativamente mais uniforme, o que indica uma massa de água mais homogênea e isotermal que a distribuição anterior. A distribuição gaussiana equivalente à experimental foi construída utilizando-se os dados desta última, com média em $\overline{ND} = 99 = 7,3^{\circ}C$ e $\sigma = 1,07$ ND. Este ajuste indica que 2,5% da população apresenta uma incerteza de ± 12 "pixels". Na distribuição estatística experimental (a) 64,52% da população está incluída entre $\overline{ND} \pm \sigma$; (b) 90,73% da população está incluída entre $\overline{ND} \pm 2\sigma$ e

(c) 99,45% entre $\bar{ND} \pm 3\sigma$. Desta forma as percentagens (a), (b) e (c) en contram-se pr o ximas das esperadas em uma distribui $\text{c}\tilde{a}$ o Normal, isto \bar{e} , 68,27%, 95,45% e 99,73%, respectivamente, em rela $\text{c}\tilde{a}$ o a distribui $\text{c}\tilde{a}$ o es tatística representada na Figura 4.16.

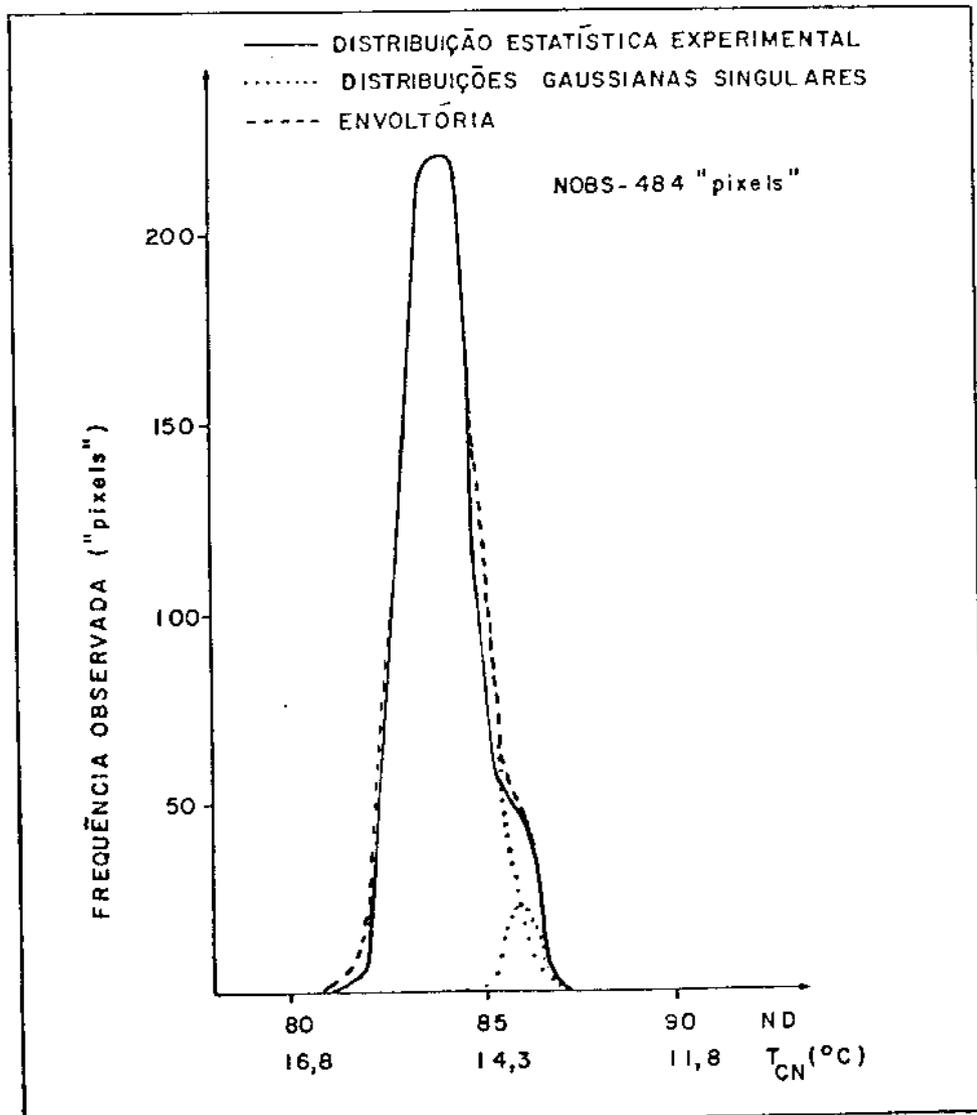


Fig. 4.16 - Distribuições estatísticas - amostra na região da Corrente do Brasil (35 $^{\circ}$ sul-36 $^{\circ}$ sul) - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal.

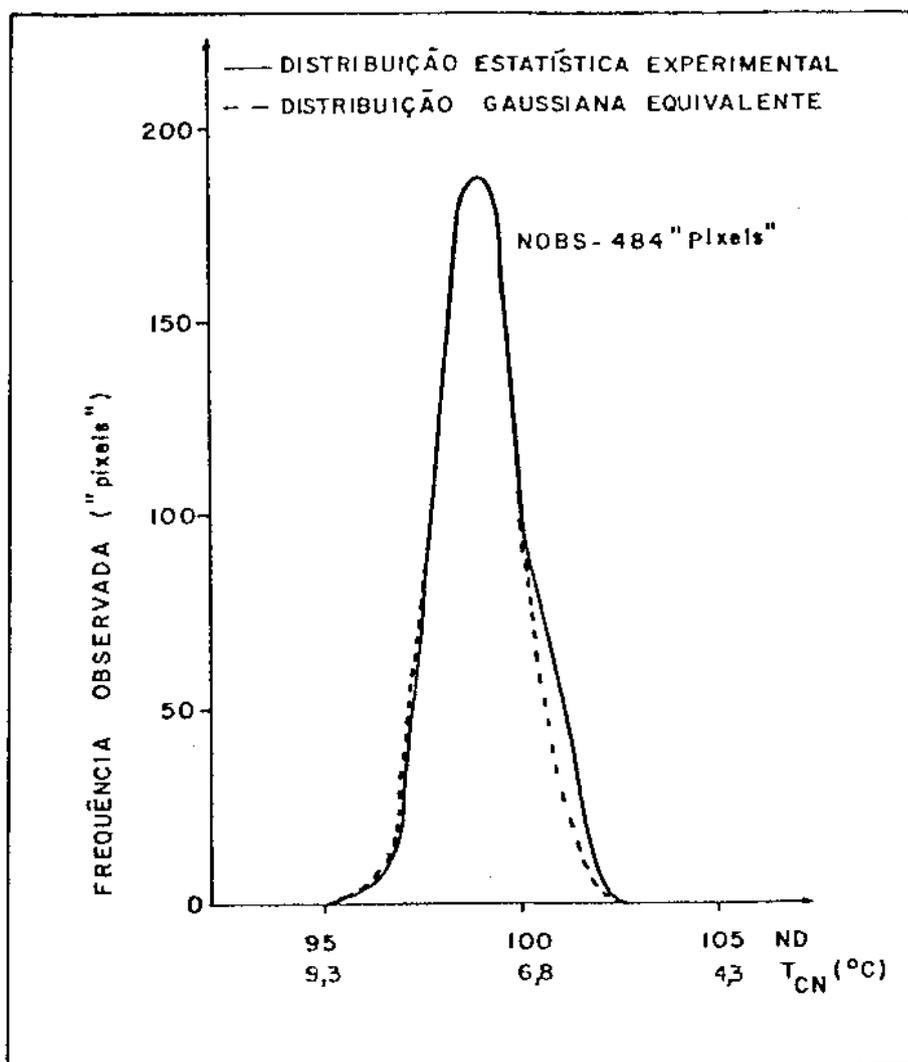


Fig. 4.17 - Distribuições estatísticas - amostra na região da Corrente das Malvinas ($40^{\circ}\text{sul}-41^{\circ}\text{sul}$) - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal.

Considerando-se ainda a imagem de 30 de outubro de 1980, obteve-se uma amostra na região correspondente à Frente Oceânica Subtropical localizada no espaço bidimensional entre 36°sul e 37°sul e centrada em 052°oeste (Figura 4.10). A Figura 4.18 representa uma distribuição bimodal, que é uma das características estatísticas em que se pode identificar a ocorrência de frentes oceânicas. A envoltória resultante nesta distribuição foi obtida pela combinação linear de quatro distribuições gaussianas singulares, definidas em $\text{ND}_1 = 86 = 13,8^{\circ}\text{C}$ e

$\sigma_1 = 0,8$ ND; $ND_2 = 87 = 13,3^{\circ}\text{C}$ e $\sigma_2 = 1,0$ ND; $ND_3 = 90 = 11,8^{\circ}\text{C}$ e $\sigma_3 = 0,6$ ND; $ND_4 = 91 = 11,3^{\circ}\text{C}$ e $\sigma_4 = 1,2$ ND. Neste caso, somente 1,0% da frequência total de "pixels" apresenta uma incerteza de ± 5 "pixels". Os valores da média e do desvio padrão da distribuição estatística experimental são $\overline{ND} \approx 89 = 12,3^{\circ}\text{C}$ e $\sigma = 2,4$ ND, respectivamente.

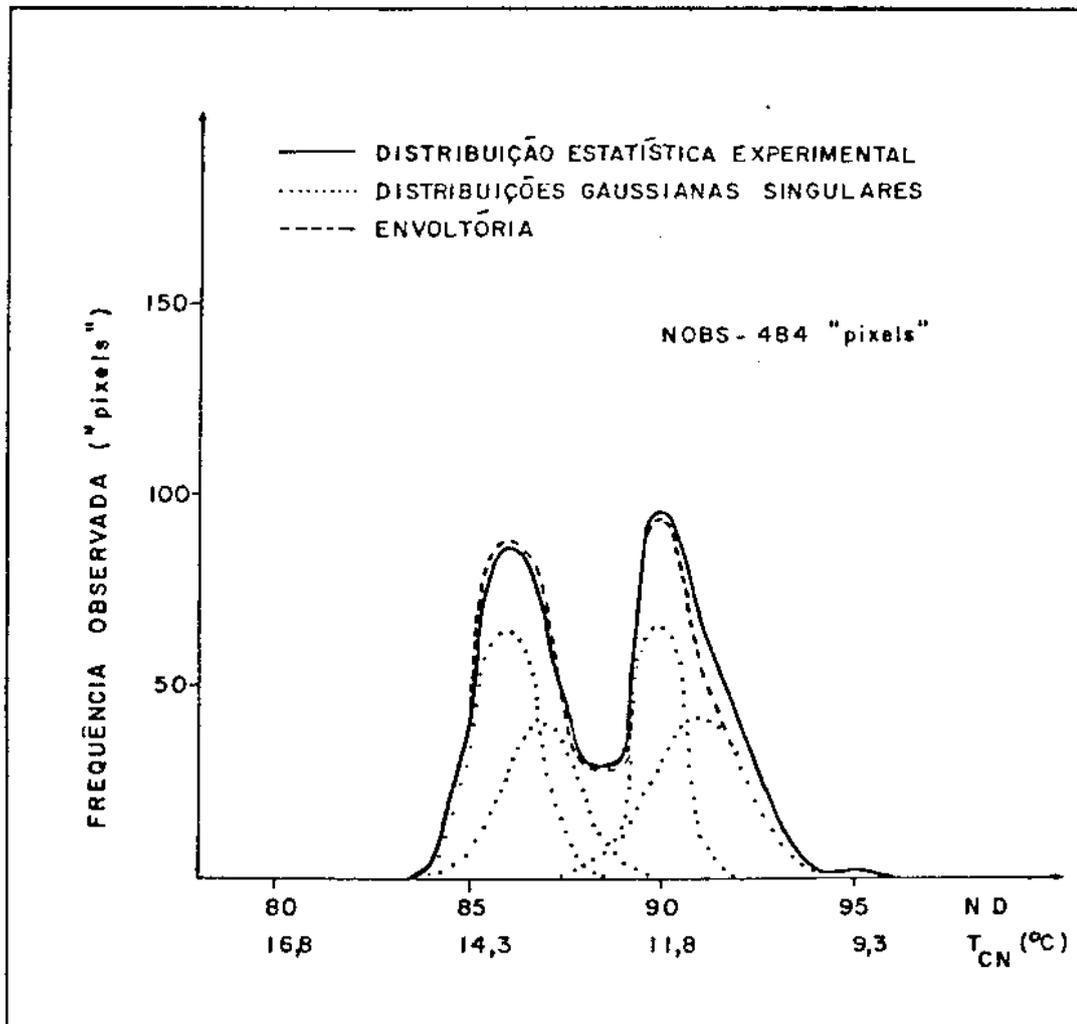


Fig. 4.18 - Distribuições estatísticas - amostra na região da Frente Oceânica Subtropical (36°sul - 37°sul) - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal.

Na distribuição estatística experimental (Figura 4.18), as temperaturas maiores (níveis digitais menores), situadas do seu lado esquerdo, referem-se à região da Corrente do Brasil, enquanto a região da Corrente das Malvinas é representada pelos níveis digitais maiores, relativos a temperaturas menores. Observa-se que cada subpopulação da distribuição estatística experimental é composta por um par de gaussianas singulares que possuem frequências diferentes, o que pode significar pequenos e assimétricos gradientes termais presentes em cada subpopulação.

A distribuição estatística na Figura 4.19 representa a região da Frente Oceânica Subtropical e águas costeiras com influência das águas transportadas pela Corrente das Malvinas. A área de amostragem obtida da imagem de 24 de julho de 1980 está localizada entre 33°sul e 34°sul e centrada em 051°oeste (Figura 4.7). Na distribuição estatística experimental, devido a uma maior variação de temperatura na zona quente desta frente, identificada pela assimetria presente nessa subpopulação, esta é decomposta em três gaussianas singulares, com média em $ND_1 = 80 = 16,8^{\circ}C$ e $\sigma_1 = 0,95$ ND; $ND_2 = 82 = 15,8^{\circ}C$ e $\sigma_2 = 0,65$ ND; $ND_3 = 84 = 14,8^{\circ}C$ e $\sigma_3 = 0,7$ ND. Por outro lado, a zona fria desta frente é representada por uma subpopulação mais simétrica, o que indica um campo de água relativamente mais homogêneo. Neste caso, a distribuição gaussiana equivalente à esta subpopulação corresponde a $ND_1 = 87 = 13,3^{\circ}C$ e $\sigma_1 = 0,83$ ND.

A medida de incerteza de ± 6 "pixels", obtida do ajuste entre a distribuição estatística experimental e a envoltória resultante da combinação linear das distribuições gaussianas singulares, corresponde a 1,2% da frequência total de "pixels". A área na zona quente e fria do gradiente termal corresponde a um total de 78 "pixels" e 98 "pixels", respectivamente. Os valores da média e do desvio padrão correspondentes à distribuição estatística experimental são $\overline{ND} = 84 = 14,8^{\circ}C$ e $\sigma = 2,82$ ND, respectivamente.

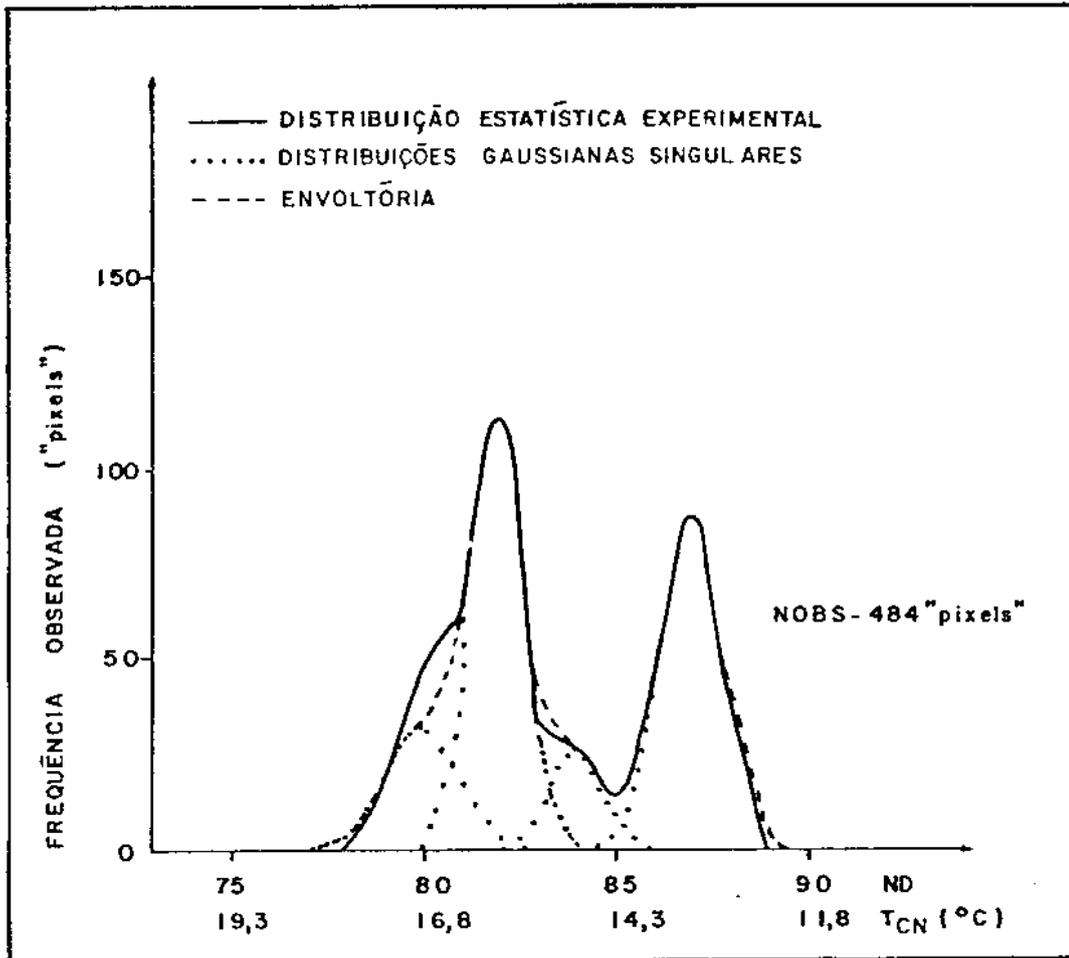


Fig. 4.19 - Distribuições estatísticas - amostra na região da Frente Oceânica Subtropical (33° sul- 34° sul) - 24 de julho de 1980 - canal i.v. termal.

Ao largo da região do Rio da Prata, onde ocorre maior interação entre os diversos tipos de água da região, pode-se obter amostras que correspondem a uma distribuição bimodal. A amostra, obtida da imagem referente a 22 de dezembro de 1980, localiza-se no espaço bidimensional entre 35° sul e 36° sul e 052° oeste e 053° oeste (Figura 4.12). A distribuição estatística representada na Figura 4.20 é composta de duas subpopulações relativamente simétricas. A envoltória foi obtida considerando-se duas distribuições gaussianas, com média em $ND_1 = 86 = 13,8^{\circ}C$ e $\sigma_1 = 0,74$ ND; $ND_2 = 89 = 12,3^{\circ}C$ e $\sigma_2 = 1,0$ ND. Neste caso, 1,2% da frequência total de "pixels" tem uma incerteza de ± 6 "pixels", similar ao valor obtido no caso anterior.

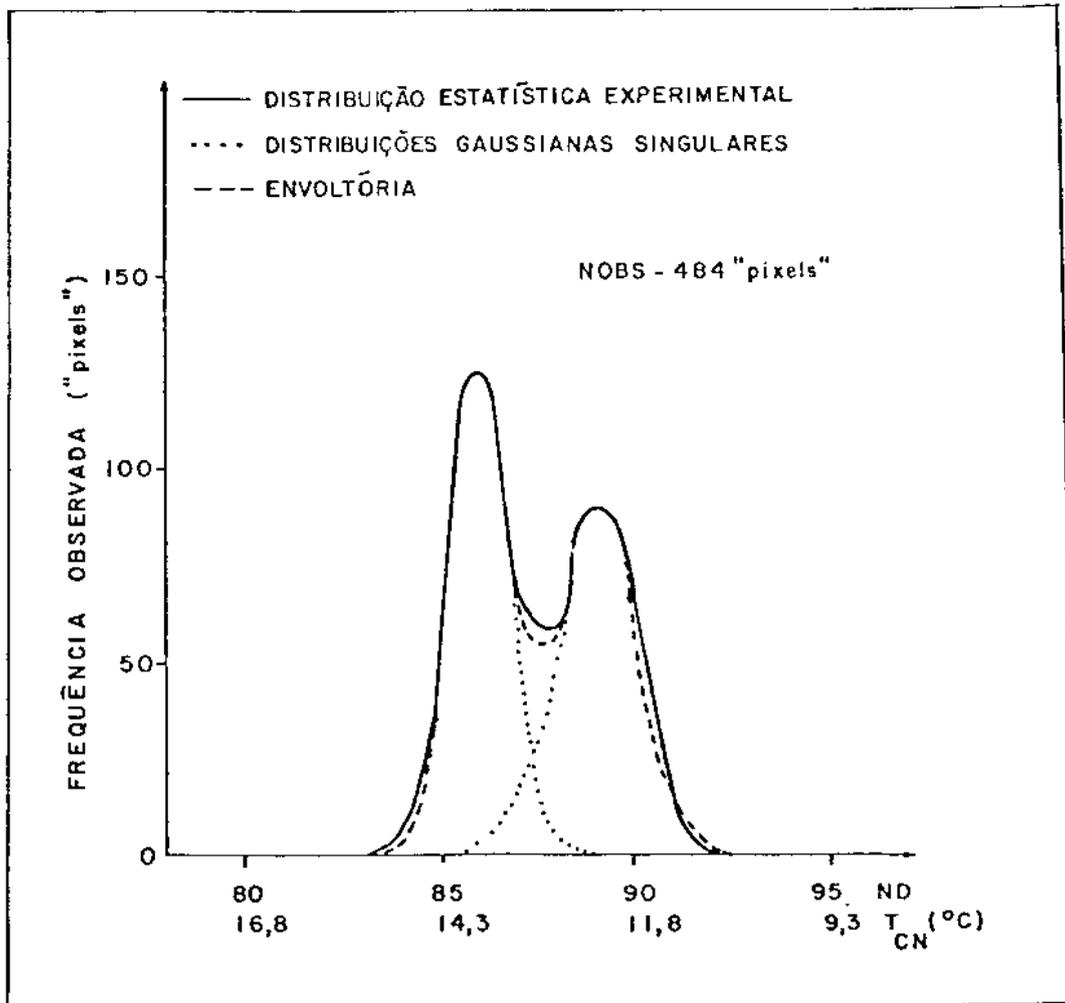


Fig. 4.20 - Distribuições estatísticas - amostra na região da Frente Oceânica Subtropical (35°sul - 36°sul) - 22 de dezembro de 1980 - canal i.v. termal.

Pode-se ainda acompanhar a influência de um determinado tipo de água, na zona da Convergência Subtropical, através da observação do comportamento estatístico de amostras, como se verifica através das Figuras 4.21 e 4.22. Estas figuras representam a distribuição estatística de amostras obtidas na região da Frente Oceânica Subtropical da imagem de 13 de fevereiro de 1980. A Figura 4.21 mostra que a distribuição estatística experimental apresenta pequenas variações de temperatura, definida por subpopulações que envolvem pouca quantidade de "pixels". A amostra obtida da imagem de 13 de fevereiro de 1980 localiza-se no espaço bidimensional, centrada em 40°sul e entre 054°oeste e 055°oeste (Figura 4.2).

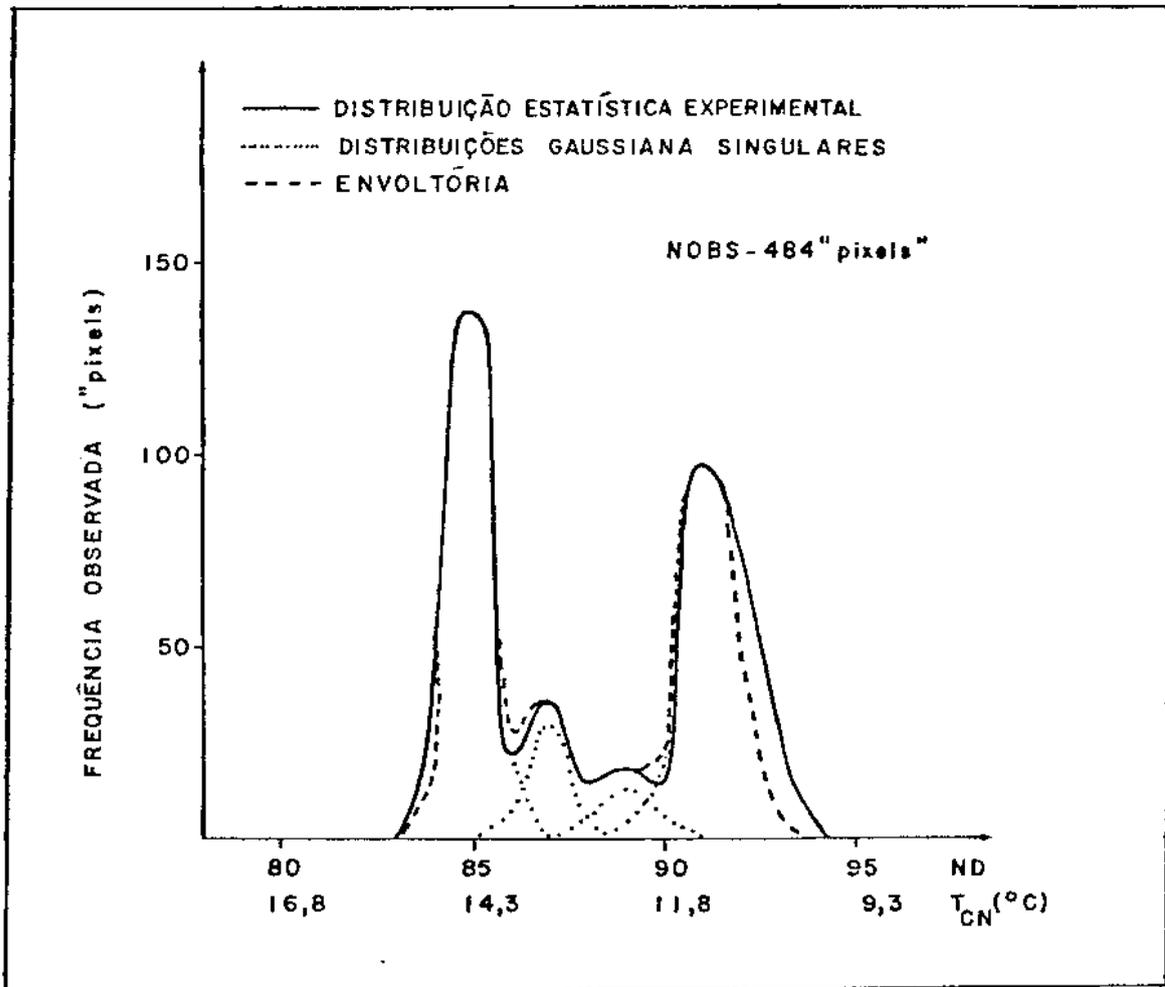


Fig. 4.21 - Distribuições estatísticas - amostra na região da Frente Oceânica Subtropical (40°sul) - 13 de fevereiro de 1980 - canal i.v. termal.

Por outro lado, a amostra da distribuição estatística representada na Figura 4.22 situa-se no espaço bidimensional entre 43°sul e 44°sul e centrada em 055°oeste, ou seja, ao sul da localização da amostra anterior (Figura 4.2). Verifica-se que em direção às altas latitudes, a distribuição estatística experimental envolvendo temperaturas mais frias apresenta ainda variações de temperatura na zona fria da frente oceânica, onde a subpopulação correspondente não está explicitamente definida, como indicado na Figura 4.22.

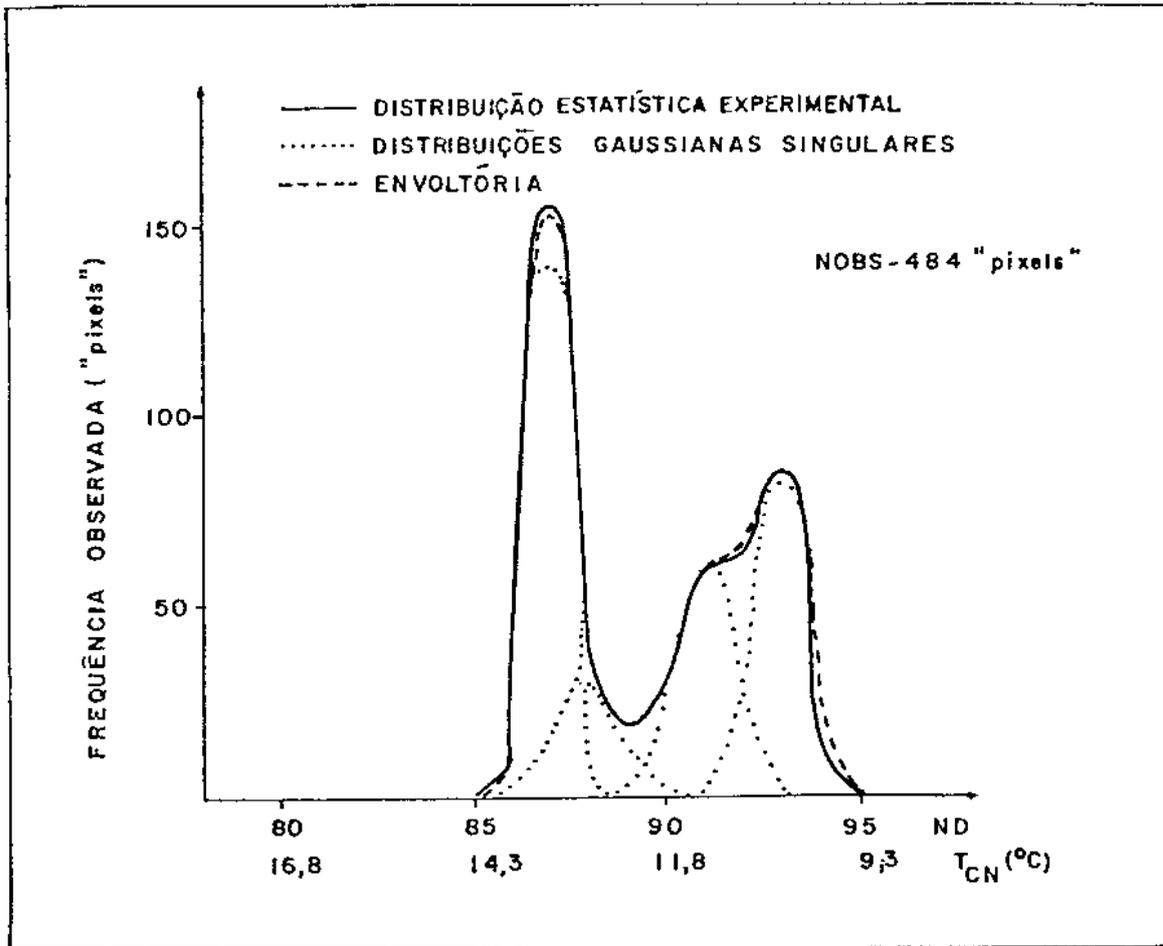


Fig. 4.22 - Distribuições estatísticas - amostra na região da Frente Oceânica Subtropical (43° sul- 44° sul) - 13 de fevereiro de 1980 - canal i.v. termal.

A média da distribuição estatística experimental, representada na Figura 4.21, é igual ao nível digital 88, equivalente a uma temperatura (T_{CN}) de $12,8^{\circ}\text{C}$, e o desvio padrão correspondente é de 3,17 ND. Como indicado nesta figura, utilizaram-se quatro distribuições gaussianas singulares, com média em $\text{ND}_1 = 85 = 14,3^{\circ}\text{C}$, pico- $A_1 = 136$ "pixels" e $\sigma_1 = 0,52$ ND; $\text{ND}_2 = 87 = 13,3^{\circ}\text{C}$, pico- $A_2 = 30$ "pixels" e $\sigma_2 = 0,55$ ND; $\text{ND}_3 = 89 = 12,3^{\circ}\text{C}$, pico- $A_3 = 12$ "pixels" e $\sigma_3 = 0,75$ ND; $\text{ND}_4 = 91 = 11,3^{\circ}\text{C}$, pico- $A_4 = 98$ "pixels" e $\sigma_4 = 0,81$ ND. A medida de incerteza do ajuste entre a distribuição estatística experimental e a envoltória obtida com as distribuições gaussianas singulares é da ordem de ± 14 "pixels", o que representa 2,9% da frequência total da área

de amostragem. A grandeza desta incerteza é devida à assimetria presente na subpopulação representativa da zona fria da frente oceânica, na distribuição estatística experimental.

Por outro lado, verifica-se que a média da distribuição estatística experimental na Figura 4.22 é de aproximadamente 90 unidades de nível digital, equivalente a uma temperatura (T_{CN}) de $11,8^{\circ}\text{C}$, com desvio padrão de 2,6 ND. Esta distribuição foi decomposta em quatro distribuições gaussianas singulares, com média em $ND_1 = 87 = 13,3^{\circ}\text{C}$, pico- $A_1 = 139$ "pixels" e $\sigma_1 = 0,42$ ND; $ND_2 = 88 = 12,8^{\circ}\text{C}$, pico- $A_2 = 30$ "pixels" e $\sigma_2 = 0,84$ ND; $ND_3 = 91 = 11,3^{\circ}\text{C}$, pico- $A_3 = 60$ "pixels" e $\sigma_3 = 0,81$ ND; $ND_4 = 93 = 10,3^{\circ}\text{C}$, pico- $A_4 = 83$ "pixels" e $\sigma_4 = 0,68$ ND. A segunda e a terceira distribuições gaussianas foram utilizadas devido à assimetria da subpopulação representativa das zonas quente e fria da frente oceânica, respectivamente, na distribuição estatística experimental. Nesta distribuição, a estabilidade dos dados é relativamente maior que aquela representada na Figura 4.21, sendo que somente 0,6% da frequência total de "pixels" apresenta uma incerteza de ± 3 "pixels".

Em relação ao campo de nuvens, selecionaram-se amostras com características relativamente isotérmicas e amostras que envolvem uma maior variação de temperatura. Estas condições são ilustradas, a seguir, através de amostras obtidas da imagem de 30 de outubro de 1980.

A Figura 4.23 exemplifica a distribuição estatística relativa à amostra de nuvens, cujo intervalo de temperatura varia entre $-10,7^{\circ}\text{C}$ e $-13,7^{\circ}\text{C}$. Nesta distribuição, a frequência máxima de $A = 220$ "pixels" ocorre em $ND = 140 = -13,2^{\circ}\text{C}$ e os valores da média e do desvio padrão são $\overline{ND} = 139 = -12,7^{\circ}\text{C}$ e $\sigma = 0,65$ ND, respectivamente. A envoltória na distribuição estatística experimental foi obtida através da combinação linear de duas curvas gaussianas, com média em $ND_1 = 140 = -13,2^{\circ}\text{C}$ e $\sigma_1 = 0,81$ ND e $ND_2 = 136 = -11,2^{\circ}\text{C}$ e $\sigma_2 = 1,0$ ND. A medida de incerteza do ajuste entre as distribuições é da ordem de ± 41 "pixels". A magnitude deste valor pode ser atribuída à presença do pico secundário em $ND = 136$, com frequência igual a 8 "pixels". A amos

tra localiza-se no espaço bidimensional entre 47°sul e 48°sul e 054°oeste e 055°oeste.

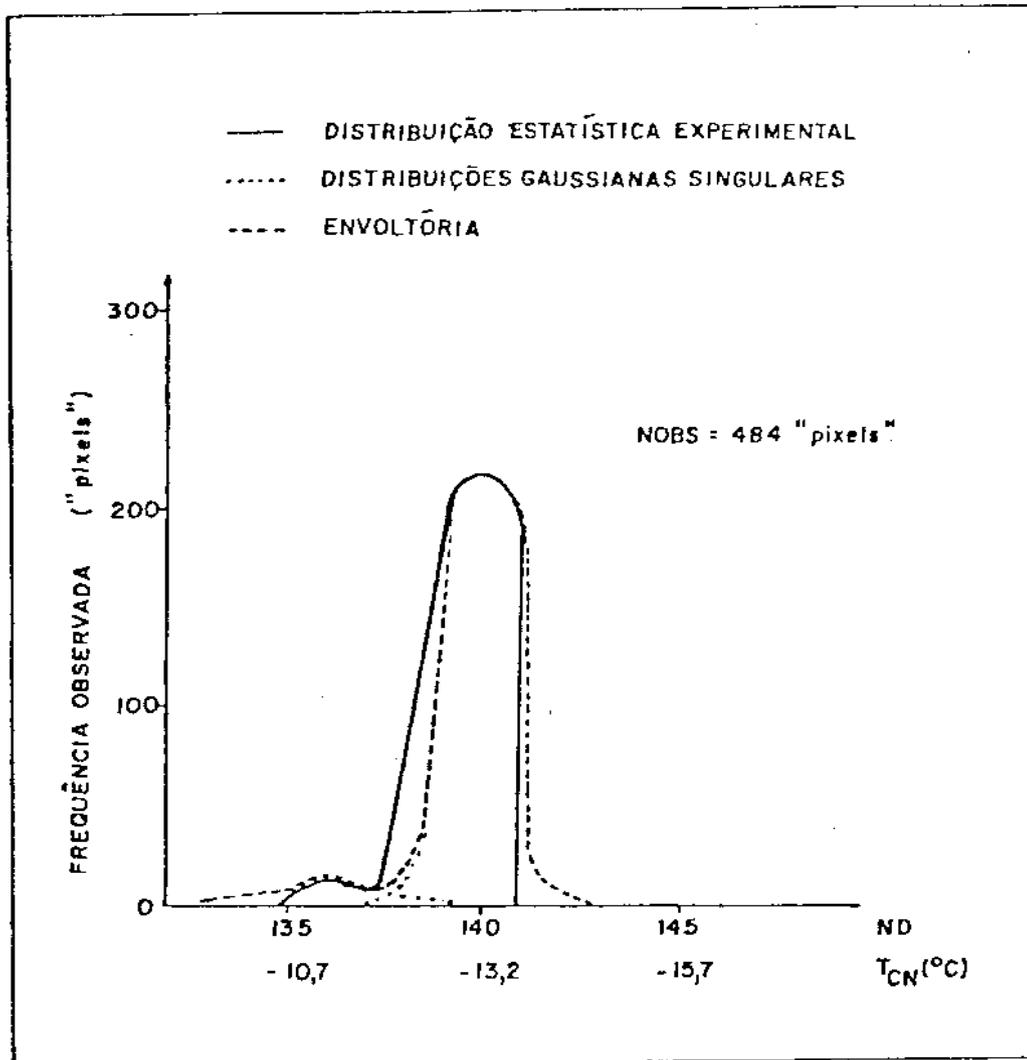


Fig. 4.23 - Distribuições estatísticas - amostra de nuvens - relativamente isoterma - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal.

A Figura 4.24 é um bom exemplo de distribuição polimodal (picos múltiplos), mostrando a distribuição estatística de amostra de nuvens com temperaturas relativamente mais frias que as da distribuição anterior. A amostra no espaço bidimensional encontra-se entre 29°sul e 30°sul e 048°oeste e 049°oeste. O intervalo de temperatura varia entre -50,2°C e -64,2°C, com frequência máxima de $A = 83$ "pixels" em

ND = 202 = $-57,2^{\circ}\text{C}$. Nesta distribuição, devido às suas características, utilizaram-se quatro combinações lineares para obter uma envoltória equivalente à distribuição estatística experimental, ou seja, com média em $\text{ND}_1 = 199 = -54,2^{\circ}\text{C}$ e $\sigma_1 = 1,0 \text{ ND}$; $\text{ND}_2 = 202 = -57,2^{\circ}\text{C}$ e $\sigma_2 = 1,1 \text{ ND}$; $\text{ND}_3 = 205 = -60,2^{\circ}\text{C}$ e $\sigma_3 = 0,73 \text{ ND}$; $\text{ND}_4 = 207 = -62,2^{\circ}\text{C}$ e $\sigma_4 = 0,8 \text{ ND}$. Utilizando-se os dados da média e do desvio padrão da distribuição estatística experimental, ou seja, $\overline{\text{ND}} = 202$ e $\sigma = 2,73 \text{ ND}$, a medida de incerteza do ajuste entre as distribuições é da ordem de ± 15 "pixels", enquanto nas condições acima, esta incerteza reduz-se a ± 10 "pixels". Na distribuição estatística experimental verifica-se que o nível digital 206 apresenta frequência nula, o que dificulta a obtenção de um melhor ajuste entre as distribuições experimental e gaussianas.

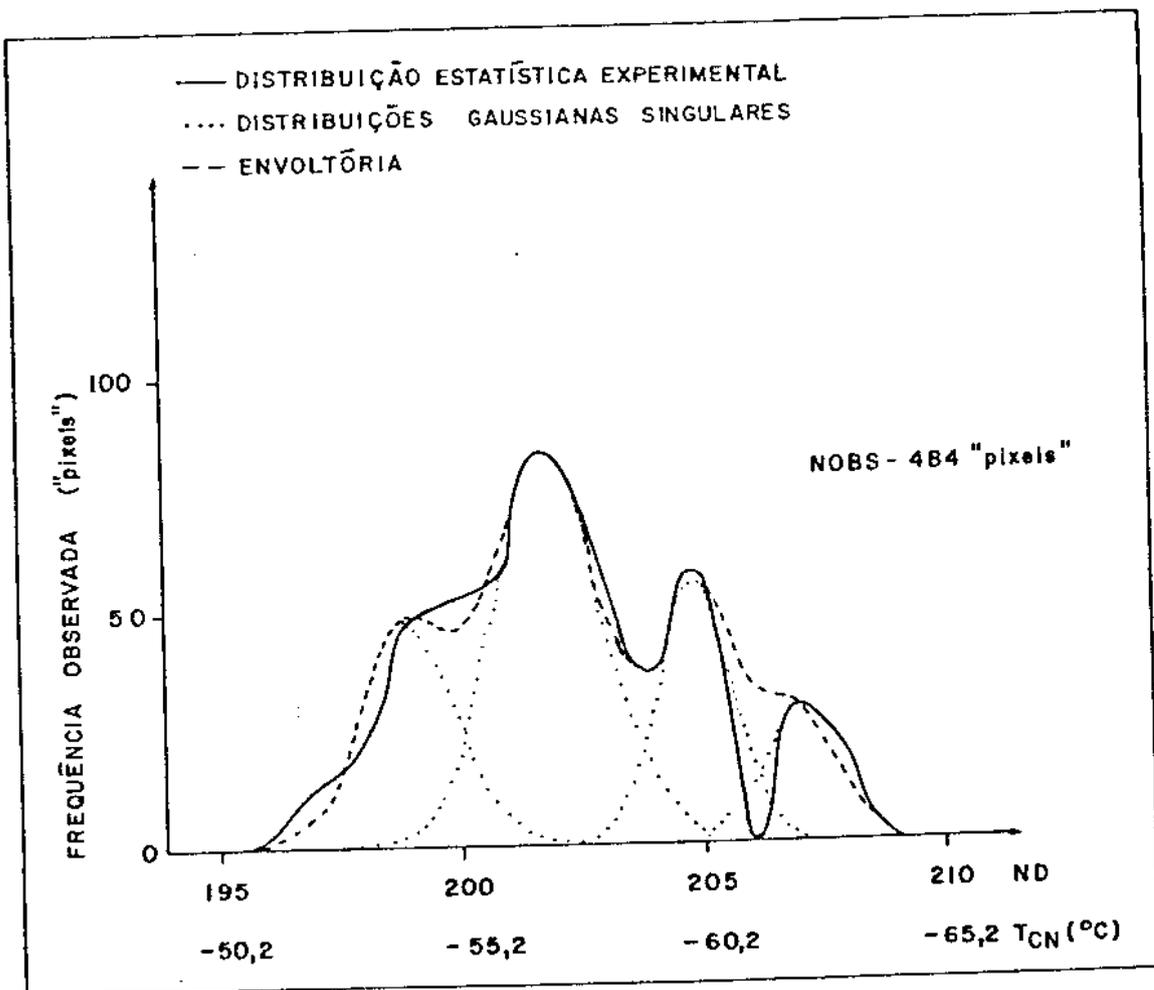


Fig. 4.24 - Distribuições estatísticas - amostra de nuvens - temperaturas relativamente baixas - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal.

A última distribuição estatística a ser considerada (Figura 4.25) apresenta um maior intervalo de temperatura, que varia entre $-20,7^{\circ}\text{C}$ e $-68,2^{\circ}\text{C}$. A amostra localiza-se no espaço bidimensional entre 32°sul e 33°sul e 050°oeste e 051°oeste . Nesta distribuição é importante notar que existem vários níveis de cinza com frequência nula, sendo que nos níveis 206 e 210 este valor é mais evidente, uma vez que os níveis adjacentes apresentam picos com frequências relativamente altas. A média e o desvio padrão da distribuição estatística experimental são $\overline{\text{ND}} \approx 200 = -55,2^{\circ}\text{C}$ e $\sigma = 10,5 \text{ ND}$, respectivamente.

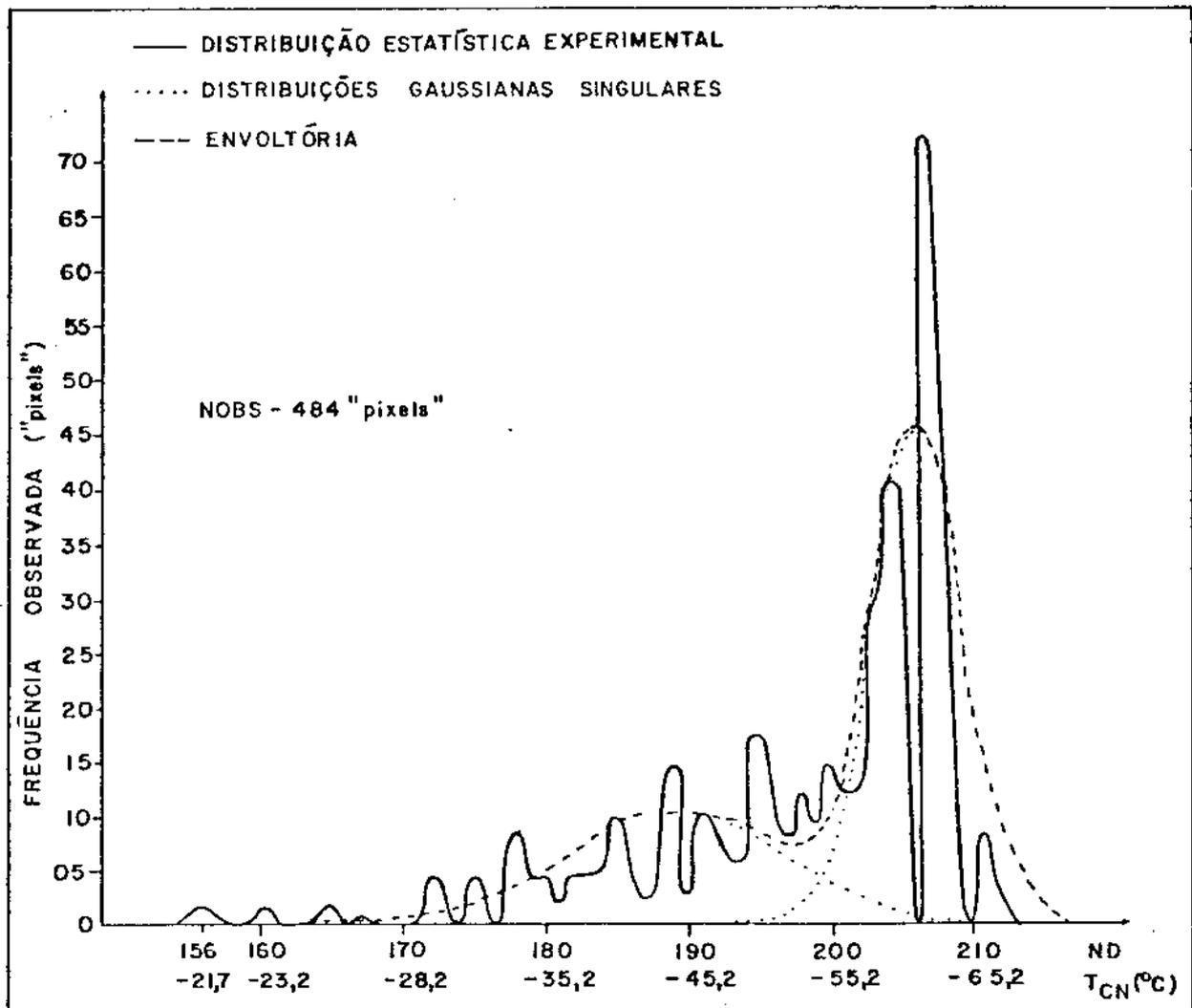


Fig. 4.25 - Distribuições estatísticas - amostra de nuvens - temperaturas baixas - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal.

A envoltória resultante foi obtida pela combinação linear de duas gaussianas, com média em $ND_1 = 189 = -44,2^{\circ}C$, pico- $A_1 = 10$ "pixels" e $\sigma_1 = 7,5$ ND e $ND_2 = 207 = -62,2^{\circ}C$, pico- $A_2 = 45$ "pixels" e $\sigma_2 = 3,6$ ND. A razão da utilização da distribuição gaussiana com média em $ND = 207$ é representar uma situação mais próxima da real e compensar a maior frequência com a frequência nula. Nestas condições o erro quadrático médio entre as distribuições calculado do ajuste é de ± 9 "pixels".

Através dos exemplos apresentados, em relação ao campo de água, pode-se observar algumas características do regime de correntes em função das variações da temperatura da superfície do mar. Pode-se verificar que as áreas de amostragem obtidas na região da Corrente do Brasil ou Corrente das Malvinas são representadas por uma distribuição unimodal, o que indica uma região relativamente homogênea. As áreas de amostragem obtidas na região próxima ao largo do estuário do Rio da Prata podem apresentar uma distribuição estatística que envolve três ou mais picos, o que pode caracterizar frentes oceânicas formadas pela contribuição do campo de águas costeiras, água da Corrente do Brasil e da Corrente das Malvinas. Em direção à região oceânica, a configuração da distribuição estatística representativa de frentes oceânicas pode ser definida, geralmente, por uma distribuição bimodal, isto porque a amostra compreende o encontro de campos de água relativamente homogêneos, embora possa ocorrer também, tanto no primeiro caso como no segundo, situações opostas.

Quanto à medida de incerteza ou estabilidade entre a distribuição estatística experimental e a distribuição gaussiana, considera-se como boa estabilidade entre estas a ordem de grandeza da medida de incerteza, obtida do ajuste entre as frequências observadas e aquelas obtidas pela combinação linear de uma ou mais curvas da distribuição gaussiana, associada com a percentagem relativa que esta medida representa. Se a medida de incerteza do ajuste entre as distribuições é pequena, ou seja, próxima de zero, tem-se um melhor ajuste entre elas, o que indica pouca variabilidade entre as frequências da distribuição

estatística dos dados experimentais, população ou subpopulação de uma ou mais curvas da distribuição gaussiana. Se, por outro lado, esta medida aumenta, tem-se um menor ajuste entre as distribuições, o que indica maior variabilidade entre as distribuições estatísticas dos dados experimentais, população ou subpopulação de uma ou mais curvas da distribuição gaussiana.

Com base na observação dos resultados verificados no ajuste entre as distribuições com características unimodal, referentes às amostras coletadas na região da Corrente do Brasil ou Corrente das Malvinas, pôde-se observar que ocorre, em média, uma incerteza de aproximadamente ± 20 "pixels" do ajuste entre as distribuições estatísticas experimentais e as distribuições obtidas através do modelo gaussiano. Considerando-se que a amostra da população possui 484 "pixels", esta medida de incerteza corresponde a 4% da população, ou seja, 4% da frequência total de "pixels" apresenta uma variabilidade de ± 20 "pixels". Portanto, verifica-se que, em média, 96% da população da amostra pôde ser representada pelo modelo gaussiano utilizado.

Por outro lado, pôde-se verificar que em relação às distribuições estatísticas experimentais que representam as características da Frente Oceânica Subtropical, ou seja, apresentam característica bimodal, a medida de incerteza do ajuste entre estas e as distribuições gaussianas correspondeu, aproximadamente, a ± 9 "pixels" em média. Neste caso, a percentagem relativa equivalente a esta medida é reduzida a 2%, o que indica que 2% da frequência total de "pixels" apresenta uma variabilidade de ± 9 "pixels", e também que, em média, 98% da população da amostra está representada pelo modelo gaussiano.

O aumento da medida de dispersão entre as distribuições pode ser devido às características de uma determinada distribuição estatística experimental envolver momentos estatísticos de ordem maior, ou seja, assimetria e curtose. No caso, os resultados obtidos através da análise das distribuições estatísticas representativas da Frente Oceânica Subtropical são melhores que aqueles obtidos da análise das

distribuições estatísticas representativas de regiões da Corrente do Brasil ou Corrente das Malvinas, devido a estas últimas apresentarem distribuições unimodais relativamente assimétricas. Para minimizar os efeitos de assimetria, presente em uma distribuição estatística experimental, pode-se utilizar duas ou mais distribuições gaussianas, cujo efeito é a mudança do declive da curva. Deve-se observar que uma melhor avaliação dos dados poderá ser feita considerando um maior número de amostras e as características da assimetria e curtose da distribuição estatística experimental, como também informações de imagens obtidas na faixa do espectro visível, com a finalidade de melhor discernir os "pixels" contaminados por nuvens.

A grandeza da medida de incerteza entre as distribuições estatísticas experimentais e as gaussianas é, de maneira geral, em função das características flutuantes das observações e do grau de complexidade que envolve o modelo. Especificamente no campo de observações, pode-se atribuir as variações dessa grandeza à seleção das áreas de amostragem, ruído inerente dos dados, variabilidade intrínseca da região geográfica, variabilidade do sistema sensor, dentre outros fatores. Em relação ao modelo, deve-se observar a disponibilidade de dados discretos, considerando que o modelo gaussiano é aplicado normalmente a uma distribuição contínua, como também os critérios adotados na obtenção da envoltória à distribuição estatística experimental. Entretanto, o modelo gaussiano utilizado tem como vantagem demodular a distribuição observada em uma ou mais subpopulações relativamente normais, que podem estar combinadas linearmente. Pôde-se verificar que a combinação linear das distribuições gaussianas foi relativamente similar à distribuição estatística experimental.

4.3 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O GRADIENTE DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

No cálculo do gradiente de temperatura da superfície do mar, baseado no modelo numérico descrito na metodologia, a partir de uma dada distribuição estatística experimental, considerou-se como exem

plô a distribuição de frequências representada na Figura 4.26. Esta distribuição é equivalente à distribuição estatística representada na Figura 4.18, referente à amostra obtida na região da Frente Oceânica Subtropical, coletada da imagem de 30 de outubro de 1980.

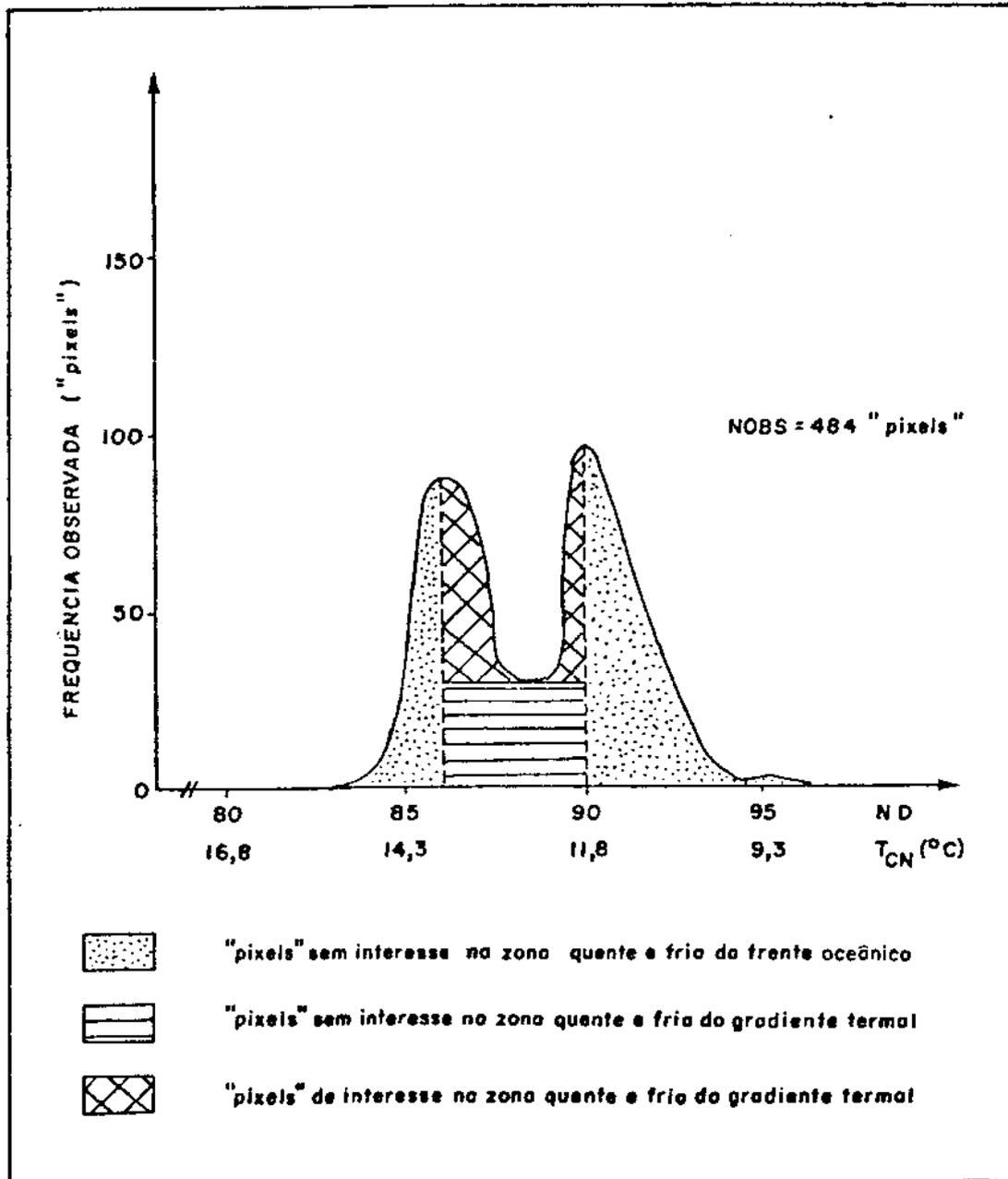


Fig. 4.26 - Representação dos "pixels" na distribuição estatística - amostra na região da Frente Oceânica Subtropical (36°sul-37°sul) - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal.

As frequências de "pixels" correspondentes a cada nível digital da distribuição estatística representada na Figura 4.26 são indicadas na Tabela 4.19.

TABELA 4.19

NÍVEL DIGITAL CORRESPONDENTE À FREQUÊNCIA DE "PIXELS"

| NÍVEL DIGITAL | FREQUÊNCIA "PIXELS" |
|---------------|---------------------|
| 83 | 0 |
| 84 | 1 |
| 85 | 34 |
| 86 | 87 |
| 87 | 72 |
| 88 | 31 |
| 89 | 31 |
| 90 | 96 |
| 91 | 67 |
| 92 | 44 |
| 93 | 16 |
| 94 | 2 |
| 95 | 3 |
| 96 | 0 |

Verifica-se através desta tabela e da Figura 4.26 que o número total de "pixels" na zona de temperatura quente e fria da frente oceânica corresponde a 190 e 127 "pixels", respectivamente. O número de "pixels" de interesse na zona quente e fria do gradiente de temperatura da frente oceânica corresponde a 97 e 65 "pixels", respectivamente. Finalmente, os "pixels" que não contribuem na zona quente e fria da frente oceânica correspondem a 35 e 132 "pixels", respectivamente.

Entretanto, deve-se considerar que a área de amostragem do campo de água, obtida através da classificação de padrões no Sistema IMAGE-100, com 484 "pixels", representa originalmente uma área com 121 "pixels", devido à ampliação utilizada no tratamento automático da imagem original, ou seja 4:1. Portanto, para o propósito do cálculo do gradiente de temperatura da superfície do mar, devem ser feitas as devidas equivalências. Desta forma, os "pixels" de interesse para estimar o valor do gradiente de temperatura, ou seja, 190, 127, 97 e 65 "pixels" correspondem a 47, 32, 24 e 16 "pixels", respectivamente, enquanto os "pixels" que não contribuem na zona quente (35 "pixels") e fria (132 "pixels") da frente oceânica equivalem a 9 e 33 "pixels", respectivamente.

A razão entre o número de "pixels" na zona quente do gradiente de temperatura e o número total de "pixels" nesta zona é 0,51, o que corresponde a uma proporção dos lados da área de 1:1,95. No caso da zona fria do gradiente termal, a razão é de 0,50, o que corresponde a uma proporção dos lados da área de 1:2.

Considerando que a área correspondente à zona quente da frente oceânica equivale originalmente a 47 "pixels", o menor lado, normal à frente oceânica, encerra 5 "pixels", que estão contidos no espaço bidimensional em meia (1/2) linha de varredura, enquanto o maior lado, paralelo à frente oceânica, contém o dobro de "pixels", ou seja, 10 "pixels", distribuídos em uma (1) linha de varredura. Na zona fria da frente oceânica, para uma área total de 32 "pixels", o menor e o maior lado desta zona são representados por 4 e 8 "pixels", respectivamente. No espaço bidimensional 4 "pixels" estão inseridos em 1/2,8 de uma linha de varredura e 8 "pixels" em 1/1,4 de uma linha de varredura.

Aplicando a condição em que o gradiente termal na direção normal à frente oceânica é muito maior que o gradiente termal na direção paralela a esta, ou seja:

$$\frac{\Delta T}{\Delta n} \gg \frac{\Delta T}{\Delta p},$$

tem-se que o número total de "pixels" que contribuem na zona quente e fria do gradiente de temperatura, normal à frente oceânica, é de 9 "pixels", inseridos em 1/1,2 de uma linha de varredura. Admitindo-se a resolução de 10 km, 9 "pixels" correspondem a 90 km. O intervalo de temperatura na zona quente e fria da frente oceânica, obtido através da distribuição estatística na Figura 4.26, é de 2,0°C, portanto o gradiente termal médio é de $0,22 \times 10^{-1}$ °C/km.

Na avaliação dos resultados no espaço bidimensional pôde-se verificar que no "printout" 121 "pixels", equivalentes à área original, foram representados por 88 caracteres, sendo que cada caractere na direção horizontal representou 1 "pixel" e na direção vertical, 1,4 linhas de varredura. Fazendo as devidas equivalências entre número de "pixels" e caracteres, e considerando somente os "pixels" na direção normal à frente oceânica, o valor estimado para o gradiente termal foi da ordem de $0,29 \times 10^{-1}$ °C/km. A disposição dos "pixels" no espaço bidimensional é esquematizada na Figura 4.27.

A diferença de $0,07 \times 10^{-1}$ °C/km entre o valor do gradiente termal estimado com os dados da distribuição estatística experimental e o verificado no "printout" fornece, aproximadamente, 25% de incerteza entre os dados. A ordem de grandeza desta incerteza pode ser explicada pela qualidade do "printout" utilizado para a verificação dos valores. Este é obtido através de uma amostragem de todos os "pixels" da memória do Sistema IMAGE-100. Disto, decorre, em média, um erro de 25% devido ao número de caracteres impressos na direção vertical, associados ao número de "pixels".

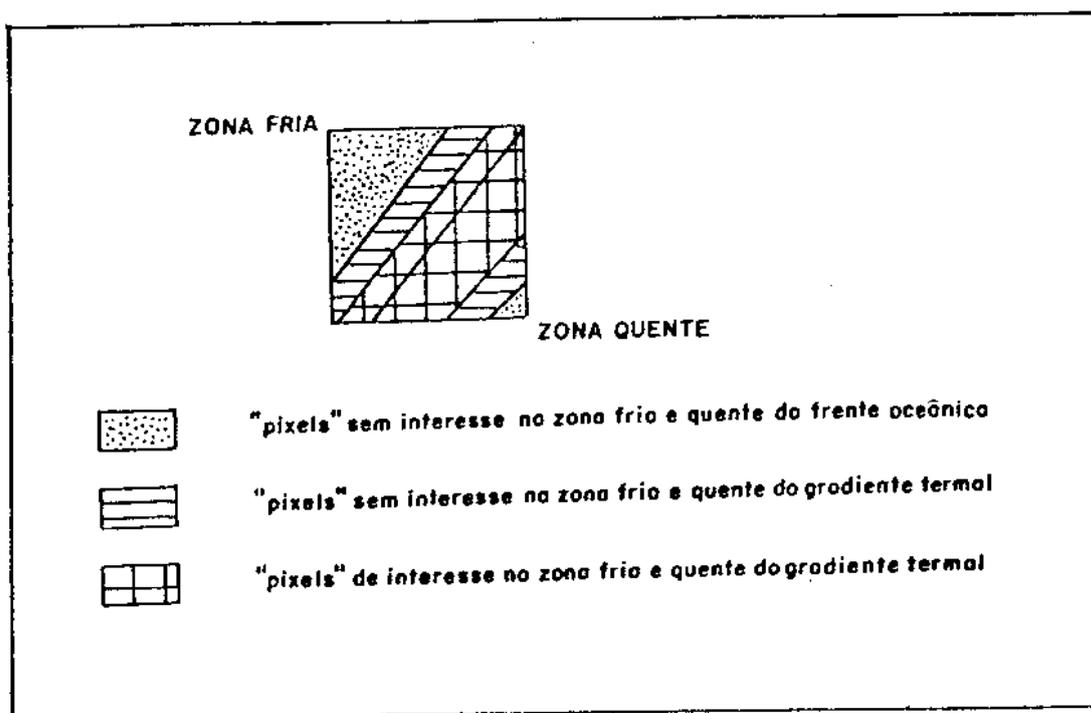


Fig. 4.27 - Representação dos "pixels" no espaço bidimensional - amostra na região da Frente Oceânica Subtropical (36°sul-37°sul) - 30 de outubro de 1980 - canal i.v. termal.

Utilizando o mesmo procedimento para as distribuições estatísticas representadas nas Figuras 4.19, 4.20 e 4.22, referentes a julho, dezembro e fevereiro de 1980, pode-se estimar valores de gradiente termal em torno de $0,28 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$; $0,29 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ e $0,23 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$, respectivamente. Como indicado na Secção 3.2.1, o valor médio do gradiente de temperatura da superfície do mar, na zona da Convergência Subtropical, foi estimado com dados oceanográficos em torno de aproximadamente $0,5 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ - verão de 1981; $0,7 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ - outono de 1978 e inverno de 1965; $0,9 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ - primavera de 1977. Desta forma, pode-se observar que os valores de gradiente de temperatura estimados com o modelo são em média cerca de quatro a duas vezes menores que aqueles estimados com dados oceanográficos.

Deve-se considerar que a área de amostragem utilizada para estimar o valor do gradiente termal da Frente Oceânica Subtropical, com dados do satélite SMS-2, tem 11 "pixels" por 11 linhas de varredura

ra, que corresponde a uma área de $1,2 \times 10^4 \text{ km}^2$, para uma resolução de 10 km por "pixel" e sem recobrimento entre faixas adjacentes na imagem. Com recobrimento esta área é um pouco menor, da ordem de $1 \times 10^4 \text{ km}^2$, correspondendo a 10 "pixels" por 10 linhas de varredura. Por outro lado, pode-se observar, através das Figuras 3.1, 3.23, 3.40 e 3.57, que a distância entre duas estações oceanográficas, na zona da Convergência Subtropical pode variar em média de 30 km a 60 km, que é aproximadamente cerca de quatro a duas vezes maior que o comprimento dos lados da área de amostragem utilizada com dados do satélite SMS-2, considerando 110 km. Por exemplo, o valor estimado para a amostra no campo da Frente Oceânica Subtropical no mês de outubro ($0,22 \times 10^{-1} \text{ }^\circ\text{C/km}$) é de, aproximadamente, quatro vezes menor que o gradiente médio calculado com dados oceanográficos, isto é, $0,90 \times 10^{-1} \text{ }^\circ\text{C/km}$. Neste caso, pode-se observar (Figura 3.1) que a distância média entre duas estações oceanográficas é de aproximadamente 40 km, cerca de três vezes menor que 110 km.

À medida que a distância entre as duas estações oceanográficas aumenta, mantendo o mesmo intervalo de temperatura observado entre duas estações oceanográficas próximas, o valor do gradiente de temperatura pode ser equivalente àquele observado com os dados de satélite. Neste sentido, pode-se verificar que em fevereiro o valor do gradiente de temperatura estimado com os dados do satélite SMS-2 ($0,23 \times 10^{-1} \text{ }^\circ\text{C/km}$) é aproximadamente duas vezes menor que aquele observado com as informações oceanográficas ($0,50 \times 10^{-1} \text{ }^\circ\text{C/km}$). Neste caso, pode-se observar (Figura 3.23) que a distância média entre duas estações oceanográficas é de aproximadamente 55 km, duas vezes maior que 110 km.

O tamanho da área original de amostragem (121 "pixels") utilizada para estimar o valor do gradiente termal da superfície do mar com dados do satélite SMS-2, foi assim considerada para se ter uma maior estabilidade entre os dados, do ponto de vista estatístico, considerando-se que neste trabalho não houve a disponibilidade de informações do canal visível. Entretanto, em uma área menor, pode-se ter con

dições em que o intervalo de temperatura na zona do gradiente da frente oceânica seja intrinsecamente similar àquele observado em uma área maior e, conseqüentemente, o valor do gradiente termal pode ser maior. Deve-se relembrar também que os valores do gradiente termal, obtidos através dos dados desse satélite, são estimados, no caso, considerando uma aproximação linear da frente oceânica, no espaço bidimensional, o que faz com que eles sejam relativamente pequenos.

4.4 - VARIAÇÕES SAZONAIS DA FRENTE OCEÂNICA SUBTROPICAL OBTIDA COM DA DOS DO SATÉLITE SMS-2

No estudo das variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical com dados do satélite SMS-2, a Frente média Subtropical, que é basicamente a frente média da temperatura da superfície do mar, representa a média das posições médias desta frente em base de tempo mensal. O termo Frente média Subtropical será substituído pelo termo Frente no decorrer da análise de suas variações sazonais. Como mencionado na metodologia, a posição média da Frente Oceânica Subtropical, em base de tempo mensal, foi delineada considerando-se a fronteira da temperatura da superfície do mar associada com a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas. Esta posição foi baseada na observação das características das distribuições estatísticas das áreas de amostragem coletadas na região de interesse, nos resultados da classificação temática, dos processos de realce e de filtragem digital das imagens, obtidos através do Sistema IMAGE-100. Uma aproximação da velocidade média de migração da Frente Oceânica Subtropical foi estimada, considerando-se o seu deslocamento na direção longitudinal (norte/sul - sul/norte) e zonal (leste/oeste - oeste/leste). A seguir são feitos breves comentários quanto ao comportamento mensal da posição média desta frente, em cada estação do ano.

As posições médias da Frente Oceânica Subtropical nos meses de verão de 1980 (janeiro, fevereiro e março) estão representadas na Figura 4.28. Pode-se observar através desta figura que sua fronteira oeste tem seu máximo avanço em direção à costa em março ($054^{\circ}40'$ oes

te), próximo de 40° sul, e o seu mínimo em janeiro (054° oeste). No caso, o deslocamento é de aproximadamente 75 km. Em janeiro o extremo norte desta frente é observado aproximadamente até $36^{\circ}30'$ sul. Neste mês, sua fronteira oeste e leste apresentam 650 km e 620 km de comprimento, respectivamente. A zona de transição entre estas fronteiras, na latitude de 40° sul, apresenta aproximadamente 470 km de extensão. Em março, devido à cobertura de nuvens pode-se observar somente 450 km de comprimento de sua fronteira oeste, localizada entre $37^{\circ}30'$ sul e 41° sul.

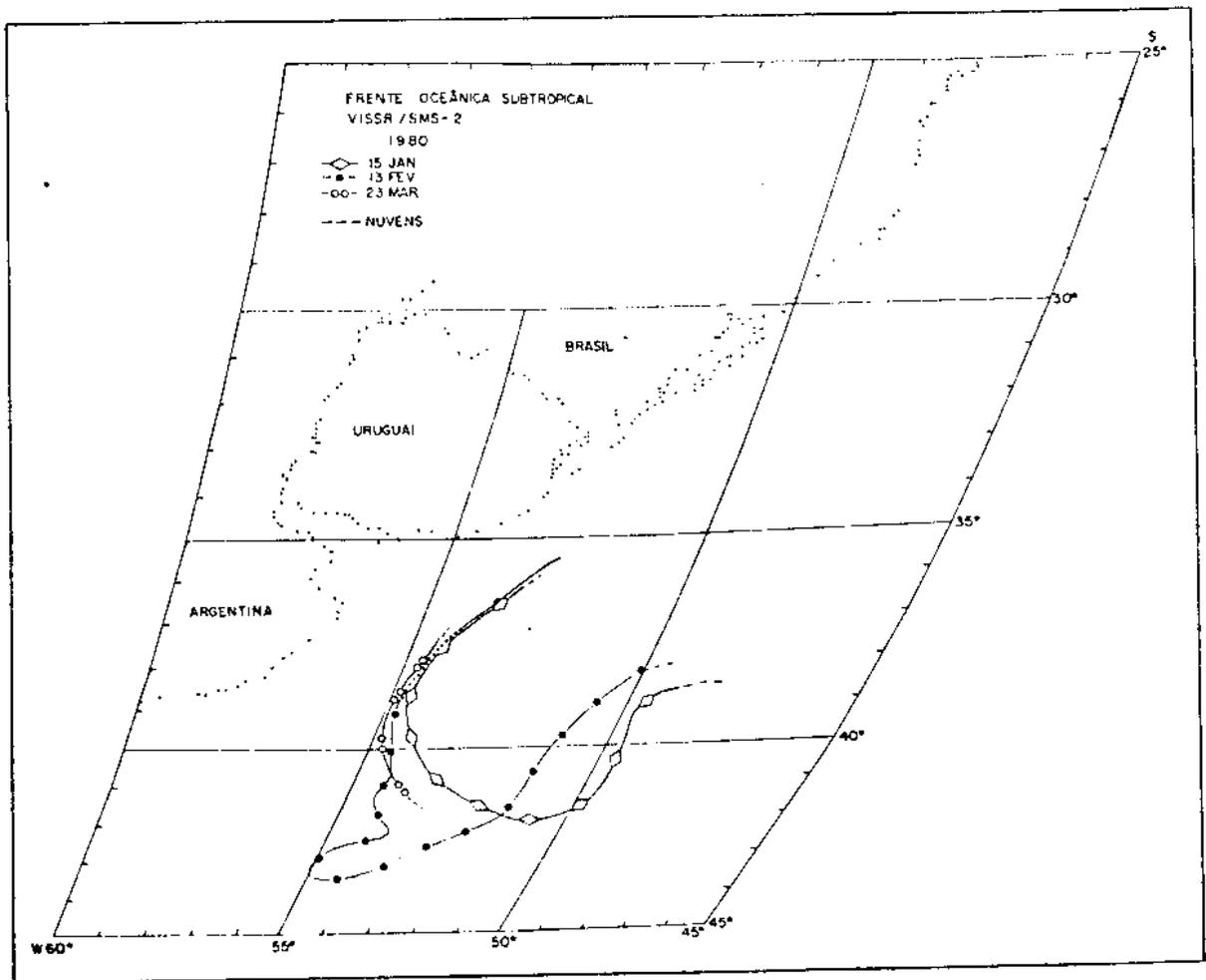


Fig. 4.28 - Posições médias da Frente Oceânica Subtropical - Verão/1980.

- A linha pontilhada indica que não se observou gradiente de temperatura entre 37° sul e 39° sul, em fevereiro.

Em fevereiro, as áreas de amostragem coletadas na região oceânica entre 37°sul e 39°sul, através do Sistema IMAGE-100, apresentaram um comportamento estatístico unimodal, o que indicou uma região relativamente isoterma. Desta forma, neste intervalo de latitude a ocorrência da frente termal não foi observada; na Figura 4.28, este trecho está indicado pela linha pontilhada. Entre 35°sul e 37°sul, a ocorrência desta frente foi verificada como indicado na Figura 4.28. Entretanto, nesta região a frente termal foi formada devido à maior contribuição das águas costeiras e das águas da Corrente do Brasil, com possível influência das águas transportadas pelo ramo costeiro da Corrente das Malvinas (Figura 4.2). Próximo a 39°sul, e abaixo desta latitude, a Frente Oceânica Subtropical entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas foi melhor definida, observando-se maior variação de temperatura. A configuração termal, no caso, foi semelhante à observada na distribuição horizontal de temperatura na superfície, entre 34°sul e 40°sul, nas condições de verão de 1981 (Figura 3.24).

Desta forma, pela observação das características das distribuições estatísticas de áreas de amostragens coletadas na região da Convergência Subtropical isenta de cobertura de nuvens, pôde-se de certa forma verificar com melhor exatidão zonas onde ocorreu ou não a presença de frentes termais. No caso, este procedimento auxiliou também a melhor identificar estas zonas, principalmente em regiões onde a estrutura termal foi pouco definida pela simples utilização de programas de realce e de filtragem digital, no tratamento automático da imagem.

O ponto mais austral da fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical, em fevereiro, é observado na Figura 4.28 entre 43°sul e 44°sul. Entre 39°sul e 44°sul, esta fronteira apresenta um comprimento de 600 km e a fronteira leste é observada em 1050 km de comprimento. No período de janeiro a fevereiro, na região entre 40°sul e 45°sul, a velocidade média na direção longitudinal (norte/sul) ao deslocamento desta frente foi estimada em torno de 5,7 cm/s.

O conjunto das posições médias da Frente Oceânica Subtropical referentes à estação do outono de 1980 (abril, maio e junho), representadas na Figura 4.29, indica que a máxima oscilação zonal de sua fronteira oeste ocorre próximo a 40° sul. Em abril, a posição desta frente nesta latitude é observada próxima de 055° oeste e em maio, próxima de $053^{\circ}30'$ oeste estando separadas de aproximadamente 165 km. Entre 38° sul e 41° sul, o deslocamento médio da Frente Oceânica Subtropical na direção zonal no período de maio a junho é relativamente pequeno, em torno de 30 km. Na região entre 40° sul e 45° sul, as posições médias de sua fronteira oeste, em abril e maio, próximo a 42° sul localizam-se em 054° oeste, distando 110 km de sua posição em junho (055° sul).

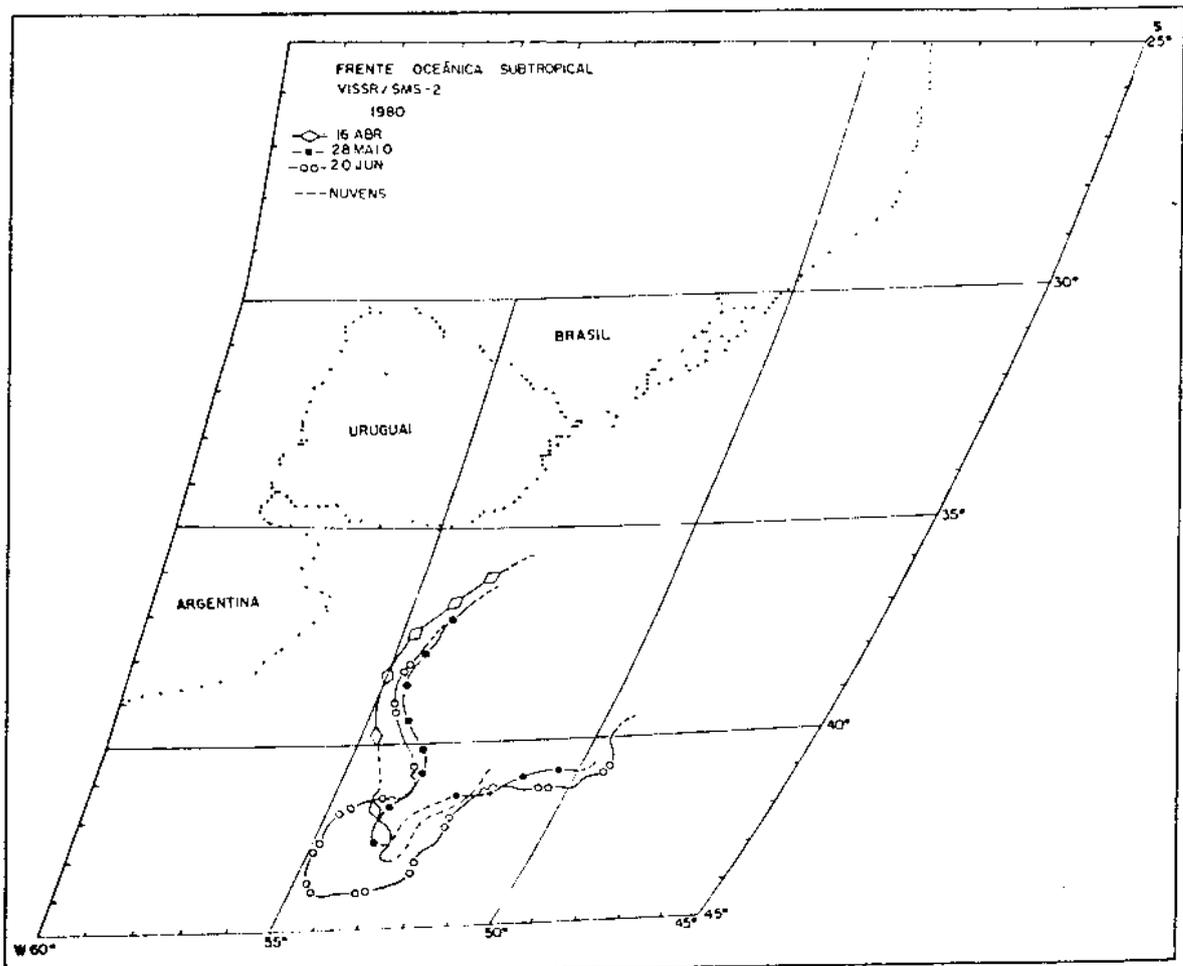


Fig. 4.29 - Posições médias da Frente Oceânica Subtropical - Outono/1980.

Devido à cobertura de nuvens, o ponto norte da fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical é observado na Figura 4.29 somente até 36° sul em abril, 37° sul em maio e 38° sul em junho. De abril a junho o seu ponto sul desloca-se longitudinalmente em 110 km, permanecendo em 43° sul em abril e maio e atingindo 44° sul em junho. Esta fronteira é observada na direção meridional ao seu deslocamento em 935 km em abril, 945 em maio e 750 km em junho. Neste último mês, mesmo com cobertura de nuvens observada através da imagem analisada, sua fronteira leste é melhor definida em relação aos meses de abril e maio, estendendo-se por 550 km. Ainda em junho a zona de transição entre as fronteiras oeste e leste da Frente Oceânica Subtropical, na latitude de 44° sul, é de aproximadamente 290 km.

No período de abril a maio, entre 36° sul e 40° sul a velocidade média de migração da Frente Oceânica Subtropical na direção zonal (oeste/leste) ao seu deslocamento é similar à sua velocidade estimada entre 40° sul e 42° sul, ou seja 2,3 cm/s. Entre 38° sul e 40° sul, no período de maio a junho, a velocidade média na direção leste/oeste é relativamente menor, da ordem de 1,5 cm/s, em comparação com a velocidade média estimada entre 40° sul e 42° sul que é em torno de 2,7 cm/s. Neste mesmo período, entre 42° sul e 44° sul, sua velocidade média na direção meridional ao seu deslocamento tende a ser maior, ou seja, 5,6 cm/s, sendo que a máxima velocidade é estimada em torno de 8,0 cm/s.

No inverno de 1980 (julho, agosto e setembro) as posições médias da Frente Oceânica Subtropical, esquematizadas na Figura 4.30, indicam um alinhamento bem definido de sua fronteira oeste que se mantém paralelo ao longo da costa, na região entre 30° sul e 39° sul. Esta configuração sugere um comportamento relativamente estável do sistema de correntes. Na região entre 30° sul e 35° sul, esta fronteira situa-se entre 049° oeste e $052^{\circ}30'$ oeste, e ao largo do estuário do Rio da Prata, na região entre 35° sul e 40° sul, localiza-se entre $052^{\circ}30'$ oeste e 054° oeste.

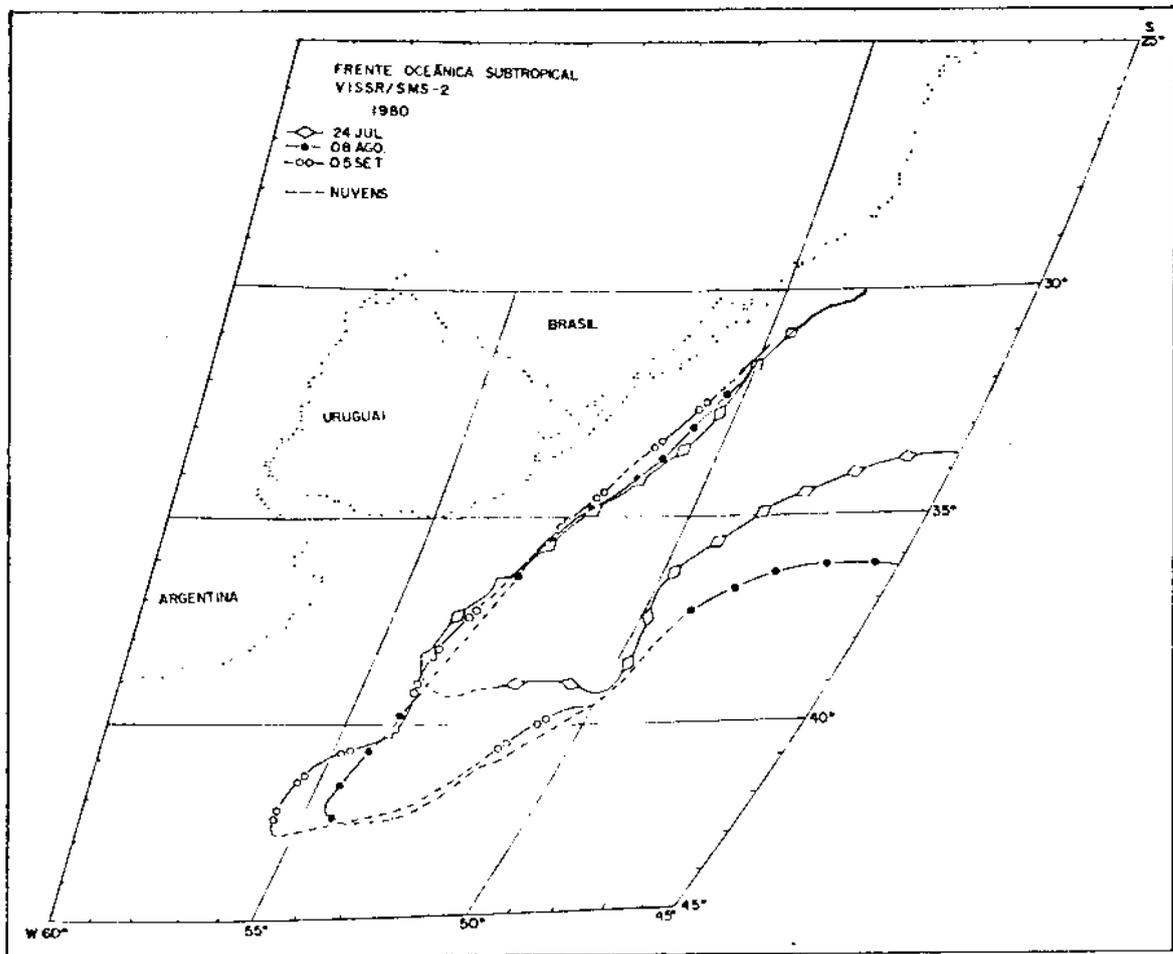


Fig. 4.30 - Posições médias da Frente Oceânica Subtropical - Inverno/1980.

O ponto mais setentrional da fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical é observado em julho, aproximadamente em 30° sul. Longitudinalmente esta fronteira estende-se em 1500 km de extensão, sendo que sua fronteira leste estende-se em 1600 km. Deve-se notar que em julho a zona de transição entre as fronteiras oeste e leste, em 39° sul, é aproximada devido à cobertura de nuvens na região abaixo desta latitude, como indicado na Figura 4.30 pelas linhas tracejadas. Em agosto e setembro a fronteira oeste desta frente é observada na região entre 32° sul e 43° sul e entre $31^{\circ}30'$ sul e 43° sul, respectivamente. No extremo sul (43° sul), a posição média desta fronteira encontra-se próxima a $054^{\circ}30'$ oeste em agosto e próxima a $55^{\circ}30'$ oeste em setembro, observando-se, portanto, um deslocamento de 110 km.

Na região entre 30°sul e 35°sul , no período de julho a agosto a fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical desloca-se na direção zonal (leste/oeste) numa velocidade média de aproximadamente $0,60\text{ cm/s}$. Nesta mesma região, no período de agosto a setembro, sua velocidade média na mesma direção é de $1,0\text{ cm/s}$. Ainda, no período de agosto a setembro, abaixo de 40°sul , onde os deslocamentos na direção zonal (leste/oeste) entre suas posições médias são maiores, a velocidade média é estimada em torno de $2,0\text{ cm/s}$.

Ao contrário do que se observou no inverno de 1980, na primavera de 1980 (outubro, novembro e dezembro) nota-se, pela Figura 4.31, uma maior oscilação da fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical. Através desta figura observa-se que esta fronteira encontra-se em 38°sul mais próxima da costa em outubro e novembro (054°oeste), e mais distante dela em dezembro (053°oeste). Seu ponto norte nesta estação é observado próximo a $34^{\circ}30'\text{sul}$ e 052°oeste em outubro e o extremo sul, próximo de 43°sul e 54°oeste em novembro. Esta fronteira é observada numa extensão longitudinal de aproximadamente 820 km em outubro, 780 km em novembro e 740 km em dezembro. Por outro lado sua fronteira leste é melhor definida em outubro e dezembro com 940 km e 600 km de extensão, respectivamente.

De novembro a dezembro, na região entre 37°sul e 40°sul , a velocidade média de migração na direção zonal (oeste/leste) ao deslocamento da Frente Oceânica Subtropical é de aproximadamente $3,2\text{ cm/s}$. Neste mesmo período entre 40°sul e 45°sul , sua velocidade média na direção longitudinal (sul/norte) é estimada em $10,0\text{ cm/s}$, portanto, relativamente maior que sua velocidade média na direção zonal verificada entre 37°sul e 40°sul .

O conjunto das posições médias da Frente Oceânica Subtropical no verão de 1981, mostrado na Figura 4.32, indica que ocorre uma maior oscilação no deslocamento zonal de sua fronteira oeste abaixo de 37°sul . Em 38°sul a posição média desta fronteira desloca-se de $054^{\circ}10'\text{oeste}$ em janeiro para $053^{\circ}30'\text{oeste}$ em fevereiro; em 40°sul oscila de

054°30' oeste em janeiro para 053°30' em fevereiro. Nota-se portanto, neste período, um deslocamento de aproximadamente 185 km em 38°sul e de 110 km em 40°sul. O máximo deslocamento observado em 38°sul decorre da maior influência da Corrente das Malvinas nesta latitude em fevereiro, comparada com a sua influência nos meses de janeiro e março (Figuras 4.13 a 4.15).

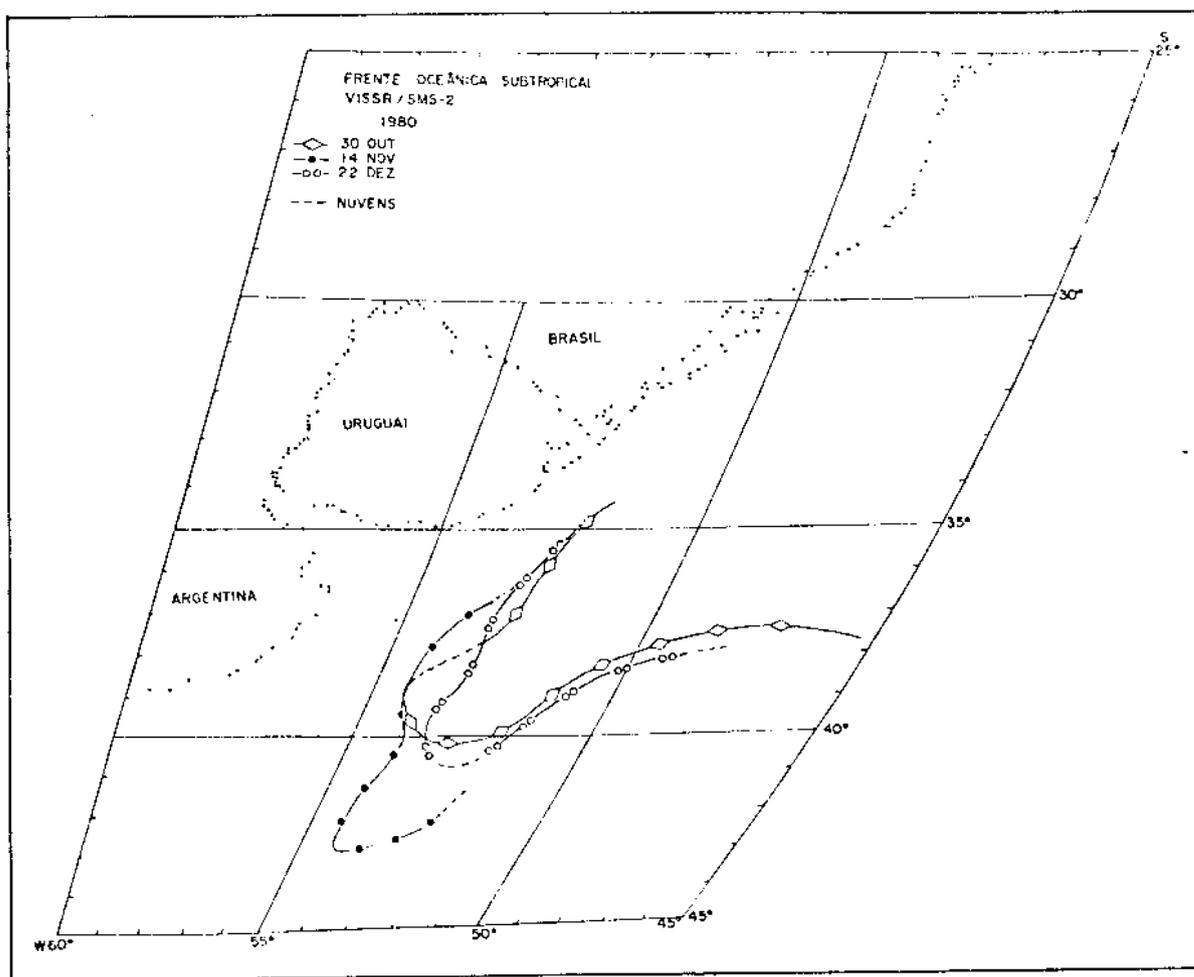


Fig. 4.31 - Posições média da Frente Oceânica Subtropical - Primavera/1980.

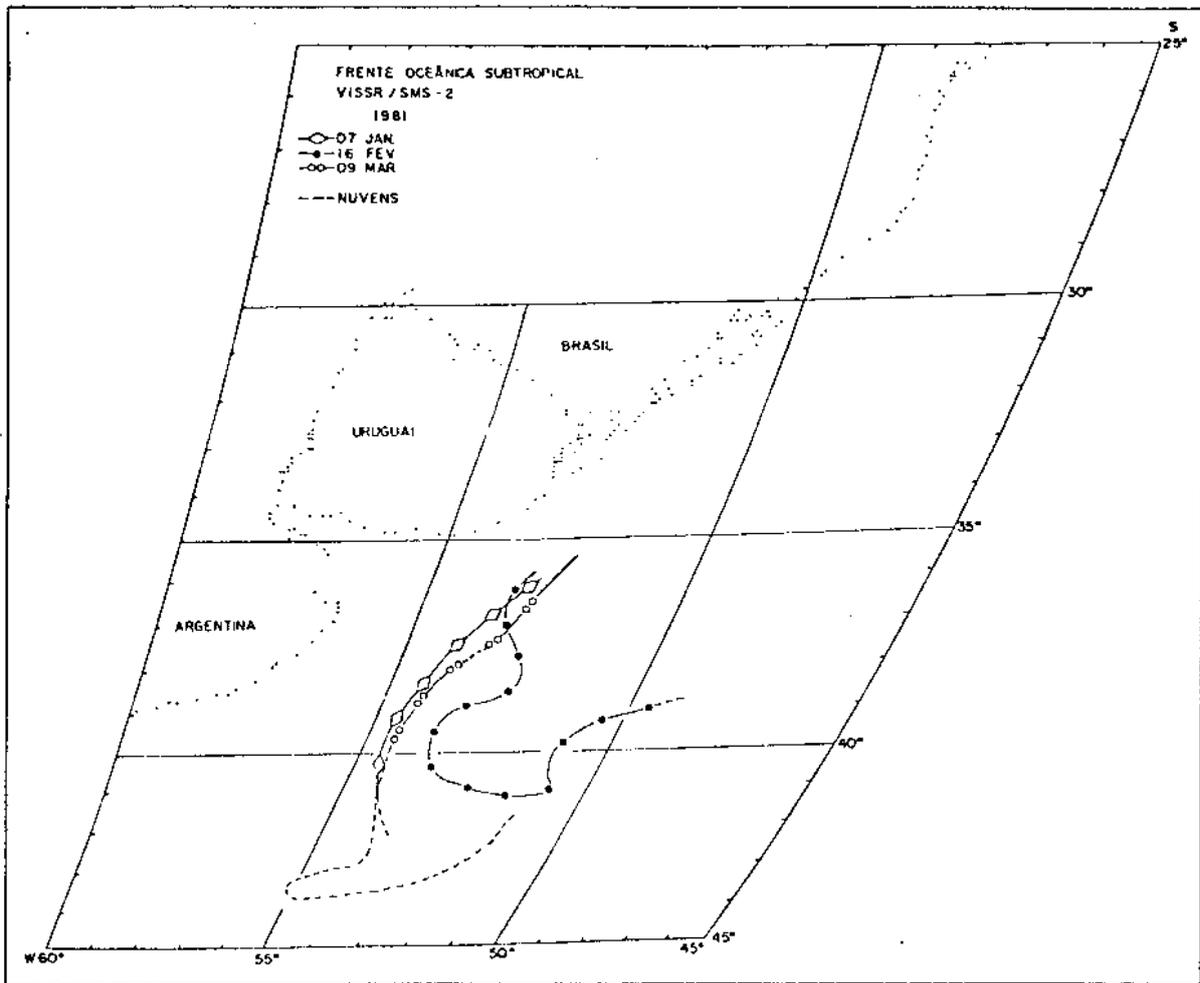


Fig. 4.32 - Posições médias da Frente Oceânica Subtropical - Verão/1981.

No período de janeiro a fevereiro, a velocidade na direção zonal (oeste/leste) ao deslocamento da Frente Oceânica Subtropical é de 10,0 cm/s em 38°sul e de 4,0 cm/s em 40°sul. Entre 35°sul e 40°sul a sua velocidade média na mesma direção é estimada em aproximadamente 6,0 cm/s.

As fronteiras oeste e leste da Frente Oceânica Subtropical em fevereiro são observadas longitudinalmente em 675 km e 370 km de extensão, respectivamente (Figura 4.32). Essas fronteiras estão separadas aproximadamente 350 km em 41°sul. Em janeiro e março nota-se somente sua fronteira oeste em aproximadamente 830 km e 1300 km de extensão na direção meridional, respectivamente. Em março a posição desta fren

te, abaixo de 40° sul, é aproximada até 43° sul devido à cobertura de nuvens, como indicado pelas linhas tracejadas na Figura 4.32. Seu extremo norte em janeiro e fevereiro é observado próximo a 36° sul, sendo que em março seu extremo norte encontra-se entre 35° sul e 36° sul.

Através da análise das posições médias da Frente Oceânica Subtropical realizada em cada estação do ano, notou-se que sua configuração delineada a partir da estrutura termal, fornecida pelos dados do satélite SMS-2, apresentou forma de cunha, oscilando entre 050° oeste e 055° oeste. Devido à maior área oceânica mapeada por este satélite, observou-se para alguns meses estudados a fronteira leste desta frente. Normalmente a dificuldade encontrada em delinear sua posição a leste da Corrente do Brasil é que, as variações termais nessa região não são tão acentuadas como ocorre a oeste desta corrente. Além disso, a presença de nuvens muitas vezes constantes nessa região limitou também uma melhor observação dessa fronteira.

Como indicado anteriormente, na análise das variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical, ou seja, da Frente média Subtropical, este último termo será substituído por Frente; primeiro, por conveniência e segundo, para ressaltar que, no caso, sua localização no trimestre não foi baseada em uma ou duas posições, mas na média trimestral de suas posições mensais.

Considerando as variações sazonais da Frente média Subtropical, mostrada na Figura 4.33, observa-se que através das imagens disponíveis no período estudado foi possível verificar, na região entre 30° sul e 35° sul, somente a ocorrência de sua fronteira oeste no inverno e na primavera. No inverno esta fronteira situou-se em média a 130 km da costa e na primavera, onde o seu extremo norte foi observado a $34^{\circ}30'$ sul e 052° oeste, em outubro (Figura 4.31), este extremo distou 150 km da costa.

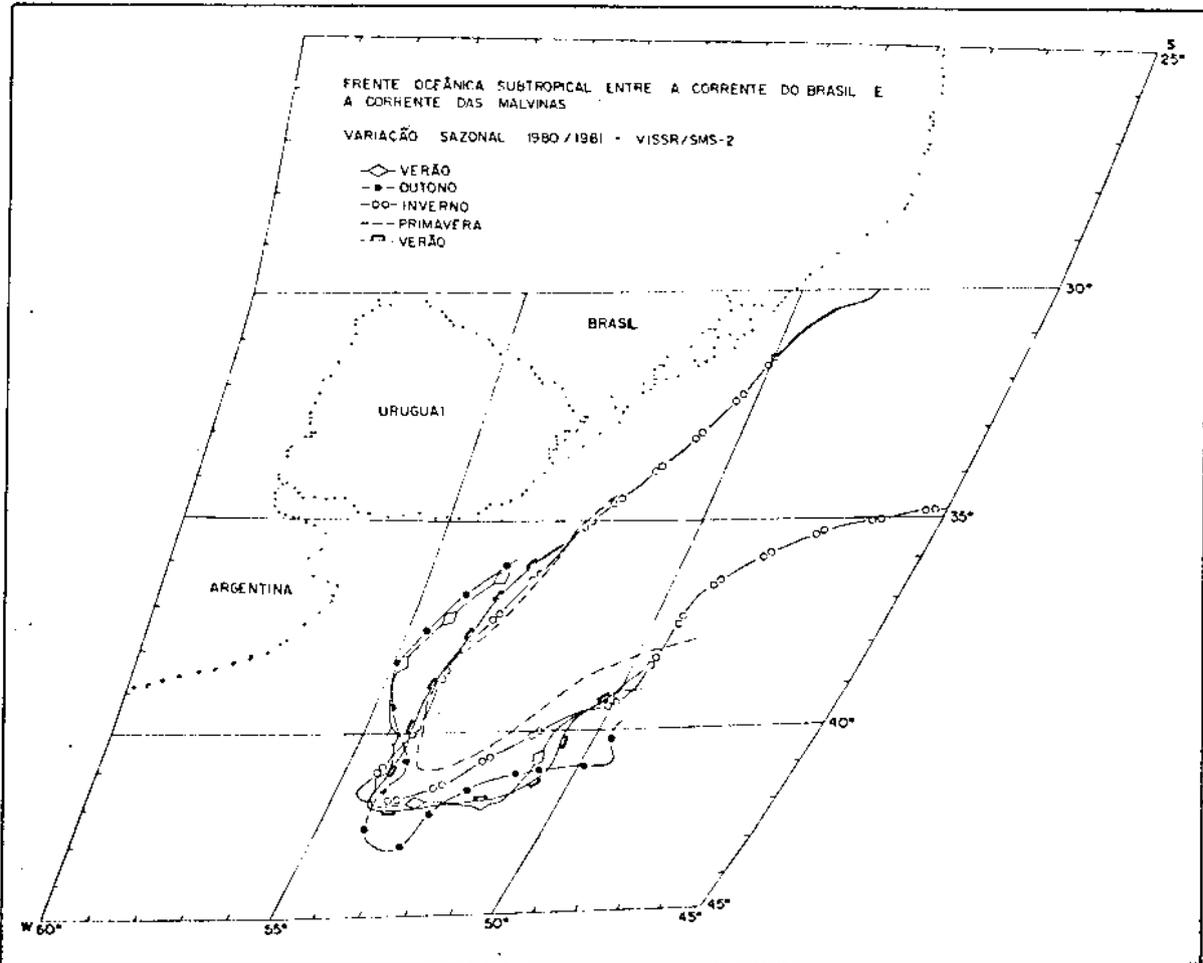


Fig. 4.33 - Variações sazonais da Frente média Subtropical no período de 1980 a 1981.

O extremo norte da Frente foi observado no inverno, próximo a 30° sul, especificamente em julho (Figura 4.30). No verão de 1980 devido à descontinuidade da frente termal verificada no mês de fevereiro, considerou-se no caso o seu extremo norte durante o trimestre, aproximadamente, em $36^{\circ}30'$ sul, equivalente ao observado em janeiro (Figura 4.28). Por outro lado, no verão de 1981 ela atingiu aproximadamente $35^{\circ}30'$ sul, em março. Considerando a cobertura de nuvens principalmente nas imagens disponíveis para o estudo de sua localização no outono (Figura 4.29), o ponto norte de sua fronteira oeste foi observado aproximadamente em 36° sul, referente a abril.

Através da Figura 4.33 verifica-se também que, em relação à fronteira oeste da Frente, as oscilações intensificam-se abaixo de 36° sul, ou seja, na região ao largo do estuário do Rio da Prata. Nesta região, esta fronteira é observada mais próxima da costa no outono e verão, deslocando-se entre 055° e 054° oeste, sendo que na primavera e no inverno ela é observada mais afastada da costa, situando-se entre 053° e 054° oeste. No outono, a posição da fronteira oeste da Frente situa-se em média 100 km a oeste de sua posição na primavera. Neste intervalo de tempo, ou seja seis meses, a sua velocidade média na direção zonal (oeste/leste) é de aproximadamente 0,7 cm/s.

No verão de 1980 e no verão de 1981, a posição média da fronteira oeste da Frente localiza-se a oeste de sua posição no inverno. A posição desta fronteira, no verão de 1980, praticamente coincide com a sua posição no outono, distando em média 85 km de sua posição no inverno. Neste período a Frente desloca-se zonalmente (oeste/leste) numa velocidade média de 0,5 cm/s. Por outro lado, a localização de sua fronteira oeste no verão de 1981 e no inverno de 1980 praticamente coincidem, estando separadas em média 17 km.

Entre 40° sul e 45° sul, ou seja na região sul da Convergência Subtropical, os dados indicam que ocorre uma mudança na localização de sua fronteira oeste. No outono esta fronteira localiza-se, em média, a 60 e 30 km a leste de sua posição no inverno e verão, respectivamente. Ainda no outono, a posição desta fronteira encontra-se próxima à sua posição na primavera, com um deslocamento médio na direção zonal de 18 km. Neste período, a velocidade média na direção zonal ao deslocamento da Frente é relativamente pequena, aproximadamente 0,2 cm/s. A posição média de sua fronteira oeste, no inverno, situa-se mais próxima da costa, estando 37 km a oeste de sua posição no verão. No extremo sul esta frente, no inverno, localiza-se em 42° sul e $054^{\circ}30'$ oeste, estando a 430 km da costa.

Com base na Figura 4.33, a fronteira oeste da Frente atinge seu máximo comprimento no inverno, com 1900 km de extensão, enquan

to no verão sua extensão é de aproximadamente 1000 km. No outono e na primavera ela é observada longitudinalmente em aproximadamente 900 km e 860 km, respectivamente.

No período entre o outono e a primavera, o limite médio sul, onde o sistema da Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas de riva para leste, encontra-se próximo a 43° sul no outono, deslocando para o norte na primavera e situando em média próximo a 41° sul. O deslocamento médio na direção longitudinal (sul/norte) neste período é de aproximadamente 230 km, correspondendo a uma velocidade média nesta direção de aproximadamente 1,5 cm/s. Desta forma, pode-se observar que ocorre também uma oscilação na direção meridional da posição média da Frente no período entre o outono e a primavera, mas com maior intensidade em relação à sua oscilação na direção zonal, observada na região entre 35° sul e 45° sul.

Um aspecto a considerar é que nos meses de verão, a influência da Corrente do Brasil em direção às altas latitudes é maior e, por outro lado, nos meses de inverno a influência da Corrente das Malvinas em direção às baixas latitudes é maior. Provavelmente, o efeito da influência destas correntes na zona da Convergência Subtropical seja observada nas estações seguintes, ou seja, no outono e primavera. Entretanto, a utilização de uma maior quantidade de informações poderá auxiliar, no sentido de se obterem informações mais exatas.

Em 40° sul, a zona de transição entre as posições médias das fronteiras oeste e leste da Frente apresenta uma extensão de aproximadamente 545 km no outono, 310 km no inverno, 215 km na primavera, 430 km e 450 km no verão de 1980 e verão de 1981, respectivamente. Pode-se observar que a extensão média da zona de transição no outono e no verão foi relativamente maior em relação à sua extensão na primavera e no inverno, o que pode indicar uma maior influência da Corrente do Brasil nesta região no outono e verão.

Considerando o comportamento da Frente em uma mesma estação em anos diferentes, no caso verão de 1980 e verão de 1981, verifica-se através da Figura 4.33 que pode ocorrer uma maior ou menor oscilação zonal no posicionamento de sua fronteira oeste. Neste sentido, entre 35° sul e 40° sul, o deslocamento médio observado é de 75 km entre suas posições médias no verão de 1980 e no verão de 1981, sendo que em 38° sul, o deslocamento é maior, em torno de 110 km. Abaixo de 40° sul praticamente não se observa deslocamentos, e o comportamento de sua fronteira oeste é relativamente similar em ambas as estações.

Utilizando-se ainda as informações da Figura 4.33, pode-se verificar que a fronteira leste da Frente é caracterizada por um comportamento não tão bem definido como sua fronteira oeste. As informações indicam que sua fronteira leste ao longo de 050° oeste oscila com maior variação entre o outono e a primavera. Ao longo deste meridiano esta fronteira situa-se em média em 38° sul na primavera e em 41° sul no outono, observando-se, portanto, um deslocamento de 330 km. Por outro lado, no inverno e no verão esta fronteira localiza-se em 39° sul. A extensão longitudinal desta fronteira é observada em 740 km no outono, 1450 km no inverno, 800 km na primavera e 1000 km no verão de 1980 e 1981. Deve-se salientar que os limites e as localizações desta fronteira são indicados apenas como referência, sendo necessário em estudos futuros, um maior número de observações nesta região, com a finalidade de obter melhores informações.

Resumindo, no período de janeiro a dezembro de 1980, observou-se que na região entre 35° sul e 40° sul ocorreu uma maior variação sazonal da posição média da fronteira oeste da Frente, entre as estações opostas de inverno/verão e primavera/outono. As variações sazonais observadas neste período entre as estações próximas do outono/verão e primavera/inverno não foram tão acentuadas. Nesta região, pôde-se verificar que neste período ocorreu uma maior oscilação na direção zonal ao seu deslocamento a cada seis meses. Em relação ao período de abril de 1980 a março de 1981, as variações sazonais da Frente, na região entre 35° sul e 40° sul, foram mais proeminentes entre as estações

do outono e da primavera, sendo que entre as estações do inverno e ve
rão observou-se pouca variação na direção zonal.

No período de 1980 a 1981, na região entre 40° sul e 45° sul, embora ocorressem variações das posições médias da Frente, na direção zonal, estas foram menos intensas que aquelas observadas na di
reção longitudinal ao seu deslocamento. Neste caso, as oscilações fo
ram também mais proeminentes entre o outono e a primavera, ou seja, no período de seis meses.

Desta forma, as informações das imagens obtidas na faixa do infravermelho termal, através do satélite SMS-2, indicaram que os mo
vimentos da Frente Oceânica Subtropical em função do tempo tendem a ser dominados pelas suas flutuações meridionais em relação aos seus deslo
camentos, na direção zonal.

CAPÍTULO 5

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS OCEANOGRÁFICOS E DE SATÉLITE

5.1 - ANÁLISE DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR, OBTIDA COM DADOS OCEANOGRÁFICOS E DE SATÉLITE (GOSSTCOMP - VISSR/SMS-2)

A análise que se segue mostra a utilização de alguns produtos obtidos pelo Projeto GOSSTCOMP em comparação com dados oceanográficos e dados obtidos pelo sistema sensor VISSR/SMS-2. As informações de temperatura da superfície do mar obtidas pelo sistema sensor VISSR são utilizadas também em comparação com dados oceanográficos.

O primeiro conjunto de dados de temperatura da superfície do mar utilizado nesta análise refere-se aos dados obtidos pela Comissão Oceanográfica CONVERSUT-II e os fornecidos pelo Projeto GOSSTCOMP. Neste caso, os dados de temperatura obtidos através deste projeto são fornecidos em intervalos geográficos a cada $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ de latitude sul e longitude oeste, como pode-se verificar na Figura 5.1. Estes dados estão compreendidos numa área entre 15° sul e 30° sul e 034° oeste e 049° oeste. Entretanto, nesta análise foram utilizados somente os dados entre 29° sul e 30° sul e 047° oeste e 049° oeste.

Devido ao pequeno número de dados oceanográficos, ou seja, dados obtidos a nível de superfície (T_{sf}) disponíveis na mesma escala de tempo dos dados obtidos através da carta GOSSTCOMP, foram utilizados também, dados oceanográficos com intervalo de um (1) dia antes e um (1) dia após os da GOSSTCOMP. Os dados de temperatura nessa carta foram selecionados o mais próximo possível dos dados oceanográficos disponíveis. Nestas condições, foram obtidos sete pares de valores de temperatura da superfície do mar, de ambas as fontes. A Tabela 5.1 fornece a localização de cada ponto, dia, mês, ano, hora e tipo de dados.

TABELA 5.1

TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR - T_{sf} (CONVERSUT-II) x T_{CN} (GOSSTCOMP),
NO PERÍODO DE 19 A 21 DE JUNHO DE 1978

| LOCALIZAÇÃO | | JUNHO 1978 | | $T_{sf}(^{\circ}C)$ | $T_{CN}(^{\circ}C)$ | $\Delta T(^{\circ}C) = T_{sf} - T_{CN}$ |
|---------------------|----------------------|------------|--------|---------------------|---------------------|---|
| $^{\circ}$ SUL | $^{\circ}$ OESTE | DIA (●) | HORA | | | |
| 29 ^o 47' | 049 ^o 05' | 19 | 14:48' | (o) 16,4 | 18,4 | -2,0 |
| 29 ^o 34' | 049 ^o 23' | 19 | 19:36' | (o) 17,5 | 18,4 | -0,9 |
| 29 ^o 24' | 049 ^o 39' | 20 | 05:30' | (.) 17,7 | 18,4 | -0,7 |
| 28 ^o 57' | 049 ^o 19' | 20 | 11:18' | (.) 18,3 | 18,4 | -0,1 |
| 29 ^o 09' | 048 ^o 03' | 20 | 16:00' | (.) 18,1 | 20,0 | -1,9 |
| 29 ^o 59' | 047 ^o 49' | 21 | 09:24' | (*) 21,1 | 20,1 | 1,0 |
| 30 ^o 20' | 047 ^o 17' | 21 | 15:00' | (*) 21,2 | 20,1 | 1,1 |

Tipos de dados:

- (o) dados oceanográficos usados com intervalo de um (1) dia antes dos dados fornecidos pelo Projeto GOSSTCOMP;
- (.) mesma escala de tempo dos dados;
- (*) dados oceanográficos usados com intervalo de um (1) dia após os dados fornecidos pelo Projeto GOSSTCOMP;
- (●) hora em que foram tomadas as medidas oceanográficas.

A vantagem da utilização de informações oceanográficas com intervalo de um (1) dia em relação aos dados GOSSTCOMP é que se pode obter um maior número de dados para efetuar as correlações entre estes. Considera-se também que a composição de dados em escala de tempo

diferente é baseada, naturalmente, na suposição de que a temperatura da superfície do mar sobre a área selecionada não se altera significativamente durante o período em consideração.

Relacionando os valores de temperatura obtidos a nível de superfície - T_{sf} (CONVERSUT-II) com os respectivos valores de temperatura equivalente de Corpo Negro - T_{CN} (GOSSTCOMP), obteve-se a reta de regressão:

$$T_{tm} = 1,64 T_{CN} - 12,65 . \quad (5.1)$$

Utilizando os dados da Tabela 5.1, esta relação é representada na Figura 5.2.

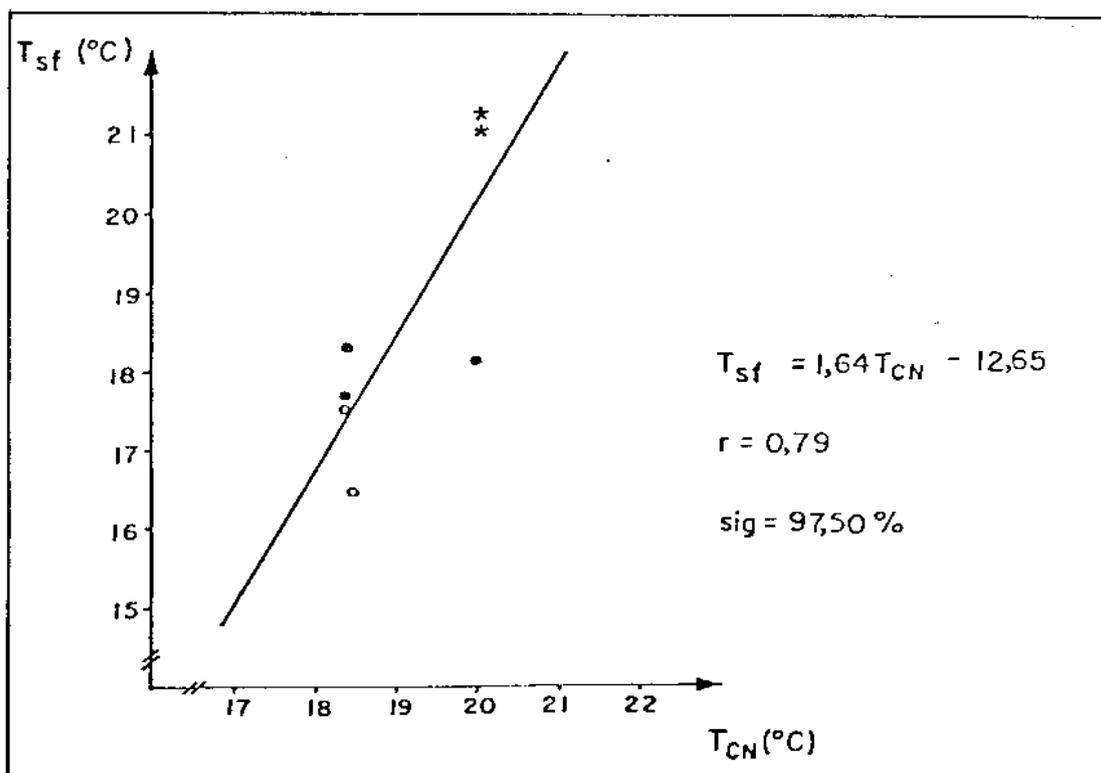


Fig. 5.2 - Relação entre a temperatura da superfície do mar - T_{sf} (CONVERSUT-II) e T_{CN} (GOSSTCOMP), no período de 19 a 21 de junho de 1978.

O coeficiente de correlação correspondente a esta relação é igual a 0,79, significativa ao nível de 97,50%. A medida de exatidão entre os dados, em termos de erro quadrático médio é em torno de $\pm 1,3^{\circ}\text{C}$. No conjunto de dados, verifica-se que os dados oceanográficos apresentam uma temperatura média e desvio padrão de $18,6^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$, e os dados GOSSTCOMP apresentam uma temperatura média e um desvio padrão de $19,1^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$.

Em princípio pode-se dizer que as diferenças entre as medidas de temperatura observadas por métodos oceanográficos convencionais e as de temperatura derivadas por satélite não são necessariamente devidas aos erros em uma ou ambas fontes de dados. Isto deve-se ao fato de que a radiação infravermelha na região do comprimento de onda entre 10 e 13 μm é simultaneamente emitida e refletida através do oceano. A emissão é proveniente da microcamada menor que 20 μm de espessura e, portanto, afetada por fluxo de calor sensível, fluxo de calor latente, e diversos processos de troca de radiação na interface ar/mar. Entretanto, a medida de temperatura da superfície do mar obtida por técnicas oceanográficas convencionais refere-se usualmente à temperatura de uma camada de água, compreendendo decímetros de profundidade (McAlister and McLeish, 1969; Smith et alii, 1980). Geralmente a temperatura irradiada é cerca de $-1,5^{\circ}\text{C}$ até $0,5^{\circ}\text{C}$, diferente da temperatura da água 10 cm abaixo da superfície (Hasse, 1963).

Embora os dados GOSSTCOMP sejam corrigidos quanto aos efeitos causados pela atenuação atmosférica (dióxido de carbono, vapor de água) e pela contaminação de nuvens, devem-se considerar os erros devido à variabilidade na correção atmosférica e a contaminação de nuvens devido à sub-resolução dos vários tipos de nuvens. Deve-se lembrar que as correções destes dados são baseadas em informações obtidas da unidade VTPR (Vertical Temperature Profile Radiometer), cuja resolução espacial é de 55 km no subponto.

Geralmente os dados GOSSTCOMP apresentam uma medida de exatidão de $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$, quando comparados com as observações de navio

(Dismachek et alii, 1980). Barnett et alii (1979) mostram erros, num intervalo entre $\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $\pm 4^{\circ}\text{C}$, na comparação destes dados com os de na vio. Normalmente a exatidão da temperatura da superfície do mar deriva da de satélite e é dependente da natureza dos sensores do satélite, téc nica de observações e procedimento de análise dos dados GOSSTCOMP, co mo também do tipo de verdade do mar utilizada para comparação.

O mesmo procedimento foi realizado para verificar o com portamento das diferenças entre a temperatura observada a nível de su perfície - T_{sf} e a indicada pelos dados GOSSTCOMP - T_{CN} , ou seja, $(\Delta T = T_{sf} - T_{CN})$ em função da temperatura T_{sf} . A relação encontrada é linear, definida pela equação:

$$\Delta T = 0,61 T_{sf} - 11,93. \quad (5.2)$$

Esta relação está representada na Figura 5.3. O coeficiente de correlação é igual a 0,90, significativo ao nível de 97,50%. A medida de esta bilidade entre os dados é em torno de $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$.

Dos sete valores de ΔT representados na Tabela 5.1, cin co são valores negativos e dois são positivos. Analisando a Figura 5.3, verifica-se que a medida que a temperatura a nível de superfície (T_{sf}) aumenta, o ΔT torna-se maior e positivo, o que indica que T_{sf} é maior que T_{CN} . Neste caso, como indicado anteriormente, pode haver a contami nação de vapor de água nos dados, devido à sub-resolução de nuvens. De ve-se considerar também que os dados GOSSTCOMP são derivados de 1024 me did as de temperatura com superposição parcial, em uma área de aproximadamente 100 km² ao redor do ponto central. Por outro lado, os dados oceanográficos representam uma única observação de temperatura.

A medida que a temperatura a nível de superfície (T_{sf}), diminui o ΔT torna-se negativo, o que indica que a temperatura GOSSTCOMP (T_{CN}) é maior que a temperatura em superfície. Este fato decorre possivelmente devido à utilização de dados oceanográficos com intervalo de um (1) dia em relação aos dados GOSSTCOMP. Neste período podem ocorrer

pequenas diferenças termais entre ar/mar e pequenas variações nas condições da atmosfera. Outro fator a considerar é que os dados analisados estão próximos à região costeira, suscetível às maiores variações locais. Nesta região e nas suas proximidades, pode-se observar através da distribuição horizontal de temperatura na superfície (Figura 3.41), no outono, a presença de um núcleo com temperatura mais fria em relação à sua vizinhança, e também uma frente de temperatura.

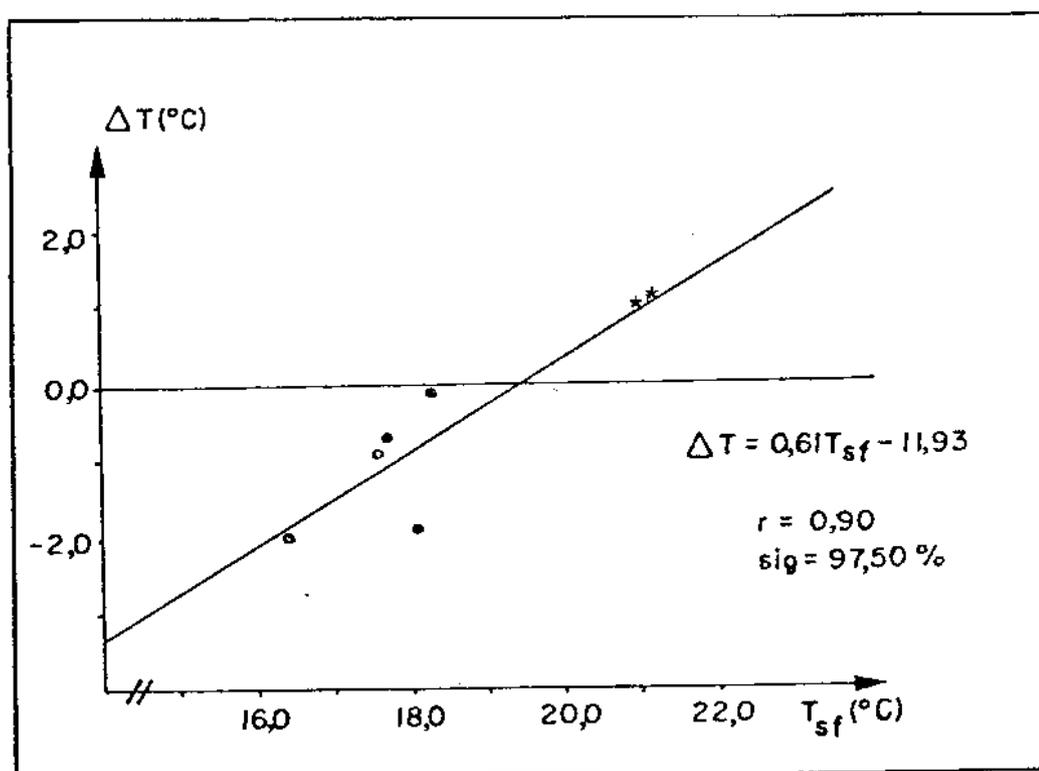


Fig. 5.3 - Relação entre $\Delta T = T_{sf}(\text{CONVERSUT-II}) - T_{CN}(\text{GOSSTCOMP})$ e $T_{sf}(\text{CONVERSUT-II})$, no período de 19 a 21 de junho de 1978.

Embora, as relações obtidas entre os dados apresentem uma boa correlação, é importante considerar as condições em que os dados foram comparados e também as condições da área em que estes foram obtidos.

Utilizando a Equação 5.1, pode-se inferir os valores de temperatura obtidos pela carta GOSSTCOMP (T_{CN}) e verificar os valores equivalentes aos obtidos a nível de superfície (T_{sf}). Desta forma os valores de temperatura (T_{CN}) entre $18,4^{\circ}\text{C}$ e $20,1^{\circ}\text{C}$, da Tabela 5.1, correspondem ao intervalo entre $17,5^{\circ}\text{C}$ e $20,3^{\circ}\text{C}$. Deve-se considerar também que as medidas apresentam uma incerteza de $\pm 1,3^{\circ}\text{C}$. Os valores de temperatura menores que 20°C identificam-se com as águas costeiras da região, onde foi feita a coleta dos dados. Os valores maiores que 20°C são característicos da massa de água Tropical transportada pela Corrente do Brasil, presente também na região analisada.

O segundo conjunto de dados utilizados na comparação da temperatura da superfície do mar refere-se aos dados obtidos pelo sistema sensor VISSR do satélite SMS-2 e pelo Projeto GOSSTCOMP. Os valores de temperatura equivalente de Corpo Negro (T_{CN}), provenientes do sistema sensor VISSR/SMS-2, foram obtidos da classificação temática da imagem de 30 de outubro de 1980 (Figura 4.10). O tipo de produto fornecido pelo Projeto GOSSTCOMP utilizado neste caso é em forma de carta de temperatura, com contornos de $1,0^{\circ}\text{C}$ (Figura 5.4). Estes dados representam a temperatura média semanal, referente ao período de 29 a 04 de outubro de 1980.

Utilizando as informações da classificação temática da imagem de 30 de outubro de 1980, foram selecionadas áreas relativamente isotermais entre 34°su e 40°su e 048°oe e 060°oe , envolvendo o núcleo da Corrente do Brasil e o da Corrente das Malvinas. Foram utilizados trinta valores de temperatura média da superfície do mar, de ambas as fontes de dados.

Entretanto, nesta comparação não foi possível estabelecer qualquer tipo de relação entre os dados, mas somente verificar que os dados obtidos pelo sensor VISSR/SMS-2, no caso, são em média $6,6^{\circ}\text{C}$ menores que os obtidos pela carta GOSSTCOMP, com desvio padrão de $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$.

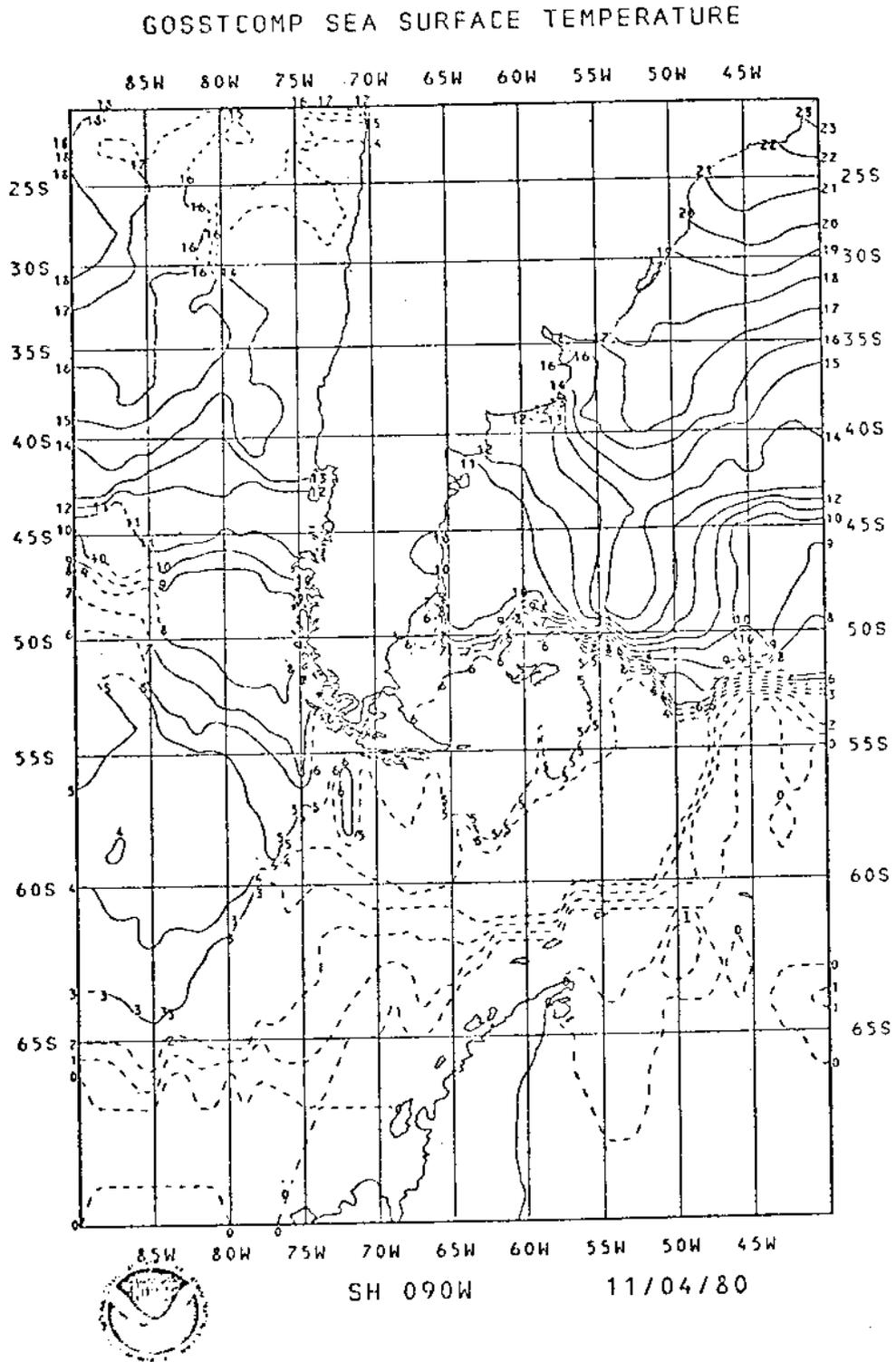


Fig. 5.4 - Carta GOSSTCOMP das temperaturas da superfície do mar, no período de 29 de outubro a 04 de novembro de 1980, fornecida pelo Projeto GOSSTCOMP da NOAA/NESS, dos Estados Unidos.

Pode-se sugerir as seguintes razões para os valores en
contrados:

- Primeiramente os dados provenientes do sistema sensor VISSR/SMS-2 correspondem a um único dia em relação aos dados médios obtidos semanalmente pela carta GOSSTCOMP.
- Os dados obtidos pelo sistema sensor VISSR/SMS-2 não apresentam correções dos efeitos causados pela atenuação atmosférica, en quanto os dados GOSSTCOMP incluem estas correções.
- Devido à quantidade de vapor de água na atmosfera, pode-se ter uma maior ou menor variabilidade nos dados. Consequentemente, se a diferença de temperatura entre vapor de água na atmosfera e temperatura da superfície do mar é pequena, o ΔT é obviamente pequeno. Neste sentido salienta-se que a imagem analisada não está totalmente isenta de cobertura de nuvens.
- Deve-se considerar também os erros devidos aos ruídos (termal e eletrônico) inerentes aos dados e à resolução espacial de ambas as fontes de informações.

Quanto à temperatura fornecida pelo sistema sensor VISSR, Abdon (1982) observa uma diferença de 5°C menor que a dos dados GOSSTCOMP.

O terceiro e quarto conjuntos de dados utilizados nesta análise referem-se a alguns dados de temperatura da superfície do mar, obtidos pela Comissão Oceanográfica CONVERSUT-III, e dados provenientes do sistema sensor VISSR do satélite SMS-2. Os valores de temperatura da superfície do mar provenientes deste sistema sensor foram selecionados nas imagens de 16 de fevereiro e 09 de março de 1981, gravadas às 09:15 e 12:16 hora local, respectivamente.

A seleção dos pontos nas imagens foi realizada considerando-se a classificação dos níveis de cinza "pixel" a "pixel". Considerou-se o "pixel" mais próximo da medida de temperatura a nível de superfície, ou ainda a média entre os valores de "pixels" próximos. Neste caso foram utilizados também dados oceanográficos obtidos antes e após os dados das imagens, uma vez que os dados oceanográficos disponíveis em uma mesma escala temporal foram escassos. Desta forma, foram obtidos nove e sete pares de valores de temperatura, referentes aos períodos de 15 a 17 de fevereiro de 1981 e 08 a 10 de março de 1981, respectivamente. As Tabelas 5.2 e 5.3 fornecem a localização de cada ponto, dia, mês, ano, hora e tipo de dados.

Um dos aspectos a considerar também na composição de dados é que suas correções, devido aos efeitos causados pela absorção atmosférica, emissividade da superfície do mar, contaminação de nuvens, e ruídos termal e eletrônico dos dados, quando efetuados, devem ser bem controladas. Como citado anteriormente, a composição de dados em escalas de tempo diferentes é baseada no fato de a temperatura da superfície do mar não se alterar significativamente no intervalo de tempo considerado.

No período de 15 a 17 de fevereiro de 1981, a relação encontrada da temperatura obtida a nível de superfície T_{sf} (CONVERSUT-III) em função da temperatura equivalente de Corpo Negro - T_{CN} (SMS-2) é definida por:

$$T_{sf} = 1,0 T_{CN} + 3,30 \quad (5.3)$$

Esta relação está representada na Figura 5.5. O coeficiente de correlação é de 0,71, significante em 97,50%. A medida de exatidão entre os dados em termos do erro quadrático médio é da ordem de $\pm 3,9^{\circ}\text{C}$. A temperatura média da superfície do mar observada a nível de superfície é da ordem de $22,1 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$, e os dados do satélite SMS-2 apresentam uma temperatura média (\bar{T}_{CN}) de $18,3 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$. Verifica-se, no caso,

que a temperatura média observada por satélite é aproximadamente $3,8^{\circ}\text{C} \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ menor que a temperatura observada a nível de superfície.

TABELA 5.2

TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR - T_{sf} (CONVERSUT-III) x T_{CN} (SMS-2),
NO PERÍODO DE 15 A 17 DE FEVEREIRO DE 1981

| LOCALIZAÇÃO | | FEVEREIRO 1981 | | $T_{sf}(^{\circ}\text{C})$ | $T_{CN}(^{\circ}\text{C})$ | $\Delta T(^{\circ}\text{C}) = T_{sf} - T_{CN}$ |
|----------------------|------------------------|----------------|--------|----------------------------|----------------------------|--|
| $^{\circ}\text{SUL}$ | $^{\circ}\text{DESTE}$ | DIA (●) | HORA | | | |
| 34 $^{\circ}$ 39' | 053 $^{\circ}$ 17' | 15 | 22:00' | (o) 22,0 | 18,0 | 4,0 |
| 34 $^{\circ}$ 59' | 052 $^{\circ}$ 50' | 15 | 02:48' | (o) 21,6 | 18,8 | 2,8 |
| 35 $^{\circ}$ 14' | 052 $^{\circ}$ 17' | 15 | 08:12' | (o) 21,1 | 18,0 | 3,1 |
| 35 $^{\circ}$ 54' | 051 $^{\circ}$ 17' | 15 | 17:54' | (o) 20,4 | 16,8 | 3,6 |
| 36 $^{\circ}$ 27' | 050 $^{\circ}$ 28' | 16 | 04:30' | (.) 23,3 | 18,8 | 4,5 |
| 35 $^{\circ}$ 58' | 049 $^{\circ}$ 58' | 16 | 13:30' | (.) 22,1 | 18,8 | 3,3 |
| 35 $^{\circ}$ 37' | 050 $^{\circ}$ 22' | 17 | 22:24' | (*) 23,5 | 19,3 | 4,2 |
| 35 $^{\circ}$ 21' | 050 $^{\circ}$ 51' | 17 | 05:54' | (*) 23,2 | 18,0 | 5,2 |
| 35 $^{\circ}$ 02' | 051 $^{\circ}$ 19' | 17 | 14:42' | (*) 21,5 | 18,0 | 3,5 |

Tipos de dados:

(o) dados oceanográficos usados com intervalo de um (1) dia antes dos dados do satélite SMS-2;

(.) mesma escala de tempo dos dados;

(*) dados oceanográficos usados com intervalo de um (1) dia após os dados do satélite SMS-2;

(●) hora em que foram tomadas as medidas oceanográficas.

TABELA 5.3

TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR - T_{sf} (CONVERSUT-III) x T_{CN} (SMS-2),
NO PERÍODO DE 08 A 10 DE MARÇO DE 1981

| LOCALIZAÇÃO | | MARÇO 1981 | | $T_{sf}(^{\circ}C)$ | $T_{CN}(^{\circ}C)$ | $\Delta T(^{\circ}C) = T_{sf} - T_{CN}$ |
|---------------------|----------------------|------------|--------|---------------------|---------------------|---|
| $^{\circ}$ SUL | $^{\circ}$ OESTE | DIA (●) | HORA | | | |
| 32 ^o 49' | 048 ^o 37' | 08 | 03:00' | (o) 23,9 | 22,3 | 1,6 |
| 33 ^o 07' | 048 ^o 08' | 08 | 09:48' | (o) 24,3 | 21,3 | 3,0 |
| 33 ^o 23' | 047 ^o 39' | 08 | 18:18' | (o) 24,9 | 21,3 | 3,6 |
| 32 ^o 47' | 047 ^o 18' | 09 | 03:00' | (.) 24,5 | 22,3 | 2,2 |
| 32 ^o 29' | 047 ^o 46' | 09 | 08:18' | (.) 23,5 | 21,3 | 2,2 |
| 30 ^o 59' | 050 ^o 05' | 10 | 16:24' | (*) 25,4 | 21,8 | 3,6 |
| 30 ^o 51' | 050 ^o 17' | 10 | 19:18' | (*) 25,2 | 22,3 | 2,9 |

Tipo de dados:

(o) dados oceanográficos usados com intervalo de um (1) dia antes dos dados do satélite SMS-2;

(.) mesma escala de tempo dos dados;

(*) dados oceanográficos usados com intervalo de um (1) dia após os dados do satélite SMS-2;

(●) hora em que foram tomadas as medidas oceanográficas.

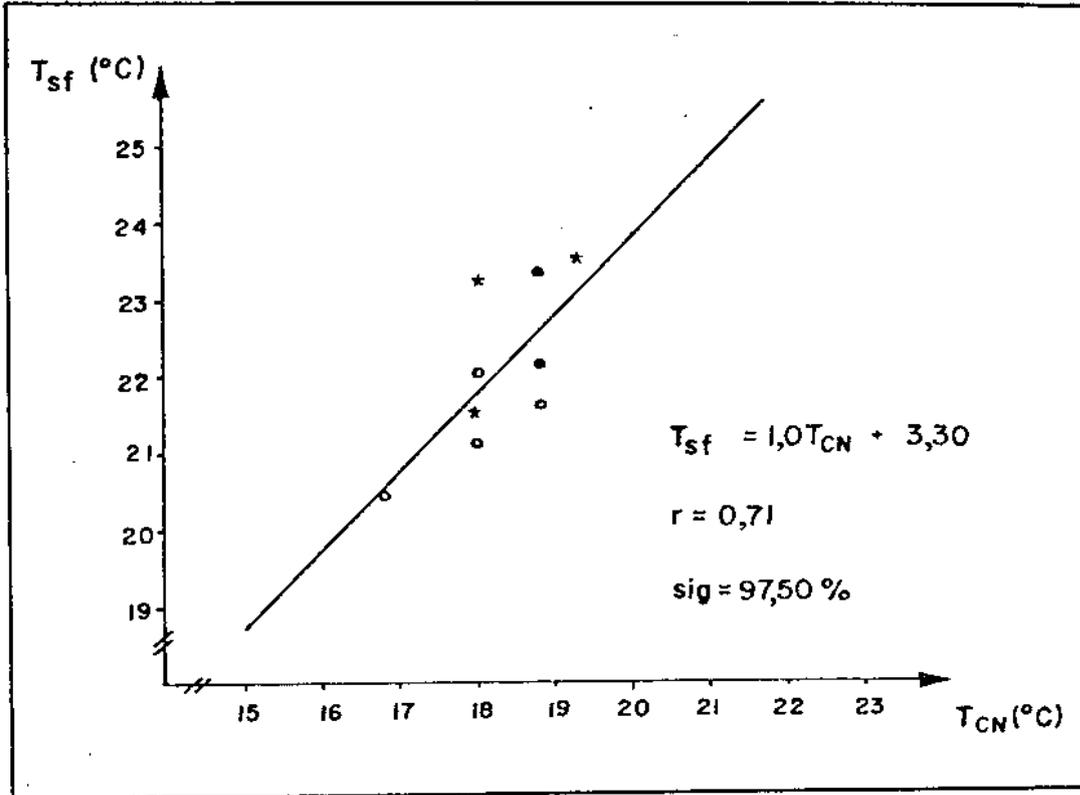


Fig. 5.5 - Relação entre a temperatura da superfície do mar T_{sf} (CONVERSUT-III) e T_{CN} (SMS-2), no período de 15 a 17 de fevereiro de 1981.

Considerando os valores de temperatura equivalente de Corpo Negro (T_{CN}) da Tabela 5.2 e utilizando a Equação 5.3, pode-se verificar os respectivos valores de temperatura observados a nível de superfície (T_{sf}). Assim, os valores entre $16,8^{\circ}C$ e $19,3^{\circ}C$ correspondem ao intervalo entre $20,1^{\circ}$ e $22,6^{\circ}C$. Este intervalo de temperatura está próximo ao intervalo de temperatura característico da região analisada, que envolve pequena parte da região costeira e oceânica, nas proximidades do estuário do Rio da Prata.

As diferenças de temperatura entre os dados é atribuída aos efeitos causados pela absorção atmosférica da radiação infravermelha termal, emissividade da superfície do mar diferente da unidade e

escala de tempo diferente entre as observações. Neste último caso, de ve-se considerar também a hora em que foram medidas as temperaturas da superfície do mar, a nível de superfície e por satélite, uma vez que podem ocorrer variações diárias da temperatura, umidade e pressão at mosférica. Outro fator relevante é que as informações obtidas pelo sis tema sensor VISSR representam a temperatura média de uma área de 10 km x 10 km, considerando-se que a área de estudo localiza-se em mē dias latitudes, enquanto os dados oceanográficos correspondem a uma mē dida de temperatura.

A relação entre os valores de $(\Delta T = T_{sf} - T_{CN})$ e os valo res de temperatura correspondentes, obtidos a nível de superfície - T_{sf} (CONVERSUT-III) é definida por:

$$\Delta T = 0,51 T_{sf} - 7,46 . \quad (5.4)$$

O coeficiente de correlação é igual a 0,72, significativa em 97,50%. A medida de estabilidade entre os dados é de aproximadamen te $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. A Relação 5.4 está representada na Figura 5.6.

Observa-se que a relação obtida na Figura 5.6 é linear e direta. A medida que a temperatura obtida a nível de superfície (T_{sf}) aumenta, cresce a diferença entre os dados, ou seja, a temperatura equi valente de Corpo Negro torna-se cada vez mais distante da temperatura obtida a nível de superfície. Neste sentido, salienta-se que próximo à localização dos pontos analisados ocorre a presença de nuvens baixas e, conseqüentemente, contaminação de vapor de água nas regiões vizinhas. Como se sabe, a radiação infravermelha termal é fortemente absorvida pelo vapor de água.

A estabilidade entre os dados pode ser alterada também devido aos ruídos termal e eletrônico inerente aos dados de satélite e aos erros associados com a calibração do instrumento. Juntamente com estes fatores, deve-se considerar a possível imprecisão dos dados ocea nográficos. Entretanto, pode-se notar que há razoável estabilidade en

tre os dados analisados, uma vez que a resolução máxima relativa da medida de temperatura obtida pelo sistema sensor VISSR na faixa do infravermelho termal é de $0,5^{\circ}\text{C}$.

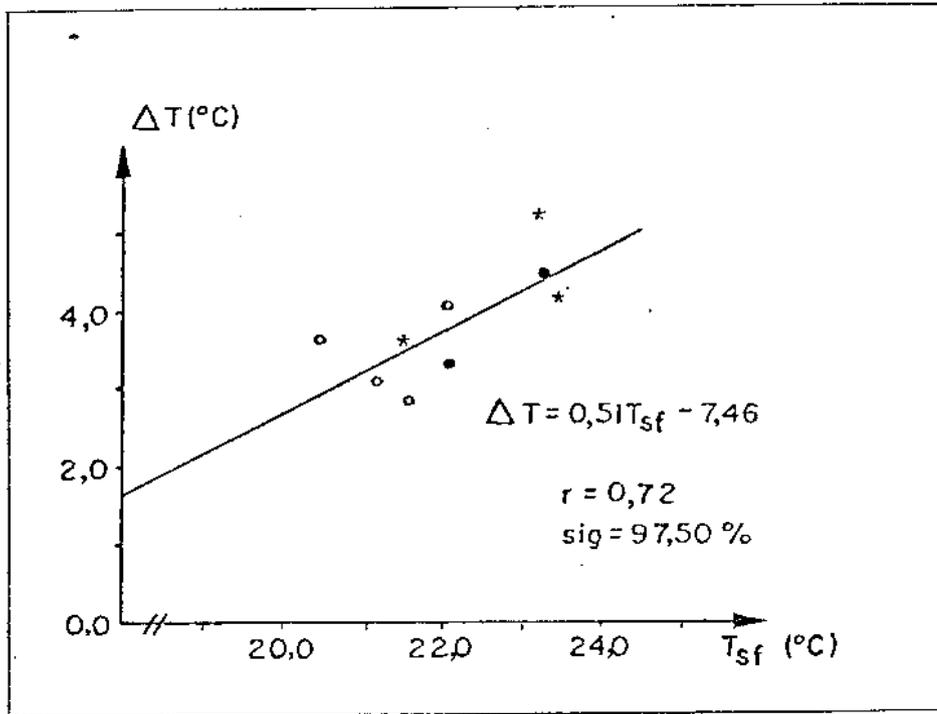


Fig. 5.6 - Relação entre $\Delta T = T_{sf}$ (CONVERSUT-III) - T_{CN} (SMS-2) e T_{sf} (CONVERSUT-III), no período de 15 a 17 de fevereiro de 1981.

Entretanto, no período de 08 a 10 de março de 1981, devido ao pequeno intervalo de temperatura disponível, ou seja, pouca variação de temperatura na região analisada, não se pôde obter correlações significantes entre os dados. Especificamente, a área analisada refere-se à região onde se encontra o núcleo da Corrente do Brasil, cuja temperatura média a nível de superfície e desvio padrão é de $24,5 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$. Por outro lado, os dados do satélite SMS-2 apresentam uma temperatura média e desvio padrão de $21,8 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. No caso, pode-se verificar que os valores de temperatura obtidos pelo sistema sensor VISSR são em média $2,7^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ menores que os valores obtidos a nível de superfície - T_{sf} (CONVERSUT-III). O desvio ou erro quadrático médio entre os dados

é de $\pm 3,8^{\circ}\text{C}$. As considerações quanto às diferenças de temperatura entre os dados, feitas anteriormente, são válidas também para este caso, exceto nas proximidades da área analisada, onde a presença de nuvens é menor em relação à observada na imagem de 16 de fevereiro de 1981.

Segundo Maul e Sidran (1973), as diferenças entre a temperatura a nível de superfície e a obtida por satélite podem variar de $2,2^{\circ}\text{C}$, para uma atmosfera seca de inverno, até $10,5^{\circ}\text{C}$ para uma atmosfera úmida subtropical no verão; observa-se que as diferenças entre os dados obtidos a nível de superfície e os do sistema sensor VISSR estão inseridas neste intervalo de variação.

Hunolt (1978) indica uma exatidão das temperaturas obtidas pelo sistema sensor VISSR, variando entre 2°C e 4°C devido à calibração do radiômetro. Na realidade os dados infravermelhos deste sistema sensor não são calibrados no sentido exato da palavra. Os produtos provenientes do detetor na espaçonave são corrigidos em base de tempo semanal para compensar uma flutuação anual na resposta do sensor. Não há nenhuma comparação de rotina entre o produto do detetor e a fonte de calibração de Corpo Negro no VISSR.

Stevenson et alii (1981), analisando os dados obtidos pelo sistema sensor VISSR/SMS-2, aeronave e navio, em estudos realizados na Baía de Ilha Grande (Dezembro, 1980), obtiveram com os dados de satélite uma diferença de 5°C menor que os obtidos com os dados de navio. Abdou (1982), utilizando alguns dados oceanográficos de estações oceanográficas fixas costeiras, localizadas na costa brasileira entre 20°S e 35°S , e dados do satélite SMS-2 obteve uma diferença de temperatura de aproximadamente $2,6^{\circ}\text{C}$ menor que a dos dados obtidos na superfície.

Resumindo, os resultados obtidos na análise precedente apresentam boa concordância quando comparados com as fontes de informações na literatura e, também, com as características da área analisada. Entretanto, deve-se considerar que as correlações entre os dados

podem ser mais exatas se estes puderem ser adquiridos em uma mesma escala de tempo. Na obtenção de uma melhor correlação entre os dados, verifica-se também a necessidade do intervalo de temperatura ser relativamente grande, com um maior número de valores.

As diferenças entre os dados da temperatura da superfície do mar obtidos por métodos oceanográficos convencionais e dados de satélite podem ser minimizadas, se estes puderem ser obtidos em uma mesma escala de tempo, corrigir os efeitos causados pela absorção atmosférica, contaminação de nuvens, emissividade da água e ruído inerente aos dados, e utilizar as informações do canal na faixa do visível para melhor controlar a ocorrência de nuvens.

5.2 - ANÁLISE DAS VARIAÇÕES SAZONAIS DA FRENTE OCEÂNICA SUBTROPICAL, OBTIDA COM DADOS OCEANOGRÁFICOS E DO SATÉLITE SMS-2

Com os dados do satélite SMS-2 utilizados pôde-se observar as variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical, na região entre 40°sul e 45°sul , o que não foi viável com os dados oceanográficos utilizados. As informações oceanográficas disponíveis abrangem somente até 40°sul , com menor cobertura na região oceânica, comparadas com as informações deste satélite. Considerando estes fatores, faz-se inicialmente breves comentários a respeito das variações sazonais da temperatura da superfície do mar e compara-se as características quanto à localização da fronteira oeste dessa frente, observadas com dados oceanográficos e do satélite SMS-2. Posteriormente são indicados, apenas como referência, os deslocamentos médios entre a posição média desta fronteira observada com dados oceanográficos e sua posição obtida com dados deste satélite, em cada estação do ano.

Basicamente, pretende-se com esta análise verificar se a localização da Frente Oceânica Subtropical, observada com dados oceanográficos e do satélite SMS-2, apresenta tendências coerentes. Cabe lembrar que no caso dos dados deste satélite, utilizam-se, nesta comparação, as características da posição média da Frente média Subtropical.

Como mencionado na Secção 4.4, obteve-se a Frente média Subtropical considerando a média de suas posições médias em base de tempo mensal (Figura 4.33). No decorrer deste texto utiliza-se o termo Frente Oceânica Subtropical para ambas as fontes de informações. Faz-se também algumas considerações quanto à magnitude da velocidade de migração desta frente observada com dados do satélite SMS-2, em relação à velocidade média relativa do sistema de correntes, obtida através do método geostrofico (0/1000 dbar).

Utilizando-se as informações oceanográficas e do satélite SMS-2 obtidas nas Secções 3.2.1 e 4.1.1, respectivamente, as variações sazonais da temperatura da superfície do mar, na região da Frente Oceânica Subtropical, observada com dados oceanográficos e deste satélite, são resumidas na Tabela 5.4. Nesta tabela, são indicadas também as condições de temperatura da superfície do mar, observadas com dados do satélite SMS-2 no verão de 1980, apenas para verificar o ciclo completo da variação deste parâmetro durante o período de 1980 a 1981. Entretanto, deve-se lembrar que somente no verão de 1981 as observações deste satélite foram obtidas próximas ao intervalo de tempo das observações oceanográficas.

De acordo com as informações oceanográficas indicadas na Tabela 5.4, observa-se que no outono a temperatura varia entre $12,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$ e na primavera entre $8,0^{\circ}\text{C}$ e $19,0^{\circ}\text{C}$. Os dados do satélite SMS-2 indicam uma variação de temperatura equivalente de Corpo Negro (T_{CN}) entre $8,3^{\circ}\text{C}$ e $17,8^{\circ}\text{C}$ no outono e entre $7,3^{\circ}\text{C}$ e $15,3^{\circ}\text{C}$ na primavera. Com base nas informações oceanográficas, no inverno e no verão o intervalo de temperatura oscila entre $7,0^{\circ}\text{C}$ e $16,0^{\circ}\text{C}$ e entre $13,0^{\circ}\text{C}$ e $21,0^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Com os dados do satélite SMS-2, verifica-se uma variação de temperatura (T_{CN}) entre $7,3^{\circ}\text{C}$ e $16,8^{\circ}\text{C}$ no inverno e entre $12,3^{\circ}\text{C}$ e $20,3^{\circ}\text{C}$, no verão de 1981.

TABELA 5.4

VARIAÇÕES SAZONAIS DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR NA REGIÃO DA FRENTE OCEÂNICA SUBTROPICAL, OBSERVADA COM DADOS OCEANOGRÁFICOS E DO SATÉLITE SMS-2

| ESTAÇÕES | OCEANOGRÁFICOS | | |
|----------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | T(°C) | ΔT(°C) | T̄(°C) |
| Outono/1978 | 12,0 - 21,0 | 9,0 | 16,5 |
| Inverno/1965 | 7,0 - 16,0 | 9,0 | 11,5 |
| Primavera/1977 | 8,0 - 19,0 | 11,0 | 13,5 |
| Verão/1981 | 13,0 - 21,0 | 8,0 | 17,0 |
| ESTAÇÕES | VISSR/SMS-2 | | |
| | T _{CN} (°C) | ΔT _{CN} (°C) | T̄ _{CN} (°C) |
| Verão/1980 | 10,3 - 19,3 | 9,0 | 14,8 |
| Outono/1980 | 8,3 - 17,8 | 9,5 | 13,0 |
| Inverno/1980 | 7,3 - 16,8 | 9,5 | 12,0 |
| Primavera/1980 | 7,3 - 15,3 | 8,0 | 11,3 |
| Verão/1981 | 12,3 - 20,3 | 8,0 | 16,3 |

Através dos dados oceanográficos observa-se, portanto, que as diferenças de temperatura na região da Frente Oceânica Subtropical são relativamente maiores na primavera, aproximadamente $\Delta T = 11,0^{\circ}\text{C}$, e menores no verão, cerca de $\Delta T = 8,0^{\circ}\text{C}$. Entretanto, no outono e no inverno a variação de temperatura observada nesta região oscila em torno de $\Delta T = 9,0^{\circ}\text{C}$. Por outro lado, com as informações do satélite SMS-2 utilizadas, as maiores variações de temperatura são observadas no outono e no inverno, ou seja, $\Delta T_{\text{CN}} = 9,5^{\circ}\text{C}$. Na primavera e no verão de 1981 a diferença de temperatura é em torno de $\Delta T_{\text{CN}} = 8,0^{\circ}\text{C}$.

Quanto às variações sazonais da temperatura média da superfície do mar na região da Frente Oceânica Subtropical, verifica-se, portanto, que as menores temperaturas médias são observadas no inverno e na primavera e as maiores, no verão e no outono. No inverno a temperatura média é em torno de $11,5^{\circ}\text{C}$ e $12,0^{\circ}\text{C}$ e na primavera, cerca de $13,5^{\circ}\text{C}$ e $11,3^{\circ}\text{C}$, observadas com dados oceanográficos e do satélite SMS-2, respectivamente. As informações oceanográficas indicam que no outono e no verão, a temperatura média nesta região é de aproximadamente $16,5^{\circ}$ e $17,0^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Por outro lado, os dados deste satélite indicam uma temperatura média (\bar{T}_{CN}) em torno de $13,0^{\circ}\text{C}$ no outono e de $16,3^{\circ}\text{C}$ no verão de 1981.

As informações do satélite SMS-2 indicam também que a variação de temperatura no verão de 1980 ($\Delta T_{\text{CN}} = 9,0^{\circ}\text{C}$), correspondente ao intervalo entre $10,3^{\circ}\text{C}$ e $19,3^{\circ}\text{C}$, foi um pouco maior que aquela observada no verão de 1981, ou seja, $\Delta T_{\text{CN}} = 8,0^{\circ}\text{C}$, referente ao intervalo entre $12,3^{\circ}\text{C}$ e $20,3^{\circ}\text{C}$. Observa-se que a temperatura média (\bar{T}_{CN}) no verão de 1980 foi de $14,8^{\circ}\text{C}$, sendo um pouco menor que aquela observada no verão de 1981, isto é $16,3^{\circ}\text{C}$.

Verifica-se, portanto, que ambas as fontes de informações indicam uma variação sazonal da temperatura da superfície do mar na região da Frente Oceânica Subtropical.

Em relação às características das variações sazonais da posição média da fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical, observadas com dados oceanográficos e dados do satélite SMS-2, pode-se verificar que estas tendem a ser aproximadamente similares. Utilizando as informações obtidas na análise das variações sazonais desta frente, realizada na Seção 3.2.1, verificou-se que no outono, na região entre 35°S e 40°S , a posição média dessa fronteira localizou-se em média 110 km a oeste de sua posição na primavera. Ainda no outono, sua posição média situou-se mais próxima da costa do que no verão, estando separadas 90 km em média.

No inverno, os dados oceanográficos, embora escassos, indicaram que em 36° sul a posição média da Frente Oceânica Subtropical tendia a localizar-se 150 km a leste de seu extremo norte no verão. Entretanto, entre 38° sul e 39° sul, sua posição média, no inverno, foi observada 55 km a oeste de sua posição no verão. Desta forma, não se observou um comportamento relativamente bem definido desta frente como na primavera e no outono. Ainda no inverno, sua posição média encontrou-se, em média, 30 km a oeste de sua posição na primavera, verificando-se, neste caso, pequenos deslocamentos.

Considerando as informações da análise do comportamento espacial da Frente Oceânica Subtropical, feita com dados do satélite SMS-2, na Seção 4.4, observou-se também que no outono sua posição média, na região entre 35° sul e 40° sul, localizou-se mais próxima à costa. No outono, sua fronteira oeste situou-se em média 110 km, 25 km e 60 km a oeste de sua posição na primavera, no verão de 1980 e no de 1981, respectivamente. Em alguns paralelos (35° sul - 38° sul), sua posição média no inverno localizou-se 20 km a oeste de sua posição na primavera.

Desta forma, as características das variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical, em relação à sua localização, observadas no período de abril de 1980 a março de 1981 com dados do satélite SMS-2, apresentaram tendências coerentes quando comparadas com aquelas observadas com dados oceanográficos. A localização da fronteira oeste dessa frente, observada nesta análise, apresenta um comportamento semelhante ao da localização das frentes médias do primeiro período de cada estação do ano em 1973, verificadas por Tseng (1976).

Quanto aos deslocamentos da posição média da Frente Oceânica Subtropical, observada com dados oceanográficos e do satélite SMS-2, estes podem ser verificados através das Figuras 5.7 a 5.11. Estas figuras contêm as posições médias da fronteira oeste desta frente obtida com dados oceanográficos, as quais estão representadas em cada figura pela linha hachurada. A posição média desta frente, como também

o seu ponto norte referem-se basicamente à frente de temperatura, observada em cada estação do ano. Sua zona de oscilação, ou seja, a zona que a contém, delimitada pelo seu extremo ocidental e oriental, está representada pelas linhas paralelas.

Estas figuras contêm também a posição média da Frente Média Subtropical ou frente média da temperatura da superfície do mar, representativa do trimestre, obtida com dados do satélite SMS-2; sua posição é indicada pela linha contínua, em cada figura. As posições médias da Frente Oceânica Subtropical obtidas em base de tempo mensal também estão inseridas naquelas figuras, cuja finalidade é verificar se as suas oscilações ocorrem na zona que a contém, delineada através de dados oceanográficos.

Analisando o comportamento espacial da fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical, no verão de 1981 e 1980, representado na Figura 5.7, verifica-se que na região entre 35°sul e 40°sul , o deslocamento médio zonal entre a sua localização, observada através de dados oceanográficos e do satélite SMS-2, é de aproximadamente 120 km; o máximo deslocamento, 170 km, é observado em 40°sul . Neste caso, as posições médias desta fronteira tendem a situar-se mais próximas do limite ocidental da zona de oscilação desta frente, delineada com dados oceanográficos. Desta forma, nota-se que suas posições médias durante o trimestre, obtidas com dados deste satélite, oscilam no interior desta zona.

Em fevereiro, ainda que não se tenha observado gradiente de temperatura entre 37°sul e 39°sul , a posição média da Frente Oceânica Subtropical entre 35°sul e 37°sul foi utilizada apenas como referência para o traçado da Frente Média Subtropical. Pode-se notar, através da Figura 4.28, que neste intervalo de latitude sua posição média observada em janeiro praticamente coincide com a sua posição em fevereiro. Entretanto, como já indicado na Seção 4.4, o seu ponto mais setentrional durante o trimestre é considerado praticamente em janeiro, ou

seja, aproximadamente em $36^{\circ}30'$ sul. Este aspecto foi assim considerado, uma vez que a Frente Oceânica Subtropical em janeiro foi observada continuamente na região entre 36° sul e 40° sul, em relação a fevereiro.

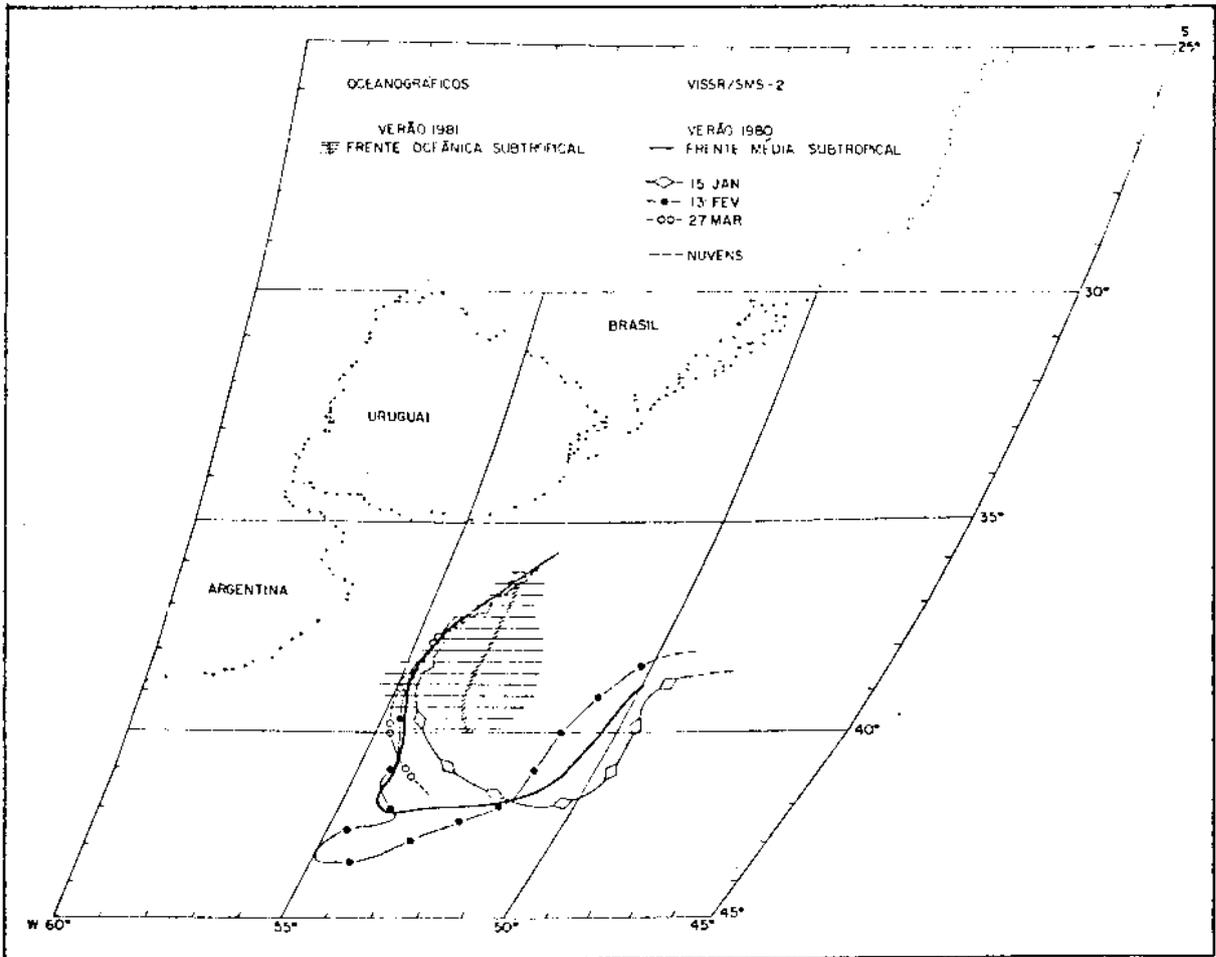


Fig. 5.7 - Representação esquemática da Frente Oceânica Subtropical, obtida com dados oceanográficos (verão/1981) e do satélite SMS-2 (verão/1980).

A zona que contém a fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical, representada pelas linhas paralelas, é relativamente larga, apresentando em média 210 km de extensão. Utilizando as informações da classificação temática das imagens no período de janeiro a março de 1980 (Figuras 4.1 a 4.3), verifica-se que esta zona apresenta em média 220 km de extensão.

As condições do comportamento espacial da fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical, no outono de 1978 e 1980, observadas na Figura 5.8, indicam que na região entre 35° sul e 40° sul, o deslocamento médio entre a sua posição média, observada com dados oceanográficos e do satélite SMS-2, é de aproximadamente 25 km. Nota-se, portanto, que este deslocamento é relativamente pequeno, sendo que o máximo deslocamento, 30 km, ocorre em 38° sul. No outono, em maio e junho, as posições médias desta fronteira, observadas com dados deste satélite estão praticamente centralizadas entre os limites ocidental e oriental de sua posição média, observada com dados oceanográficos; enquanto em abril, esta fronteira encontra-se mais próxima do seu limite ocidental, delineada com dados oceanográficos. Nessa região, ou seja, entre 35° sul e 40° sul, a largura média da zona que contém esta fronteira é de aproximadamente 160 km. Com os dados do satélite SMS-2 pode-se verificar, através da classificação temática das imagens no período de abril a junho de 1980 (Figuras 4.4 a 4.6), que em média esta zona apresenta 170 km de largura.

Em abril, devido à presença de nuvens acima de 36° sul, as informações do satélite SMS-2 permitiram uma melhor observação do extremo norte da Frente Oceânica Subtropical somente até esta latitude. Por outro lado, com as informações oceanográficas esta frente foi observada desde 40° sul até 29° sul. Como indicado na Seção 3.2.1, seu extremo norte, associado com as águas transportadas pela Corrente das Malvinas, não foi definido com exatidão, sendo sugerido entre 35° sul e 32° sul. Entretanto, a representação da frente de temperatura na Figura 5.8 é delineada ao longo de toda a região em que ela foi observada. Salienta-se que abaixo de 34° sul foram observadas as maiores intensificações de temperatura (Figura 3.41).

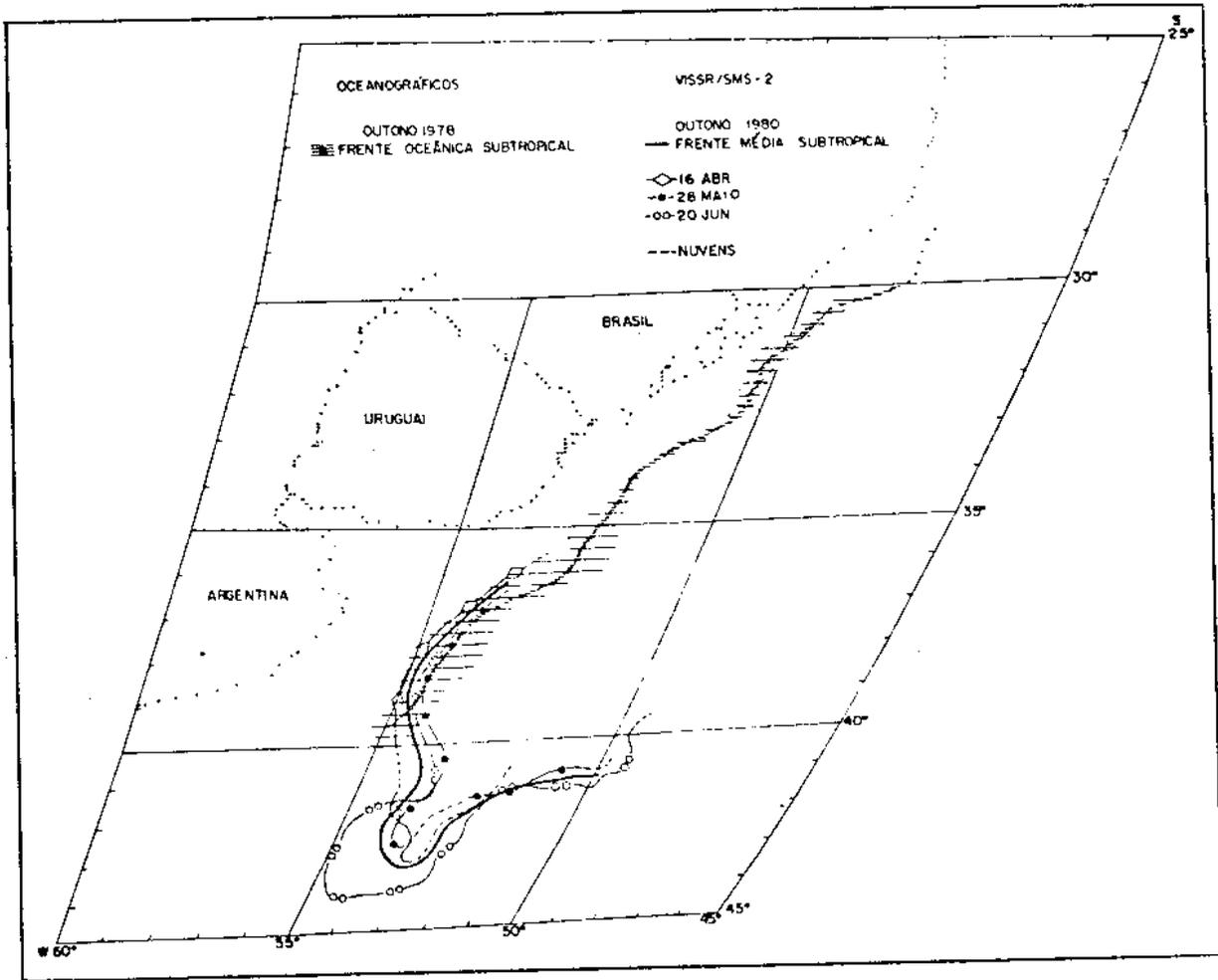


Fig. 5.8 - Representação esquemática da Frente Oceânica Subtropical, obtida com dados oceanográficos (outono/1978) e do satélite SMS-2 (outono/1980).

No inverno, a Frente Oceânica Subtropical observada com dados oceanográficos diminui de intensidade entre 33°sul e 30°sul, como mostra a Figura 5.9. Desta forma sua localização neste intervalo de latitude é aproximada. Nestas condições, o deslocamento médio entre as posições médias desta frente, obtida com dados oceanográficos e do satélite SMS-2, é cerca de 50 km, na região entre 30°sul e 35°sul, no inverno de 1965 e 1980, respectivamente. Entretanto, na região entre 35°sul e 40°sul, este deslocamento é relativamente pequeno, de aproximadamente 9 km.

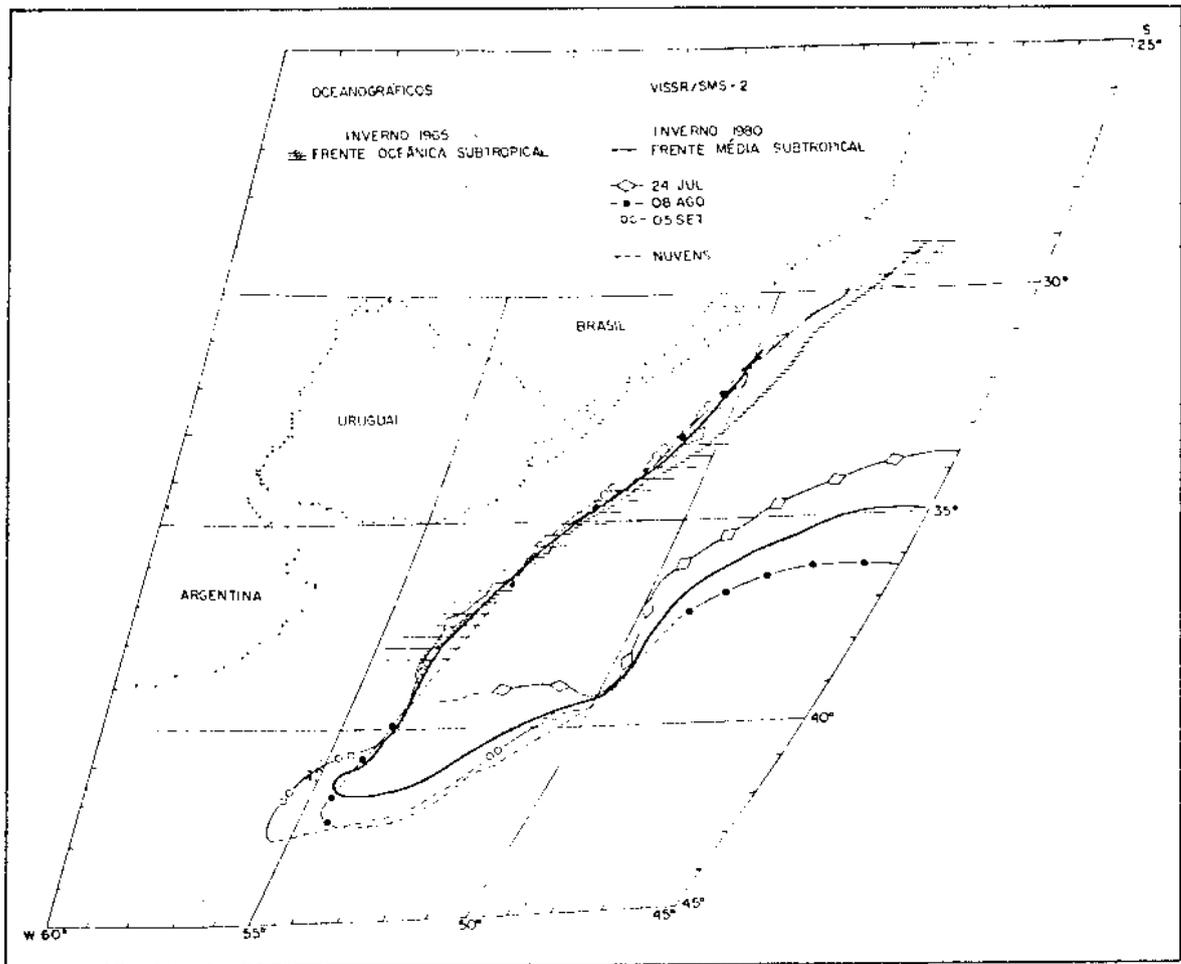


Fig. 5.9 - Representação esquemática da Frente Oceânica Subtropical, obtida com dados oceanográficos (inverno/1965) e do satélite SMS-2 (inverno/1980).

Pode-se notar através da Figura 5.9 que na região entre 33°su e 39°su , as posições médias da Frente Oceânica Subtropical observadas em cada mês, com dados do satélite SMS-2, encontram-se próximas à sua posição média obtida com dados oceanográficos. Nesta estação, como já indicado na Seção 4.4, ocorre pouca oscilação na posição média de sua fronteira oeste durante o trimestre.

Entre 33°su e 35°su , os dados oceanográficos indicam que a zona que contém a Frente Oceânica Subtropical apresenta em média 70 km de largura. Na região entre 35°su e 40°su , a largura média desta zona é relativamente maior, em torno de 110 km. Com as informações

da classificação temática, pode-se verificar que na região entre 30° sul e 35° sul a fronteira oeste dessa frente está contida, em média, em aproximadamente 80 km (Figuras 4.7 a 4.9). Na região entre 35° sul e 40° sul, esta fronteira é observada, em média, em 120 km de extensão transversal ao seu curso, em julho e setembro.

O ponto mais setentrional da Frente Oceânica Subtropical, no inverno, é observado especificamente em julho, aproximadamente em 30° sul, com as informações do satélite SMS-2. Entretanto, com as observações oceanográficas, este ponto encontra-se próximo a 29° sul.

Através da Figura 5.10, nota-se que na primavera de 1977 e 1980, o deslocamento médio entre as posições da fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical, obtida com dados oceanográficos e do satélite SMS-2, é de aproximadamente 40 km, na região entre 35° sul e 40° sul. Observa-se que nesta estação ocorre uma maior oscilação na posição desta fronteira entre 37° sul e 40° sul, durante o trimestre, em relação às estações precedentes. Em novembro, a posição média desta frente localiza-se mais próxima do seu limite ocidental, observada com dados oceanográficos. Entretanto, em outubro e dezembro, as posições médias desta frente localizam-se próximas à sua posição média, observada com dados oceanográficos.

As informações oceanográficas indicam que a zona que contém a Frente Oceânica Subtropical apresenta uma largura média de 220 km, enquanto com os dados do satélite SMS-2 esta zona apresenta uma largura média de aproximadamente 230 km. Similar às estações precedentes, pode-se observar esta zona através da classificação temática das imagens selecionadas em outubro, novembro e dezembro (Figuras 4.10 a 4.12).

Na primavera, os dados oceanográficos indicam que a Frente Oceânica Subtropical atinge aproximadamente 34° sul, sendo esta latitude similar à observada com os dados do satélite SMS-2, ou seja, próxima a $34^{\circ}30'$ sul, especificamente em outubro. Nesta latitude, esta frente dista aproximadamente 30 km de sua posição média, observada com dados oceanográficos.

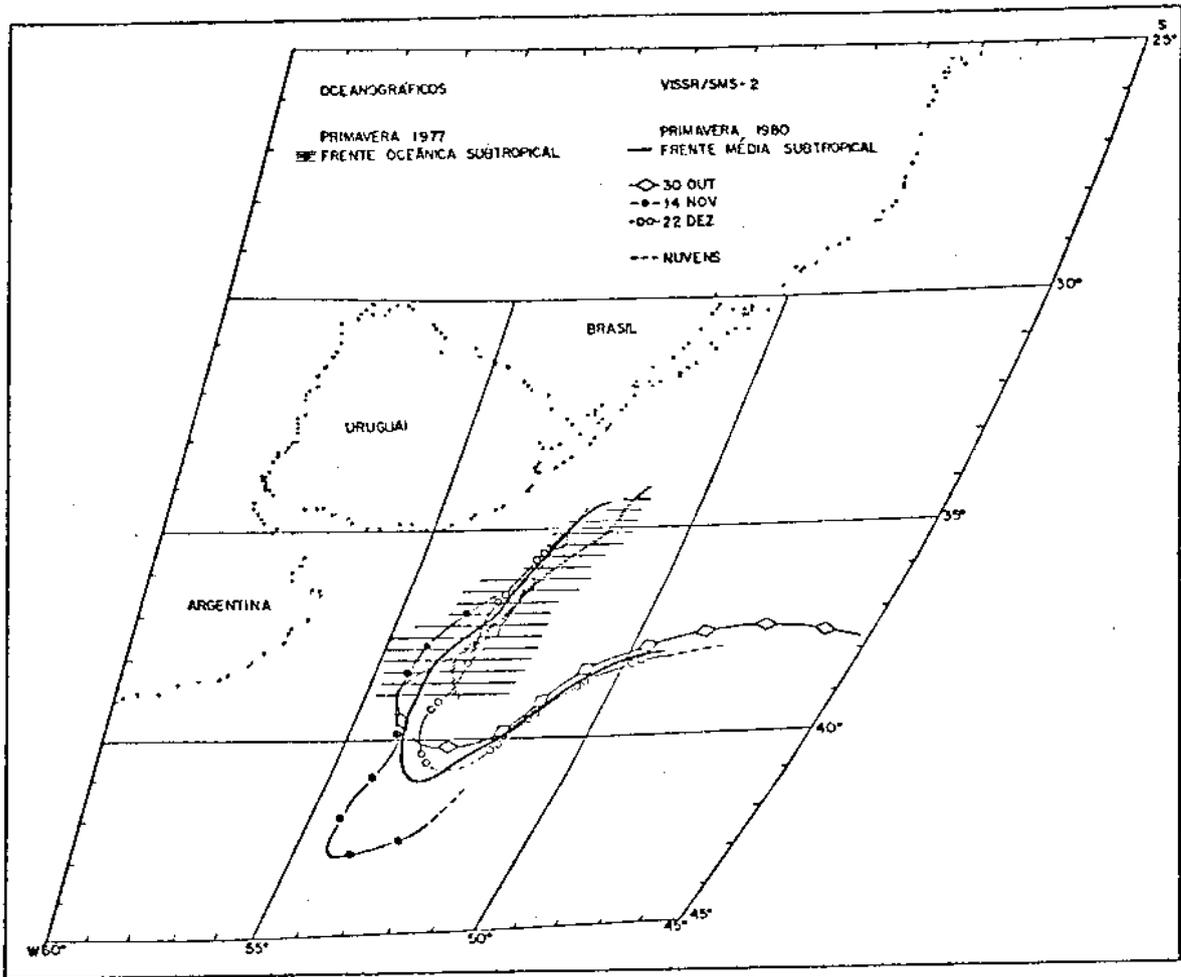


Fig. 5.10 - Representação esquemática da Frente Oceânica Subtropical, obtida com dados oceanográficos (primavera/1977) e do satélite SMS-2 (primavera/1980).

Finalmente, nota-se que no verão de 1981 (Figura 5.11), o deslocamento médio no posicionamento da Frente Oceânica Subtropical, observada com dados oceanográficos e do satélite SMS-2, é relativamente menor, em torno de 50 km, quando comparado com aquele obtido nas condições do verão de 1980. O máximo deslocamento entre suas posições médias é observado em 40°sul, estando separadas de 110 km.

Nas condições do verão de 1981 pode-se observar através da Figura 5.11 que em janeiro e março a posição média da Frente Oceânica Subtropical, abaixo de 37°sul, encontra-se a oeste de sua posição média observada com dados oceanográficos, ou seja, próxima do seu ex

tremo ocidental. Em fevereiro, esta frente encontra-se praticamente a leste de sua posição média, delineada com dados oceanográficos, isto é, próximo ao seu extremo oriental. Deve-se observar que as informações oceanográficas utilizadas nesta estação estão relativamente próximas do período em que foram obtidas as imagens.

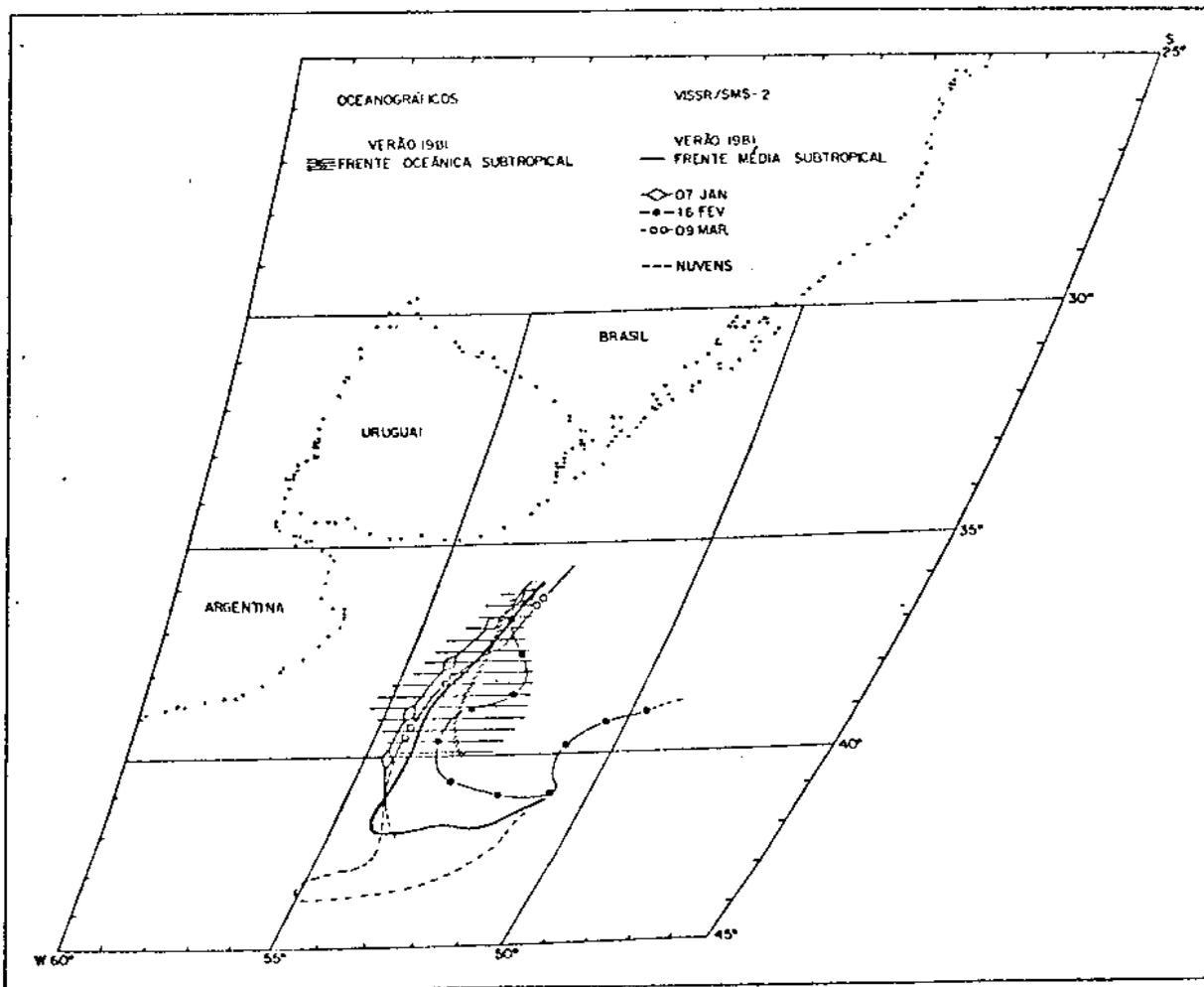


Fig. 5.11 - Representação esquemática da Frente Oceânica Subtropical, obtida com dados oceanográficos (verão/1981) e do satélite SMS-2 (verão/1981).

Entre 35°sul e 40°sul, a zona que contém a fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical é observada com os dados do satélite SMS-2 em média em 200 km de extensão, na direção zonal (Figuras 4.13 a 4.15), cuja extensão é próxima de 210 km, observada com dados oceanográficos.

No verão, o extremo norte da Frente Oceânica Subtropical encontra-se entre 35°sul e 36°sul, observado em março com as informações do satélite SMS-2, e próximo a 36°sul com as informações oceanográficas.

Verificou-se através das informações oceanográficas e do satélite SMS-2 que, entre as estações opostas do inverno e verão, a Frente Oceânica Subtropical teve seu ponto mais setentrional, no inverno, próximo a 29°sul e 30°sul, respectivamente. Entretanto, no verão de 1981 o seu ponto norte localizou-se entre 35°sul e 36°sul e aproximadamente em 36°sul, verificado com dados deste satélite e oceanográficos, respectivamente. Estes resultados foram próximos daqueles indicados por Boltovskoy (1965) e Pereira (1977). Boltovskoy utilizou indicadores biológicos para verificar a localização da Convergência Subtropical/Subantártica e indicou o ponto norte desta entre 30°sul e 31°sul, no inverno, e entre 35°sul e 36°sul no verão. Pereira (1977) indicou o ponto norte da Convergência Subtropical, no inverno, próximo a 31°sul e no verão, próximo a 35°sul.

Em resumo, observou-se que o máximo valor do deslocamento médio da fronteira oeste da Frente Oceânica Subtropical, delineada a partir de dados oceanográficos e do satélite SMS-2 foi de aproximadamente 120 km. A Tabela 5.5 indica os valores dos deslocamentos médios observados na região entre 30°sul e 40°sul.

Da análise precedente, notou-se que a Frente Oceânica Subtropical durante o trimestre, delineada com dados do satélite SMS-2, oscilou praticamente entre os limites ocidental e oriental, desta frente observada com dados oceanográficos. Pôde-se verificar também que a zona de oscilação de sua fronteira oeste, obtida com dados oceanográficos, apresentou em média uma largura próxima da zona que contém esta fronteira, observada através dos resultados da classificação temática.

TABELA 5.5

DESLOCAMENTO MÉDIO (Δd - km) OBTIDO ENTRE A POSIÇÃO MÉDIA DA FRENTE
OCEÂNICA SUBTROPICAL, OBSERVADA COM DADOS
OCEANOGRÁFICOS E DO SATÉLITE SMS-2

| LATITUDE SUL | DESLOCAMENTO MÉDIO (Δd - km) | | | | |
|-----------------|---------------------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| | Verão 1981/1980 | Outono 1978/1980 | Inverno 1965/1980 | Primavera 1977/1980 | Verão 1981/1981 |
| 30° - 35° | - | - | 50 | 30 | - |
| 35° - 40° | 120 | 25 | 9 | 40 | 50 |

As oscilações da Frente Oceânica Subtropical podem ser influenciadas pelas passagens de frentes meteorológicas, que são comuns na zona da Convergência Subtropical, dada a diferença de temperatura encontrada na superfície do mar. Normalmente as frentes meteorológicas, nesta região, apresentam frequência de três a cinco dias, dependendo da estação do ano (Kousky, 1981). Neste sentido ainda, a localização da Convergência Subtropical pode variar, também, em função das variações dos maiores sistemas do vento na região (Balech, 1949).

De maneira geral, a precisão da localização da Frente Oceânica Subtropical, quando são utilizados dados infravermelho ter mais, obtidos pelo sistema sensor VISSR, do satélite SMS-2, decorre da própria resolução espacial que estes dados apresentam, ou seja ± 10 km, considerando-se que a área de estudo situa-se nas médias latitudes. Além disso, deve-se considerar também, as incertezas devido às distorções geométricas, ruídos inerentes dos dados etc.

Quanto à exatidão entre os dados, esta relaciona-se com os resultados dos dados oceanográficos. Neste sentido, pode-se verificar, através das Figuras 5.7 a 5.11, que a posição média da fronteira

oeste da Frente Oceânica Subtropical representativa do trimestre, observada com dados do satélite SMS-2, tende a convergir para sua posição média, delineada através de dados oceanográficos. Os pequenos deslocamentos são devidos, primeiramente, à diferença temporal entre as informações utilizadas. As informações oceanográficas da área de estudo são obtidas em média em um período de três meses, enquanto as informações sobre esta área, observadas através do satélite SMS-2, são sinópticas. Neste caso, cada imagem é obtida em aproximadamente 30 minutos.

Continuando, outro fator relevante a ser considerado no confronto de dados oceanográficos e de satélite, no estudo da Frente Oceânica Subtropical, é o tempo requerido para o processamento e análise de dados obtidos a nível de superfície. Estes dados, após o término de uma dada comissão oceanográfica, necessitam em média de um (1) ano para o processamento, controle de qualidade e posterior análise. Por outro lado, os dados de satélite, se gravados diariamente em fita CCT (Compatível Com Computador), podem ser interpretados logo após a gravação da imagem. Desta forma, a utilização de sensores remotos no estudo desta frente possui a vantagem de fornecer dados em um tempo sinóptico e com repetitividade, abrangendo toda a área de estudo.

Supõe-se, entretanto, que as condições médias do oceano não apresentem bruscas variações na escala de tempo considerada, uma vez que ele se encontra em um estado "quase-estacionário". Assim, as informações oceanográficas utilizadas podem representar a base terrestre, ainda que apresentem suas próprias fontes de erros, na avaliação dos dados de satélite.

Uma menor ou maior exatidão entre os dados oceanográficos e de satélite é também uma função da cobertura de nuvens, atenuação atmosférica, emissividade da água, efeito da microssuperfície, variabilidade sazonal da intensidade do gradiente termal da superfície do mar e também de critérios utilizados na classificação temática para a interpretação automática de imagens obtidas por satélite.

De acordo com a literatura consultada, mencionada na introdução deste trabalho, o conhecimento do comportamento e da localização das frentes oceânicas é relevante no sentido de que estas concentram forragem e nutrientes minerais (fosfatos e nitratos) para as espêcies marinhas. Estas frentes atuam como fronteiras físicas para as espécies que se movem ao longo de sua trajetória migratória. Também foi indicado que as espécies podem migrar de um sistema de correntes para outro durante as estações do ano, podendo permanecer em um dado sistema de correntes e/ou massas de água em determinadas estações do ano. Considerando este aspecto, pode-se verificar no trabalho de Abdon (1983) que na região entre 30°sul e 35°sul e 050°oeste e 055°oeste, no período de abril a novembro (1974/1980), ocorrem as máximas capturas por unidade de esforço (CPUE - kg/100 anzóis) da espécie de atum, conhecida no Brasil por albacora-bandolim; o máximo de captura desta espécie foi observado em julho (83,23 kg/100 anzóis). A autora cita também que na região entre 25°sul e 35°sul e 045°oeste e 050°oeste, nos meses de julho a agosto, têm-se os máximos de CPUE da espécie de atum albacora-branca.

Como pôde ser visto no decorrer do presente trabalho, a Frente Oceânica Subtropical, observada com dados oceanográficos, teve sua maior influência nas regiões acima citadas, nas estações do outono até a primavera. Com os dados do satélite SMS-2 verificou-se também que no inverno esta frente atingiu seu ponto mais setentrional em julho ($\sim 30^\circ$ sul). Estas observações podem sugerir que as maiores capturas das espécies indicadas por Abdon (1983) estejam, direta ou indiretamente, relacionadas com a posição da Frente Oceânica Subtropical.

Outro fator a considerar é que a configuração da estrutura termal da Frente Oceânica Subtropical, observada através das informações do satélite SMS-2, apresentou forma de cunha, tendo características semelhantes às da configuração da circulação do fluxo do sistema da Corrente do Brasil, observada nas distribuições horizontais da topografia dinâmica da superfície relativa ao nível de 1000 dbar (Figuras 3.7, 3.27 e 3.44). As informações obtidas através do satélite SMS-2 indicaram que a Corrente do Brasil dirige-se para as maiores latitudes,

após a confluência com a Corrente das Malvinas, entre 36° sul e 39° sul, revertendo seu fluxo no limite sul e deslocando-se em direção a 40° sul, onde declina para leste e em direção a mar aberto (Figuras 4.1 a 4.15). Esta observação concorda também com os estudos de Reid et alii (1977), que utilizaram dados oceanográficos no estudo das características e da circulação do Atlântico Sudoeste. Particularmente na primavera, a posição média da Frente Oceânica Subtropical em 38° sul e 054° oeste, observada com dados do satélite SMS-2 (Figura 5.10), teve tendência a coincidir com a confluência do fluxo da Corrente do Brasil e da Corrente das Malvinas, verificada através da topografia dinâmica da superfície relativa a 1000 dbar (Figura 3.7).

Considerando a magnitude dos valores da velocidade relativa computada através do método geostrofico (0/1000 dbar) e os valores obtidos com dados do satélite SMS-2, entre 35° sul e 40° sul, observou-se que no período do outono até a primavera a velocidade média (0,7 cm/s) na direção zonal (oeste/leste) da Frente Oceânica Subtropical foi cerca de 64 vezes menor que a velocidade média relativa que a manteve, ou seja, 45 cm/s. Neste período, pôde-se verificar também que a velocidade média (1,5 cm/s) na direção longitudinal desta frente foi aproximadamente 30 vezes menor que a velocidade média relativa ao sistema de correntes. Portanto, observou-se que, no caso, as oscilações da Frente Oceânica Subtropical na direção longitudinal foram em média duas vezes maior que a sua oscilação na direção zonal.

Entretanto, melhores aproximações foram observadas, quando ao considerar a velocidade média de migração da Frente Oceânica Subtropical no período de um (1) mês. No período de janeiro a fevereiro de 1981, pôde-se observar que, na região entre 35° sul e 40° sul, sua velocidade média (6,0 cm/s) de migração na direção zonal (oeste/leste) foi de aproximadamente dez vezes menor que a velocidade média (60 cm/s) relativa ao sistema de correntes, estimada com o método geostrofico.

O estudo das variações sazonais da Frente Oceânica Sub
tropical aqui apresentado, ainda que não totalmente completo, fornece
algumas características deste fenômeno físico, com base na comparação
entre as informações oceanográficas e as do satélite SMS-2.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Algumas conclusões obtidas neste trabalho são apresentadas a seguir:

- 1) Através das distribuições horizontais de temperatura e salinidade na superfície, como também do diagrama T-S que relaciona em superfície as massas de água da área de estudo, pôde-se observar que a Frente Oceânica Subtropical entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas é caracterizada por uma maior variação de temperatura e menor variação de salinidade. Durante as estações do ano, as principais massas de água que contribuem para a formação desta frente apresentaram uma variação de temperatura entre $\Delta T = 8,0^{\circ}\text{C}$ e $\Delta T = 11,0^{\circ}\text{C}$, e salinidade entre $\Delta S = 2,0^{\circ}/\text{oo}$ e $\Delta S = 2,3^{\circ}/\text{oo}$. Estas observações são relevantes, uma vez que o estudo da Frente Oceânica Subtropical foi baseado também em dados obtidos por sensores remotos termais, em que a temperatura é o parâmetro principal considerado.
- 2) A utilização combinada das distribuições horizontais de temperatura e de salinidade na superfície, e das secções verticais destes parâmetros, permitiu observar melhor as características e as variações sazonais quanto ao deslocamento das massas de água que contribuem na formação da Frente Oceânica Subtropical. Com base na análise das massas de água da região de estudo, as informações oceanográficas utilizadas possibilitaram delinear em superfície a localização desta frente. Entretanto, para um delineamento mais exato, sugere-se a utilização de um maior número de secções verticais do que aquele utilizado neste trabalho, complementado também pelo uso de diagramas T-S de cada secção.

O uso conjunto de distribuições horizontais e de secções verticais fornecem, também, considerável informação quando se pode verificar que determinadas frentes oceânicas na superfície são decorrentes da contribuição de massas de água, que muitas vezes não chegam a aflorar na superfície diretamente, mas contribuem indiretamente na formação destas frentes, que podem ser detectadas por sensoriamento remoto.

- 3) Pela observação das características das distribuições estatísticas das áreas de amostragem coletadas na região de estudo, através do Sistema IMAGE-100, pôde-se obter uma melhor classificação dos campos de água para a interpretação automática das imagens selecionadas no período de janeiro de 1980 a março de 1981. Neste sentido, ainda, a metodologia utilizada, baseada num modelo gaussiano, permitiu identificar melhor as regiões de ocorrência de frentes de temperatura da superfície do mar; regiões estas onde a estrutura do gradiente termal foi pouco observada pelo uso de programas de realce e de filtragem digital, no tratamento automático das imagens.

As áreas de amostragem coletadas nas regiões correspondentes à Corrente do Brasil, à Corrente das Malvinas e à Frente Oceânica Subtropical apresentaram uma distribuição estatística que indicou um comportamento característico para cada uma das três áreas geográficas. Verificou-se que o comportamento característico de cada uma dessas regiões mantém-se, mesmo ocorrendo oscilações físicas devidas ao seu regime de correntes.

Em um campo relativamente isotermal (Corrente do Brasil ou Corrente das Malvinas), as distribuições estatísticas experimentais apresentaram um comportamento relativamente normal, definido em 91% dos casos por uma única distribuição unimodal. No conjunto das áreas de amostragem obtidas na região correspondente à Corrente do Brasil e à Corrente das Malvinas, pôde-se estimar, em média, uma incerteza da ordem de ± 20 "pixels"

do ajuste entre as distribuições estatísticas experimentais e as obtidas através do modelo gaussiano, o que correspondeu a 4% da frequência total da amostra.

Pôde-se verificar que as distribuições estatísticas correspondentes às amostras coletadas na região da Frente Oceânica Subtropical, representadas por uma distribuição bimodal, são compostas de populações ou subpopulações relativamente normais, que podem estar combinadas linearmente. Observou-se, neste caso que, em média, a medida de incerteza do ajuste entre as distribuições estatísticas experimentais e as distribuições gaussianas singulares variou em torno de ± 9 "pixels". Esta incerteza foi equivalente a 2% da frequência total da amostra, o que indicou que 98% da população foi simulada pelo modelo gaussiano. Neste caso, os resultados foram melhores quando comparados com os valores obtidos através da análise das distribuições estatísticas, representativas das áreas de amostragens referentes às regiões da Corrente do Brasil ou da Corrente das Malvinas, áreas estas que foram representadas por distribuições unimodais relativamente assimétricas.

Uma melhor avaliação dos dados poderá ser feita em estudos futuros, considerando momentos de ordem maior, tais como assimetria e curtose, além de informações de imagens obtidas na faixa do espectro visível, com a finalidade de discernir melhor os "pixels" contaminados por nuvens.

- 4) As aproximações do gradiente de temperatura da superfície do mar, estimado a partir das informações do satélite SMS-2, ou seja, das distribuições estatísticas de amostras coletadas na região da Frente Oceânica Subtropical, indicaram valores da ordem de $0,23 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (fevereiro de 1980); $0,28 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (julho de 1980); $0,22 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (outubro de 1980) e $0,29 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (dezembro de 1980). Estes valores são aproximadamente de quatro a duas vezes menores que os valores estimados com os dados

oceanográficos do inverno de 1965 e outono de 1977 ($0,70 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C/km}$), e primavera de 1978 ($0,90 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C/km}$) e verão de 1981 ($0,50 \times 10^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C/km}$). A razão dos valores do gradiente de temperatura da superfície do mar, estimados com os dados fornecidos pelo sistema sensor VISSR, na faixa do infravermelho termal, serem relativamente baixos comparados com os obtidos pelos dados oceanográficos é, possivelmente, devido ao tamanho da área de amostragem considerada e também às limitações inerentes ao modelo adotado. Melhores aproximações podem ser obtidas considerando uma menor área, sendo para tanto conveniente a utilização de informações na faixa do espectro visível, a fim de observar melhor a presença de nuvens na região analisada.

- 5) Ao serem confrontados os dados de temperatura da superfície do mar obtidos a nível de superfície e os dados GOSSTCOMP fornecidos em intervalos geográficos de $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ de latitude sul e longitude oeste, observou-se uma exatidão entre os dados em torno de $\pm 1,3^{\circ}\text{C}$. A medida de estabilidade entre as diferenças de temperatura foi de aproximadamente $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$. Com as informações obtidas na faixa do infravermelho termal pelo sistema sensor VISSR e com os dados GOSSTCOMP em forma de cartas de isotermas, verificou-se que, em média, os dados fornecidos pelo sistema sensor VISSR apresentaram-se $6,6^{\circ}\text{C} \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ menores que os dados GOSSTCOMP. Da comparação entre os dados de temperatura da superfície do mar, a nível de superfície, e os dados obtidos pelo sistema sensor VISSR, verificou-se que estes são, em média, $3,8^{\circ}\text{C} \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ menores que os dados de temperatura obtidos a nível de superfície. A medida de estabilidade entre os dados oscilou em torno de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Em um campo relativamente isotermal, observou-se que os dados fornecidos pelo sensor VISSR apresentaram-se $2,7^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ menores que os obtidos na superfície. As diferenças entre os dados de temperatura da superfície do mar, obtidos a nível de superfície, e os de satélite foram devidas aos efeitos causados pela absorção atmosférica, emissivi

dade da água, contaminação de nuvens, escala de tempo diferente entre as observações, ruído inerente aos dados, e resolução espacial de cada fonte de informação.

De maneira geral, os resultados encontrados em cada análise foram satisfatórios quando comparados com os valores previstos na literatura consultada, o que indica a possibilidade da utilização controlada das fontes de informações de temperatura da superfície do mar, obtidas por sensores remotos termais, no estudo da física de certos processos oceânicos. Entretanto, é relevante que se considere, em posteriores análises, fontes de informações de temperatura da superfície do mar em uma mesma escala de tempo, para que as correlações entre os dados sejam mais exatas. O uso de informações na faixa do espectro visível também é importante, para verificar melhor as regiões com possível contaminação de nuvens. Estes aspectos possibilitam também uma melhor utilização dos dados de temperatura da superfície do mar, obtidos por sensores remotos termais, na formulação de modelos de temperatura e, conseqüentemente, num melhor estudo dos fenômenos físicos.

- 6) As imagens obtidas através do satélite SMS-2 e interpretadas automaticamente apresentaram vantagem em relação aos dados oceanográficos utilizados no estudo da Frente Oceânica Subtropical, por fornecerem uma visão global desta frente, numa escala de tempo otimizada e com repetitividade, o que permitiu observar melhor as oscilações deste fenômeno físico. A utilização de informações dos produtos obtidos através da análise automática dos dados, combinada com as informações das distribuições estatísticas das áreas de amostragem coletadas na região de estudo, permitiu um melhor delineamento desta frente. Assim sendo, a metodologia utilizada possibilitou observar as variações sazonais da Frente Oceânica Subtropical, através de sua estrutura termal.

- 7) Na região da Frente Oceânica Subtropical, a estrutura termal, observada tanto com os dados oceanográficos quanto com as informações do satélite SMS-2, apresentou uma variação de temperatura entre $\Delta T = 8,0^{\circ}\text{C}$ e $\Delta T = 11,0^{\circ}\text{C}$, e entre $\Delta T = 8,0^{\circ}\text{C}$ e $\Delta T = 9,5^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Esta variação foi observada aproximadamente entre 230 km e 110 km de extensão. Ambas as fontes de informações indicaram que as variações de temperatura na região desta frente foram maiores no período do outono à primavera.
- 8) Do conjunto de informações obtidas através do satélite SMS-2, no período de janeiro a dezembro de 1980, observou-se que na região entre 35°S e 40°S as variações sazonais na direção zonal ao deslocamento da Frente Oceânica Subtropical podem ocorrer a cada seis meses. No outono e no verão, esta frente encontra-se mais próxima da costa (055°O - 054°O) e na primavera e no inverno, mais afastada (053°O - 054°O). No período de abril de 1980 a março de 1981, as suas variações sazonais, na região entre 35°S e 40°S , foram similares às suas oscilações observadas com dados oceanográficos. Neste período, os deslocamentos de suas posições médias, na direção zonal, foram mais proeminentes entre as estações do outono e da primavera. Entretanto, para a estação do inverno, recomenda-se, em estudos posteriores, uma maior fonte de informações oceanográficas, a fim de melhor estudar a Frente Oceânica Subtropical nesta estação do ano.

Na região entre 40°S e 45°S , a Frente Oceânica Subtropical foi observada somente com os dados do satélite SMS-2, os quais indicaram que durante o período estudado (de janeiro de 1980 a março de 1981) as oscilações de suas posições médias, na direção zonal, foram menos proeminentes do que os seus deslocamentos na direção longitudinal. Nesta direção, esta frente deslocou-se com maior intensidade entre as estações intermediárias do outono e da primavera, oscilando entre 43°S e 41°S ,

respectivamente. Entre estas estações, a sua velocidade média de migração na direção longitudinal, estimada aproximadamente em 1,5 cm/s, foi cerca de duas vezes maior que a sua velocidade média na direção zonal, isto é 0,7 cm/s, na região entre 35°sul e 40°sul. Estas características indicaram que os movimentos da Frente Oceânica Subtropical em função do tempo tendem a ser praticamente dominados por suas flutuações meridionais, em relação aos seus deslocamentos na direção zonal, observados no caso com maior intensidade entre o outono e a primavera.

- 9) Entre as estações opostas de inverno e verão, a Frente Oceânica Subtropical teve seu ponto mais setentrional no inverno, verificado tanto com dados oceanográficos como com dados do satélite SMS-2. No verão e na primavera o seu extremo norte, observado com dados oceanográficos, apresentou-se similar ao indicado com dados deste satélite. As posições médias de sua fronteira oeste, esquematizadas com dados do satélite SMS-2, oscilaram praticamente no interior dos limites ocidental e oriental desta frente delineada com dados oceanográficos. Ainda, a configuração desta frente, observada através das informações deste satélite, apresentou similaridade com a configuração do sistema de circulação da Corrente do Brasil, verificada através da topografia dinâmica da superfície relativa ao nível de 1000 dbar. Estes aspectos possibilitaram verificar também que as características da Frente Oceânica Subtropical, observadas através das informações do satélite SMS-2, apresentaram tendências coerentes com as suas características observadas com os dados oceanográficos.
- 10) As informações obtidas através das imagens do satélite SMS-2 na faixa do infravermelho termal, no período de janeiro de 1980 a março de 1981, demonstraram que o sensoriamento remoto é uma eficaz ferramenta de pesquisa na detecção e monitoramento da Frente Oceânica Subtropical entre a Corrente do Brasil e a Cor

rente das Malvinas, complementado pelo uso de dados oceanográficos, técnicas de processamento automático das imagens e aproximações estatísticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDON, M. de M. Uma metodologia de tratamento automático de imagens SMS-2 para diferenciar temperaturas superficiais na costa sudeste e sul do Brasil. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2., Brasília, maio 1982.
- *Um modelo de carta de pesca para tunídeos no sudeste e sul do Brasil utilizando dados oceanográficos e de sensoriamento remoto.* Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, INPE, jan. 1983. (INPE-2627-TDL/110).
- ANDERSON, R. K. Application of meteorological satellite data in analysis and forecasting. Washington, DC, ESSA, 1974. (ESSA Technical Report NESC 51).
- BALECH, E. Estudio critico de las corrientes marines del Litoral Argentina. *De Physics*, 20:159-164, 1949.
- BARNES, J. C.; SMALLWOOD, M.D. *TIROS-N Series disect readout' services users guide.* Washington, DC, NOAA, 1982. cap. 2, p. 2-2.
- BARNETT, T.P.; PATZERT, W.C.; WEBB, S.C.; BEAN, B.R. Climatology of satellite determined sea-surface temperature in the Pacific. *Bulletin American Meteorological Society*. 60:197-205, 1979.
- BOLTOVSKOY, E. Datos nuevos con respecto a la ubicación de la zona de convergência subtropical/subantártica em base al estudio de los foraminíferos planctônicos. *Anais de Academia Brasileira de Ciências*, 37:146-155, 1965. Suplemento.
- *La corriente de Malvinas (un estudio em base la investigación de foraminíferos).* Buenos Aires, Secretaria de Marina Serviço de Hidrografia Naval, 1959. (Publ. H. 1015).
- BRASIL. Ministério da Marinha. *Operação CONVERSUT-II costa sul-Oceanografia Física e Biológica.* s.l., 1980. p. 9. (DG 31.73).

- BREAKER, L.; KLEIN, J.; PITTS, M. *Quantitative measurements of sea surface temperature at several location using the NOAA-3 very high resolution radiometer*. Washington, DC, NOAA, Sept. 1978. (NOAA Technical Memorandum NESS 98).
- BROSIN, H.J.; NEHRING, D. *Some results of oceanographical observations in the convergence area between the Falkland-Current and the Brazil-Current*. s.l., International Council for the Exploration of the Sea. C.M., 1967.
- BROWER, R.L.; GOHRBAND, H.S.; PICHEL, W.G.; SIGNORE, T.L.; WALTON, C. *Satellite derived sea-surface temperatures from NOAA spacecraft*. Washington, DC, NOAA 1976. (NOAA Technical Memorandum NESS, 78).
- BROWMAN, M.J. Proceedings of the workshop. In: BROWMAN, M.J.; ESAIAS, W.E.; ed. *Oceanic Fronts in Coastal Processes*; Proceeding of a workshop held at Stony Brook, May, 25-27, 1977. Berlin, Springer-Verlag, 1978, p. 2-11.
- CAMILLI, P.P.G. *Relatório para divulgação - Sistema UAI-I*. São José dos Campos, INPE, mar. 1981. (INPE-2022-RPI/045).
- CARVALHO, P.R.A. de; RODRIGUES, V.; NOGUEIRA, J.L.M.; VIOLA, F.E.C. de; GARRIDO, J.C. de; OLIVEIRA, J.R. de; ASSAD, P.C.X. *Curso intensivo de satélites meteorológicos técnicos associadas utilizadas na produção, processamento e interpretação das imagens*. São José dos Campos, INPE, nov. 1979. (INPE-1614-MD/002).
- COSTA, L.F. da. *O sistema SMS, satélites meteorológicos síncronos*, Lisboa, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica. Comissão Permanente de Estudos do Espaço Exterior, 1972.
- DEFANT, A. *Physical oceanography*. Oxford, Pergamon Press, 1961. v. 1.
- DISMACHEK, D.C.; BOOTH, A.L.; LEESE, J.A. Oceanographic products. In: ——— *National Environmental Satellite Service Catalog of Products*. 3. ed. Washington, DC, NOAA, 1980, cap. 4A, p. 73-86. (NOAA Technical Memorandum NESS 109).

- DUTRA, L.V.; SOUZA, R.C.M. de; MITSUO Ii, F.A.; MOREIRA, J.C. *Análise automática de imagens multiespectrais*. São José dos Campos, INPE, ago. 1981. (INPE-2212-MD/009).
- EMILSSON, I. Alguns aspectos físicos e químicos das águas marinhas e brasileiras. *Ciência e Cultura*, 11(2):44-54, 1959.
- The shelf and coastal waters of southern Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 11(2):101-112, 1961.
- ETCHICHURY, M.C.; REMIRO, J.R. *La corriente de Malvinas Y los sedimentos Pampeano-Patagónicos*. Buenos Aires, Imprenta y casa Ed., 1963. (Ciências Geológicas, Tomo I, nº 20).
- GENERAL ELECTRIC (GE). *IMAGE-100; user manual*. Daytona Beach, 1975.
- HANSON, K.J. *O sensoriamento remoto do oceano*. Traduzido por E.G. de Almeida. Miami, FL, NOAA, 1972.
- HARRIS, T.F.W.; LEGECKIS, R.; FOREST, D. VAN. Satellite infra-red images in the Agulhas Current System. *Deep-Sea Research*, 25(5-8): 543-548, 1978.
- HASSE, L. On the cooling of the sea surface by evaporation and heat exchange. *Tellus*, 15(4):363-366, 1963.
- HUH, O.K.; WISEMAN, W.J.Jr.; ROUSE, Jr., L.J. Winter cycle of sea surface thermal patterns, northeastern Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 83(09):4523-4529, Sept. 1978.
- HUNOLT, G.W. VISSR archive user's guide, report, Satellite Data Services Branch. *National Oceanic Atmospheric Administration*. Washington, DC, 1978.
- IKEDA, Y.; STEVENSON, M.R. Time series analysis of NOAA-4 sea surface temperature (SST) data. *Remote Sensing of Environment*, 7:349-362, 1978.
- JOHNSON, W.R.; NORRIS, D.R. A multispectral analysis of the interface between the Brasil and Falkland currents from Skylab. *Remote Sensing of Environment*, 6:271-278, 1977.

- JOSEPH, J.; STEVENSON, M.R. A review of some possible uses of remote sensing techniques in fishery research and commercial fisheries. In: COSPAR SURVEY PROBLEMS SYMPOSIUM, 16, Constance, 1973. *Proceedings*. Berlin, Akademie - Verlag, 1974, p. 75-100.
- KOUSKY, V.E. *Análise de séries de tempo para verificação das oscilações da Frente Oceânica Subtropical entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas*. São José dos Campos, 1981. Comunicação pessoal a Sueli Susana de Godoi.
- LAEVASTU, T.; ROSA, Jr. Distribution and relative abundance of tunas in relation to their environment. In: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). *Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Tunas and Related Species*. La Jolla, CA, 2-14, July 1962, p. 1639-1657. (FAO FISHERIES REPORTS) nº 6, v. 3.
- LA FOND, E.C. *Processing Oceanographic data*. Washington, DC, Navy Hydrographic Office, 1951.
- LEETMAA, A.; VOORHIS, A.D. Scales of motion in the subtropical convergence zone. *Journal of Geophysical Research*, 83(9):4589-4592, Sept. 1978.
- LEGECKIS, R. A survey of worldwide sea surface temperature fronts detected by environmental satellites. *Journal of Geophysical Research*, 83(NOC9):4501-4522, Sept. 1978.
- LEGECKIS, R.; GORDON, A.L. Satellite Observations of the Brazil and Falkland currents - 1975 to 1976 and 1978. *Deep sea Research*, 29(3A):375-401, 1982.
- LEGECKIS, R.; LEGG, E. Comparison of polar and geostationary satellite infrared observations of sea surface temperature in the Gulf of Maine. *Remote Sensing of Environment*, 9(4):339-350, June 1980.
- LEGECKIS, R.V. Satellite observations of the influence of bottom topography on the seaward deflection of the Gulf Stream off Charleston, South Carolina. *Journal of Physical Oceanography*, 9(3):483-497, May 1979.

- MASCARENHAS Jr., A.S.; MIRANDA, L.B. de; ROCK, N.J. A study of the oceanographic conditions in the region of Cabo Frio. In: COSTLOW, Jr., J.D., ed. *Fertility of the Sea*. New York, Gordon & Breach, 1971. v. 1, p. 285-308.
- McALISTER, E.D.; McLEISH, W. Heat transfer in the top millimeter of the ocean. *Journal of Geophysical Research*, 74:6123-6135, 1969.
- MAUL, G.A.; SIDRAN, M. Atmospheric effects on ocean surface temperature sensing from the NOAA Satellite Scanning Radiometer. *Journal of Geophysical Research*, 78(12):1909-1916, 1973.
- MIRANDA, L.B. de. *Propriedades e variáveis físicas das águas da plataforma continental do Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado em Oceanografia Física, São Paulo, Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 1972.
- MIRANDA, L.B. de; CASTRO FILHO, B.M. de. Aplicação do diagrama T-S estatístico-volumétrico à análise das massas de água da plataforma continental do Rio Grande do Sul. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 28(1):185-200, 1979.
- MIRANDA, L.B. de; MAGLIOCA, A. Características gerais da variação anual da temperatura e da salinidade ao longo da costa do Rio Grande do Sul. In: FERRANTE, A.J.; FRANCO, J.S.G., ed. *Hidrodinâmica computacional*; curso de pós-graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, UFRS, 1975. p. E3-E24.
- MOORE, D.G.; MYERS, V.I. *Environmental factors affecting thermal ground water mapping*. Brookings Remote Sensing Institute, South Dakota State University, 1972. (RSI-72-06).
- NASA. *Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES)*. Washington, DC, 1980.
- NEUMANN, G.; PIERSON Jr., W.J. *Principles of physical oceanography*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1966.
- PANOFSKY, H.A.; BRIER, G.W. *Some applications of statistics to meteorology*. Pennsylvania, The Pennsylvania State University, 1965.

- PEREIRA, C.S. *Correntes Costeiras: estudo de um modelo estacionário aplicado ao litoral do Rio Grande do Sul (latitude 29°S-35°S) e análise de um modelo transiente*. Dissertação de Mestrado em Oceanografia Física, São Paulo, IOUSP, 1977.
- PICKARD, G.L. *Descriptive physical oceanography*. 2. ed. Oxford, Pergamon, 1975.
- POPOVOCI, Z. Estudio oceanográfico del Mar Argentina. *Revista Geográfica Americana*, (236):63-66, 1956.
- REID, J.L.; NOWLIN, Jr. W.D.; PATZERT, W.C. On the characteristics and circulation of the southwestern Atlantic Ocean. *Journal of Physical Oceanography*, 7:62-91, 1977.
- RIBEIRO, E.A.; MITSUO Ii, F.A.; MOREIRA, J.C.; DUTRA, L.V. *Manual do usuário dos sistemas de tratamento de imagens digitais*. São José dos Campos, INPE, s.d.
- SICKLER, G.L.; THOMPSON, A.H. *Convective rainfall estimation from digital GOES-1 Infrared data*. Washington, DC, NASA, 1979. (NASA-RP-1034).
- SIGNORINI, S.R. Contribuição ao estudo da circulação e do transporte de volume da Corrente do Brasil entre o Cabo de São Tomé e a Baía da Guanabara. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 25(2):157-220, 1976.
- Distribuição quase-sinótica da temperatura e da salinidade das águas superficiais sobre a plataforma continental entre Maldonado e Rio Grande (Lat 32°-36°S). In: FERRANTE, A.J.; FRANCO, J.S.G. ed. *Hidrodinâmica computacional*; curso de pós graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, UFRGS, 1975, p. F3-F20.
- SILVA, P. de C.M. Problemas da circulação oceânica nas águas brasileiras. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 37:157-158, 1965. Suplemento.
- SMITH, W.L.; RAO, P.K.; KOFFLER, R.; CURTIS, W.R. The Determination of sea-surface temperature from satellite high resolution infrared window radiation measurements. *Monthly Weather Review*, 98(8): 604-601, Aug. 1980.

- SPIEGEL, M.R. *Estatística*. Traduzido por Pedro Consentino. Rio de Janeiro, McGraw-Hill do Brasil, 1970.
- SQUIRE, Jr., J.L. Thermal relationship of tuna in the oceanic northwest Atlantic. In: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). *Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Tunas and Related Species*, La Jolla, CA, 2-14, July 1962, p. 1835-1851. (FAO Fisheries Reports) n° 6, v. 3.
- STEVENSON, M.R. *Calibração do sistema sensor VISSR do satélite SMS-2*. São José dos Campos, 1982. Comunicação pessoal a Sueli Susana de Godoi.
- STEVENSON, M.R.; FORTUNE, M. *Calibração do sistema sensor VISSR do satélite SMS-2*. São José dos Campos, 1982. Comunicação pessoal a Sueli Susana de Godoi.
- STEVENSON, M.R.; INOSTROZA, V.H.M. *Filtragem de elementos de imagens orbitais contaminadas por nuvens, para a obtenção de medições melhoradas da temperatura de corpo negro, para uso em oceanografia*. São José dos Campos, INPE, jun. 1981. (INPE-2121-RPE/345).
- STEVENSON, M.R.; MILLER, F.R. *Application of high resolution infrared and visual data to investigate changes in and the relationship between sea surface temperature and clouds patterns over the eastern Tropical Pacific; final report*. La Jolla, CA, Inter American Tropical Tuna Commission, 1972. (06-71-C-0120).
- *Application of satellite data to study oceanic fronts in the eastern Pacific*. La Jolla, CA, Inter American Tropical Tuna Commission, 1974.
- STEVENSON, M.R.; KIRKHAM, R.G.; MADSEN, B.J. *Development and testing of a cloud screening technique for use with satellite borne scanning radiometers*. La Jolla, CA, Inter American Tropical Tuna Commission con o Scripps Institution of Oceanography, 1977a.
- STEVENSON, M.R.; STEFFEN, C.A.; INOSTROZA, V.H.M. *Resultados preliminares de um estudo de mapeamento de descarga térmica no oceano utilizando dados de sensoriamento remoto*. São José dos Campos, INPE, set. 1981. (INPE-2229-PRE/021).

- STEVENSON, R.E. Observations from Skylab of mesoscale turbulence in ocean currents. *Nature*, 250(5468):638-640, 1974.
- STEVENSON, R.E.; CARTER, L.D.; VONDER HAAR R.O.S. Visual observations of the ocean. In: NASA. *Skylab explores the earth*. Washington, DC, 1977b, p. 287-338. (NASA SP-380).
- SVERDRUP, H.U.; JOHNSON, M.W.; FLEMING, R.H. *The oceans: their physics chemistry and general biology*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1942.
- THOMSEN, H. *Massas de água características del Oceano Atlântico Parte Sudoeste*. Buenos Aires, Secretaria da Marina, Buenos Aires, S.H.N. (Publ. H-632), 1962.
- TIENSTRA, J.M. *Theory of the adjustment of normally distributed observations*. Amsterdam, N.V. Uitgeverij "ARGUS", 1956.
- TSENG, Y.C. *Estudo do Extremo Oeste da Convergência Subtropical do Oceano Atlântico Sul, usando imagens do Satélite NIMBUS V e dados oceanográficos no período de 1972 a 1973*. São José dos Campos, INPE, set. 1976. (INPE-940-TPT/038).
- Study of the surface boundary of the Brazil and Falkland Currents. In: INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Seminar on Space Applications of Direct Interest to Developing Countries*, São José dos Campos, 1974.
- TSENG, Y.C.; INOSTROZA, V.H.M.; KUMAR, R. *Study of the Brazil and Falkland current using THIR images of NIMBUS V and Oceanographic data in 1972 to 1973*. São José dos Campos, INPE, Sept. 1977. (INPE-1123-PE/091).
- WARNECKE, G.; ALLISON, L.J.; Mc MILLIN, L.M.; SZEKIELDA, K.H. Remote sensing of ocean currents and sea surface temperature changes derived from the NIMBUS II Satellite. *Journal of Physical Oceanography*, 1(1):45-60, Jan. 1971.
- WÜST, G. Watermasses and circulation in the western South Atlantic. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 37:87-91, 1965. Suplemento.

APÊNDICE A

AS EQUAÇÕES HIDRODINÂMICAS DO MOVIMENTO E O MOVIMENTO GEOSTRÓFICO

Segundo Neumann e Pierson (1966), quando os efeitos de viscosidade são somente sugeridos, as equações de movimento para um fluido compressível, em relação a um referencial OXYZ rigidamente ligado à terra na sua forma vetorial, resumem-se em:

$$\bar{V}_t + (\bar{V} \cdot \nabla) \bar{V} + 2\bar{\omega} \times \bar{V} = - \frac{1}{\rho} \nabla P + \bar{F} + \bar{H}, \quad (A.1)$$

$$\nabla \cdot \rho \bar{V} = - \rho_t,$$

onde

\bar{V}_t - mudança local da velocidade com o tempo;

$(\bar{V} \cdot \nabla) \bar{V}$ - campo de aceleração não-linear;

$2\bar{\omega} \times \bar{V}$ - força de Coriolis por unidade de massa, onde $\bar{\omega}$ é a velocidade angular da terra, cujo módulo (ω) é 0.729×10^{-4} rad/s;

$-\frac{\nabla P}{\rho}$ - força do gradiente de pressão por unidade de massa, onde P é a pressão e ρ é a densidade da água do mar;

\bar{F} - inclui todas as forças externas que possam estar atuando sobre o fluido;

\bar{H} - forças que atuam para dissipar um fluxo oposto, tais como a maré que produz força, e a força sobre a superfície do mar devido à ação do vento.

A equação $\nabla \cdot \rho \bar{V} = -\rho_t$ exprime a conservação da massa.

Considerando um sistema de referência OXYZ cartesiano ortogonal, com o eixo OX orientado para leste (+), o eixo OY orientado para o norte e o eixo OZ orientado para cima (+), a Equação A.1 em termos de suas componentes escalares pode ser escrita:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - 2\omega(\sin(\theta)v - \cos(\theta)w) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + F(x) + H(x),$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + 2\omega \sin(\theta)u = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + F(y) + H(y),$$

(A.2)

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} - 2\omega \cos(\theta)u = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} - g + F(z) + H(z),$$

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}.$$

onde u, v, w são componentes de \bar{V} nas direções OX, OY e OZ, respectivamente.

Estas equações são válidas considerando uma latitude constante, ϕ , para distâncias não muito distante do ponto de um plano tangente na superfície da terra, em uma latitude particular.

Utilizando as Equações A.2 e considerando o eixo Z apontado para baixo (-), em direção a água, um fluxo não-acelerado, $\bar{F} = 0$, $\bar{H} = 0$, tem-se:

$$2\omega \sin(\theta)v - 2\omega \cos(\theta)w = \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x}, \quad (A.3)$$

$$2\omega \sin(\theta)u = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y}, \quad (A.4)$$

$$2\omega \cos(\theta)u = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + g. \quad (\text{A.5})$$

Entretanto, no oceano a escala dos movimentos verticais é muito pequena comparada com a escala horizontal. A velocidade na direção horizontal é cerca de 10^3 vezes maior que a velocidade na direção vertical, ou seja, $\sin(\theta)v \gg \cos(\theta)w$, o que permite desprezar a componente $\cos(\theta)w$ na Equação A.3. Assim tem-se:

$$2\omega \sin(\theta)v = \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x}. \quad (\text{A.6})$$

A Equação A.5 pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\frac{\partial P}{\partial z} = g\rho \left(1 - \frac{2\omega}{g} \cos(\theta)u\right). \quad (\text{A.7})$$

O segundo termo $2\omega/g \cos(\theta)u$ é muito menor que 1. A componente da velocidade na direção zonal conduz para uma mudança aparente da gravidade, ou da densidade da água. Este efeito tem um máximo no Equador, onde $\cos \theta = 1$. Portanto, o segundo termo da Equação A.7 pode ser desprezado, tomando a forma:

$$\frac{\partial P}{\partial z} = g\rho. \quad (\text{A.8})$$

Esta equação é frequentemente chamada de equação hidrostática.

As Equações A.4 e A.6 estabelecem que, para cada direção de coordenadas, as componentes da força de Coriolis atuam na direção exatamente oposta ao gradiente de pressão horizontal e, portanto, a corrente precisa ser paralela às isóbaras, tal que no Hemisfério Norte a alta pressão seja para a direita, e no Hemisfério Sul para a esquerda, quando se encontra na direção da corrente. Num sistema de coordenadas arbitrário, onde L representa a direção perpendicular às isóbaras, e $V = (u^2 + v^2)^{1/2}$ é a velocidade da corrente, tem-se que:

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial L} = 2\omega \operatorname{sen}(\theta) V, \quad (\text{A.9})$$

com:

$$\frac{\partial P}{\partial L} = \sqrt{(\partial P / \partial x)^2 + (\partial P / \partial y)^2}.$$

O equilíbrio das forças expresso pela Equação A.9 é chamado equilíbrio geostrófico e o movimento resultante, corrente geostrófica.

Em lugar de representar o campo de pressão horizontal por isóbaras sobre uma carta isobárica, é mais comum em oceanografia traçar a topografia dinâmica das superfícies isobáricas. Se a Equação A.9 é combinada com a equação hidrostática, $\partial P / \partial z = \rho g$, a profundidade dinâmica D de uma dada superfície isobárica pode ser introduzida segundo a equação:

$$\partial P = \rho(\partial(gz)), \quad (\text{A.10})$$

$$\partial P = \rho(\partial D),$$

onde:

P - pressão é dada em decibar (dbar),

D - profundidade dinâmica, em metro dinâmico (m din).

Da Equação A.9 segue-se que:

$$V = \frac{\partial D}{\partial L} \frac{1}{2\omega \operatorname{sen}(\theta)}. \quad (\text{A.11})$$

De acordo com Neumann e Pierson (1966) a Equação A.11, deduzida a partir da equação geral do movimento, é equivalente à equação

de Sanström e Helland-Hansen (Equação A.12), deduzida em 1903 a partir do Teorema da Circulação de Bjerknes. Nessa equação, as diferenciais do segundo membro da Equação A.11 são substituídas pelos acrêscimos fi nitos:

$$V = \frac{(\Delta D_A - \Delta D_B)}{(2\omega \text{ sen}(\vartheta)) L}, \quad (\text{A.12})$$

onde:

$\Delta D_A - \Delta D_B$ - diferença entre as anomalias da profundidade dinâmica, em relação a uma mesma superfície isobárica, de duas estações oceanográficas A e B separadas por uma distância L;

$2\omega \text{ sen } \vartheta$ - parâmetro de Coriolis, para a latitude geográfica mê dia das duas estações.

Para o cálculo da velocidade mê dia da corrente, a Equação A.12 pode ser escrita da seguinte forma (La Fond, 1951):

$$V = \frac{c (D_A - D_B)n}{L}, \quad (\text{A.13})$$

onde:

V - velocidade mê dia da corrente para uma linha normal entre as estações A e B,

c - fator de correção para valores de latitude,

n - fator de conversão de unidade.

APÊNDICE B

RELAÇÕES ENTRE NÍVEL DIGITAL/TEMPERATURA EQUIVALENTE DE CORPO NEGRO (°C, °F, °K) - VISSR/SMS-2

O canal infravermelho termal (10,5 - 12,6 μm) tem 8 *bits* de resolução, correspondendo a 256 níveis digitais (0 - 255). O produto do instrumento é em escalas de volts para um intervalo entre 0 e 5 volts. A calibração do alvo no campo de visada é realizada a bordo do satélite. Depois da calibração sobre o terreno os dados são convertidos em dígitos, e cada valor de nível digital corresponde a um valor nominal de temperatura equivalente de Corpo Negro (T_{CN}). As seguintes equações são usadas para converter o nível digital em valores de T_{CN} :

$$C = T - 164 \quad (\text{ou } T = C + 164) \quad \text{para } 163^{\circ}\text{K} < T < 242^{\circ}\text{K}, \quad (\text{B.1})$$
$$(0 < C < 78),$$

$$C = 2T - 406 \quad (\text{ou } T = (C + 406)/2) \quad \text{para } 242^{\circ}\text{K} < T < 330^{\circ}\text{K}, \quad (\text{B.2})$$
$$(78 < C < 255),$$

$$C_{\text{out}} = 254 - C \quad (\text{B.1 ou B.2}),$$

onde:

C - contagem digital;

T - graus Kelvin;

C_{out} - inverte níveis digitais com registro claro (alto nível digital), correspondendo a temperaturas frias (alto nível digital); e níveis digitais com registro escuro (baixo nível digital), correspondendo a temperaturas frias (baixo nível digital).

A Tabela B.1 mostra as relações entre contagem digital e temperatura equivalente de Corpo Negro, segundo Sickler e Thompson (1979).

TABELA B.1

CONTAGEM DIGITAL/TEMPERATURA EQUIVALENTE DE CORPO NEGRO

| COUNT VALUE | SELVIN | CENTIGRADE | FARENHEIT | COUNT VALUE | SELVIN | CENTIGRADE | FARENHEIT | COUNT VALUE | SELVIN | CENTIGRADE | FARENHEIT | COUNT VALUE | SELVIN | CENTIGRADE | FARENHEIT |
|-------------|--------|------------|-----------|-------------|--------|------------|-----------|-------------|--------|------------|-----------|-------------|--------|------------|-----------|
| 000 | 312.0 | 56.8 | 134.3 | 051 | 304.5 | 31.3 | 88.4 | 112 | 279.0 | 5.9 | 43.5 | 153 | 253.5 | -19.7 | 1.1 |
| 001 | 313.0 | 56.8 | 134.4 | 052 | 305.5 | 30.8 | 88.5 | 113 | 279.5 | 5.3 | 43.6 | 154 | 253.5 | -19.5 | 1.1 |
| 002 | 314.0 | 55.5 | 131.9 | 053 | 306.0 | 30.3 | 88.6 | 114 | 279.5 | 4.8 | 43.7 | 155 | 252.5 | -20.7 | 1.1 |
| 003 | 315.0 | 55.5 | 132.0 | 054 | 307.0 | 29.8 | 88.7 | 115 | 279.5 | 4.3 | 43.8 | 156 | 252.5 | -21.2 | 1.1 |
| 004 | 316.0 | 54.2 | 130.7 | 055 | 307.5 | 29.3 | 88.8 | 116 | 279.5 | 3.8 | 43.9 | 157 | 251.5 | -21.7 | 1.1 |
| 005 | 317.0 | 54.2 | 130.8 | 056 | 308.0 | 28.6 | 88.9 | 117 | 279.5 | 3.3 | 44.0 | 158 | 251.5 | -22.2 | 1.1 |
| 006 | 318.0 | 53.0 | 128.9 | 057 | 308.5 | 28.0 | 89.0 | 118 | 279.5 | 2.8 | 44.1 | 159 | 250.5 | -22.7 | 1.1 |
| 007 | 319.0 | 53.0 | 129.0 | 058 | 309.0 | 27.5 | 89.1 | 119 | 279.5 | 2.3 | 44.2 | 160 | 250.5 | -23.2 | 1.1 |
| 008 | 320.0 | 51.8 | 127.1 | 059 | 309.5 | 27.0 | 89.2 | 120 | 279.5 | 1.8 | 44.3 | 161 | 249.5 | -23.7 | 1.1 |
| 009 | 321.0 | 51.8 | 127.2 | 060 | 310.0 | 26.5 | 89.3 | 121 | 279.5 | 1.3 | 44.4 | 162 | 249.5 | -24.2 | 1.1 |
| 010 | 322.0 | 50.5 | 125.3 | 061 | 310.5 | 26.0 | 89.4 | 122 | 279.5 | .8 | 44.5 | 163 | 249.5 | -24.7 | 1.1 |
| 011 | 323.0 | 50.5 | 125.4 | 062 | 311.0 | 25.5 | 89.5 | 123 | 279.5 | .3 | 44.6 | 164 | 248.5 | -25.2 | 1.1 |
| 012 | 324.0 | 49.3 | 123.5 | 063 | 311.5 | 25.0 | 89.6 | 124 | 279.5 | -.2 | 44.7 | 165 | 248.5 | -25.7 | 1.1 |
| 013 | 325.0 | 49.3 | 123.6 | 064 | 312.0 | 24.5 | 89.7 | 125 | 279.5 | -.7 | 44.8 | 166 | 247.5 | -26.2 | 1.1 |
| 014 | 326.0 | 48.0 | 121.7 | 065 | 312.5 | 24.0 | 89.8 | 126 | 279.5 | -1.2 | 44.9 | 167 | 247.5 | -26.7 | 1.1 |
| 015 | 327.0 | 48.0 | 121.8 | 066 | 313.0 | 23.5 | 89.9 | 127 | 279.5 | -1.7 | 45.0 | 168 | 246.5 | -27.2 | 1.1 |
| 016 | 328.0 | 46.8 | 119.9 | 067 | 313.5 | 23.0 | 90.0 | 128 | 279.5 | -2.2 | 45.1 | 169 | 246.5 | -27.7 | 1.1 |
| 017 | 329.0 | 46.8 | 120.0 | 068 | 314.0 | 22.5 | 90.1 | 129 | 279.5 | -2.7 | 45.2 | 170 | 245.5 | -28.2 | 1.1 |
| 018 | 330.0 | 45.5 | 118.1 | 069 | 314.5 | 22.0 | 90.2 | 130 | 279.5 | -3.2 | 45.3 | 171 | 245.5 | -28.7 | 1.1 |
| 019 | 331.0 | 45.5 | 118.2 | 070 | 315.0 | 21.5 | 90.3 | 131 | 279.5 | -3.7 | 45.4 | 172 | 244.5 | -29.2 | 1.1 |
| 020 | 332.0 | 44.2 | 116.3 | 071 | 315.5 | 21.0 | 90.4 | 132 | 279.5 | -4.2 | 45.5 | 173 | 244.5 | -29.7 | 1.1 |
| 021 | 333.0 | 44.2 | 116.4 | 072 | 316.0 | 20.5 | 90.5 | 133 | 279.5 | -4.7 | 45.6 | 174 | 243.5 | -30.2 | 1.1 |
| 022 | 334.0 | 43.0 | 114.5 | 073 | 316.5 | 20.0 | 90.6 | 134 | 279.5 | -5.2 | 45.7 | 175 | 242.5 | -30.7 | 1.1 |
| 023 | 335.0 | 43.0 | 114.6 | 074 | 317.0 | 19.5 | 90.7 | 135 | 279.5 | -5.7 | 45.8 | 176 | 242.5 | -31.2 | 1.1 |
| 024 | 336.0 | 41.8 | 112.7 | 075 | 317.5 | 19.0 | 90.8 | 136 | 279.5 | -6.2 | 45.9 | 177 | 241.5 | -31.7 | 1.1 |
| 025 | 337.0 | 41.8 | 112.8 | 076 | 318.0 | 18.5 | 90.9 | 137 | 279.5 | -6.7 | 46.0 | 178 | 241.5 | -32.2 | 1.1 |
| 026 | 338.0 | 40.5 | 110.9 | 077 | 318.5 | 18.0 | 91.0 | 138 | 279.5 | -7.2 | 46.1 | 179 | 240.5 | -32.7 | 1.1 |
| 027 | 339.0 | 40.5 | 111.0 | 078 | 319.0 | 17.5 | 91.1 | 139 | 279.5 | -7.7 | 46.2 | 180 | 240.5 | -33.2 | 1.1 |
| 028 | 340.0 | 39.3 | 109.1 | 079 | 319.5 | 17.0 | 91.2 | 140 | 279.5 | -8.2 | 46.3 | 181 | 239.5 | -33.7 | 1.1 |
| 029 | 341.0 | 39.3 | 109.2 | 080 | 320.0 | 16.5 | 91.3 | 141 | 279.5 | -8.7 | 46.4 | 182 | 239.5 | -34.2 | 1.1 |
| 030 | 342.0 | 38.0 | 107.3 | 081 | 320.5 | 16.0 | 91.4 | 142 | 279.5 | -9.2 | 46.5 | 183 | 238.5 | -34.7 | 1.1 |
| 031 | 343.0 | 38.0 | 107.4 | 082 | 321.0 | 15.5 | 91.5 | 143 | 279.5 | -9.7 | 46.6 | 184 | 238.5 | -35.2 | 1.1 |
| 032 | 344.0 | 36.8 | 105.5 | 083 | 321.5 | 15.0 | 91.6 | 144 | 279.5 | -10.2 | 46.7 | 185 | 237.5 | -35.7 | 1.1 |
| 033 | 345.0 | 36.8 | 105.6 | 084 | 322.0 | 14.5 | 91.7 | 145 | 279.5 | -10.7 | 46.8 | 186 | 237.5 | -36.2 | 1.1 |
| 034 | 346.0 | 35.5 | 103.7 | 085 | 322.5 | 14.0 | 91.8 | 146 | 279.5 | -11.2 | 46.9 | 187 | 236.5 | -36.7 | 1.1 |
| 035 | 347.0 | 35.5 | 103.8 | 086 | 323.0 | 13.5 | 91.9 | 147 | 279.5 | -11.7 | 47.0 | 188 | 236.5 | -37.2 | 1.1 |
| 036 | 348.0 | 34.2 | 101.9 | 087 | 323.5 | 13.0 | 92.0 | 148 | 279.5 | -12.2 | 47.1 | 189 | 235.5 | -37.7 | 1.1 |
| 037 | 349.0 | 34.2 | 102.0 | 088 | 324.0 | 12.5 | 92.1 | 149 | 279.5 | -12.7 | 47.2 | 190 | 235.5 | -38.2 | 1.1 |
| 038 | 350.0 | 33.0 | 100.1 | 089 | 324.5 | 12.0 | 92.2 | 150 | 279.5 | -13.2 | 47.3 | 191 | 234.5 | -38.7 | 1.1 |
| 039 | 351.0 | 33.0 | 100.2 | 090 | 325.0 | 11.5 | 92.3 | 151 | 279.5 | -13.7 | 47.4 | 192 | 234.5 | -39.2 | 1.1 |
| 040 | 352.0 | 31.8 | 98.3 | 091 | 325.5 | 11.0 | 92.4 | 152 | 279.5 | -14.2 | 47.5 | 193 | 233.5 | -39.7 | 1.1 |
| 041 | 353.0 | 31.8 | 98.4 | 092 | 326.0 | 10.5 | 92.5 | 153 | 279.5 | -14.7 | 47.6 | 194 | 233.5 | -40.2 | 1.1 |
| 042 | 354.0 | 30.5 | 96.5 | 093 | 326.5 | 10.0 | 92.6 | 154 | 279.5 | -15.2 | 47.7 | 195 | 232.5 | -40.7 | 1.1 |
| 043 | 355.0 | 30.5 | 96.6 | 094 | 327.0 | 9.5 | 92.7 | 155 | 279.5 | -15.7 | 47.8 | 196 | 232.5 | -41.2 | 1.1 |
| 044 | 356.0 | 29.3 | 94.7 | 095 | 327.5 | 9.0 | 92.8 | 156 | 279.5 | -16.2 | 47.9 | 197 | 231.5 | -41.7 | 1.1 |
| 045 | 357.0 | 29.3 | 94.8 | 096 | 328.0 | 8.5 | 92.9 | 157 | 279.5 | -16.7 | 48.0 | 198 | 231.5 | -42.2 | 1.1 |
| 046 | 358.0 | 28.0 | 92.9 | 097 | 328.5 | 8.0 | 93.0 | 158 | 279.5 | -17.2 | 48.1 | 199 | 230.5 | -42.7 | 1.1 |
| 047 | 359.0 | 28.0 | 93.0 | 098 | 329.0 | 7.5 | 93.1 | 159 | 279.5 | -17.7 | 48.2 | 200 | 230.5 | -43.2 | 1.1 |
| 048 | 360.0 | 26.8 | 91.1 | 099 | 329.5 | 7.0 | 93.2 | 160 | 279.5 | -18.2 | 48.3 | 201 | 229.5 | -43.7 | 1.1 |
| 049 | 361.0 | 26.8 | 91.2 | 100 | 330.0 | 6.5 | 93.3 | 161 | 279.5 | -18.7 | 48.4 | 202 | 229.5 | -44.2 | 1.1 |
| 050 | 362.0 | 25.5 | 89.3 | 101 | 330.5 | 6.0 | 93.4 | 162 | 279.5 | -19.2 | 48.5 | 203 | 228.5 | -44.7 | 1.1 |

FONTE: Sickler and Thompson (1979).