

CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS E SEDIMENTOLÓGICAS DE TRECHO DO
LITORAL SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Virgilio Lopardi Bomtempo

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE
JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA OCEÂNICA

Aprovada

Prof. Paulo Cesar Colonna Rosman, Ph.D.

Prof. Elói Melo Filho, Ph.D.

Prof. Belmiro Mendes de Castro Filho, Ph.D.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Abril de 1991

BOMTEMPO, VIRGILIO LOPARDI

Características Hidráulicas e Sedimentológicas de Trecho do Litoral Sul do Estado de São Paulo (Rio de Janeiro) 1991.

XIX, 302p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Oceânica, 1991)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE 1.

I. COPPE/UFRJ

II. Título (série)

A meus pais,
Lúcia e Jonas

A meus irmãos,
Virginia e João

A minha família
Nina, Luis Fernando e Larissa

Este trabalho foi realizado nas instalações do
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN
da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN

AGRADECIMENTOS

Foram cerca de cinco anos de trabalhos de campo, penosos, duros, sujeitos a chuvas, ventos, frio, enjões e pernilongos. Não entanto o objetivo a que nos propusemos, qual seja o de estudar em detalhe o trecho de costa entre o Porto do Una e a Juréia, foi plenamente alcançado.

Para tal empreitada colaboraram muitos amigos de Peruibe e outros tantos da praia, além dos tripulantes dos diversos barcos utilizados nos estudos. A eles, a seu esforço e cooperação, dedico este trabalho.

Muitos colegas do CDTN estiveram envolvidos nos trabalhos de campo, na manutenção dos equipamentos, no tratamento dos dados, na elaboração dos relatórios que serviram de base para o presente trabalho. A eles, à sua dedicação, seu entusiasmo, sua inteligência, também dedico este trabalho.

Contribuíram sobretudo na edição e montagem deste volume os colegas de trabalho Luiz Aun, Cláudia, Vera Lúcia e José Olympio.

Um agradecimento muito especial ao Pedro Aun, pela revisão do texto e comentários, e ao Jefferson, pelas discussões e sugestões para a melhoria de sua qualidade técnica.

Finalmente, agradeço ao Prof. Paulo César Colonna Rosman a orientação deste trabalho.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS E SEDIMENTOLÓGICAS DE TRECHO DO LITORAL SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Virgílio Lopardi Bomtempo

ABRIL, 1991

Orientador: Prof. Paulo Cesar Colonna Rosman

Programa: Engenharia Oceânica

A escolha de um local para a construção de uma instalação nuclear é um processo elaborado, composto de várias etapas, sucessivas e complementares, em que são realizados estudos multi-disciplinares que objetivam a construção de uma instalação econômica e segura, para o público e para o meio ambiente.

Centrais núcleo-elétricas necessitam de grandes quantidades de água para refrigeração em seus condensadores e, por este motivo, são frequentemente construídas em áreas costeiras.

Sendo este o caso, aos estudos básicos de local realizados (geografia, topografia, meteorologia, geologia, geotecnia, impacto ambiental, entre outros) são acrescentados

levantamentos que contemplam o conhecimento do comportamento hidráulico e sedimentológico do corpo d'água afetado e as implicações das obras nas áreas circunvizinhas.

O presente trabalho trata dos estudos hidráulico-sedimentológicos realizados na região costeira do Estado de São Paulo, no trecho de litoral entre os municípios de Peruibe e Iguape, nos anos de 1981 a 1986, por solicitação da Nuclebrás Engenharia S.A. - NUCLEN, responsável pelos projetos de engenharia de centrais nucleares no Brasil.

Grande parte dos estudos foi realizada por técnicos do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear-CDTN, que à época pertencia às Empresas Nucleares Brasileiras S.A.-NUCLEBRAS e hoje é um dos Institutos de pesquisa e desenvolvimento da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN.

Os principais estudos realizados compreenderam meteorologia, fluviometria, maregrafia, agitação marítima, parâmetros físico-químicos da água do mar, correntometria, batimetria, sedimentologia, morfologia costeira, dispersão de efluentes térmicos.

Este trabalho procura reunir, comentar, analisar e sintetizar os dados colhidos no período dos estudos, estabelecendo relações de causa e efeito e apresentando-os de uma forma compreensiva, de modo a proceder a uma caracterização ampla do trecho de costa em consideração.

Acredita-se que o trabalho tenha ainda uma outra utilidade, ao fornecer aos diversos órgãos interessados em estudos oceanográficos e ambientais, bem como a qualquer outro segmento da sociedade, informações técnicas detalhadas e abrangentes sobre um trecho do litoral brasileiro ainda pouco conhecido, apesar de extremamente belo.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment
of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

HYDRAULIC AND SEDIMENTOLOGICAL FEATURES OF A STRETCH OF THE
SOUTHERN COAST OF THE STATE OF SAO PAULO

Virgilio Lopardi Bomtempo

APRIL, 1991

Thesis Supervisor: Paulo Cesar Colonna Rosman

Department: Oceanic Engineering

The selection of a site for any nuclear installation is an elaborate process, comprising several successive and complementary steps, in which multi-disciplinary studies are carried out, aiming at the construction of an installation which is economical and safe to the public and to the environment.

Nuclear power plants need large amounts of water for refrigeration in their condensers; for this reason they are usually built in coastal areas.

That being the case, to the basic site selection studies necessary (geography, topography, meteorology, geology, geotechnical studies, environmental impact, among others) some are added so to characterize the hydraulic and sedimentological

behaviour of the water body and the impact of the planned installations upon the neighboring areas.

This work is concerned with the hydrological and sedimentological studies in the southern coast of the State of São Paulo, in particular its stretch between Peruibe and Iguape. The studies were realized from 1981 to 1986, contracted by Nuclebrás Engenharia S.A.-NUCLEN, the State owned Company in charge of planning the construction of nuclear power plants in Brazil.

Most of the field and office work was carried out by Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear-CDTN which, at that time, belonged to Empresas Nucleares Brasileiras S.A.-NUCLEBRAS and is presently one of the Institutes for research and development of Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN.

The most distinctive studies then realized comprised meteorology, flow rate measurements, tides, wave climate, physical and chemical parameters of sea water (temperature, salinity, density), currents, bottom surveying, sedimentology, coastal morphology, dispersion of thermal effluents.

It is the main objective of the present work to catalog, to comment, to analyze all data collected, trying to establish cause-effect relationships and to present all data in a global way, so to proceed to a detailed characterization of this part of the Brazilian coast.

It is believed that the present work has still another important objective, which is to provide to professionals concerned with oceanographical and environmental matters, as well as to other segments of the community, access to detailed and comprehensive technical information about a stretch of the Brazilian coast still quite unknown, although extremely impressive.

INDICE

LISTA DE FIGURAS	PAGINA
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - LEVANTAMENTOS PRELIMINARES	6
2.1 - Descrição da área estudada	6
2.2 - Resumo da análise dos dados históricos	13
2.2.1 - Ventos	13
2.2.2 - Temperatura da água do mar	14
2.2.3 - Salinidade	16
2.2.4 - Temperatura do ar e pressão atmosférica	17
2.2.5 - Ondas	18
2.2.6 - Marés	19
2.2.7 - Correntes ao largo	20
2.2.8 - Sedimentos	21
2.3 - Resumo da análise dos dados da campanha preliminar	21
2.3.1 - Ventos	22
2.3.2 - Temperatura, salinidade e condutividade	25
2.3.3 - Marés	26
2.3.4 - Correntes	26
2.3.4.1 - Medições a correntógrafo	26
2.3.4.2 - Medições a correntômetro	31
2.3.5 - Sedimentos	33
2.4 - Recomendações	36

3 - VENTOS	39
3.1 - Coleta dos dados	41
3.2 - Tratamento dos dados	42
3.3 - Resultados	43
4 - TEMPERATURA, SALINIDADE E DENSIDADE	55
4.1 - Coleta dos dados	60
4.2 - Tratamento dos dados	64
4.3 - Resultados	64
5 - ONDAS	87
5.1 - Coleta dos dados	89
5.2 - Tratamento dos dados	92
5.3 - Resultados	96
5.3.1 - Resultados de 1982	101
5.3.2 - Resultados de 1983	104
5.3.3 - Resultados de 1984	110
5.3.4 - Resultados de 1985	115
5.3.5 - Resultados de análise espectral	117
6 - MARES	121
6.1 - Coleta dos dados	129
6.2 - Tratamento dos dados	130
6.3 - Resultados	130
6.3.1 - Resultados para a barra do Rio Peruibe	131
6.3.2 - Resultados para a Ilha do Guaraú	135

7 - CORRENTES	147
7.1 - Coleta dos dados	150
7.2 - Tratamento dos dados	151
7.3 - Resultados	153
7.3.1 - Resultados a correntômetro	153
7.3.2 - Resultados a correntôgrafo	169
7.3.3 - Resultados dos estudos com cartões de deriva	178
7.3.3.1 - Resultados da campanha de verão	178
7.3.3.2 - Resultados da campanha de inverno	188
7.4 - Estudo da dispersão oceânica	199
7.4.1 - Resumo da metodologia dos traçadores	200
7.4.2 - Redução dos dados	203
7.4.3 - Trabalhos de campo	205
7.4.3.1 - Resultados da campanha de verão	205
7.4.3.2 - Resultados da campanha de inverno	213
8 - ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS	223
8.1 - Sedimentos de fundo	225
8.1.1 - Campanha de verão	225
8.1.2 - Campanha de inverno	227
8.1.3 - Resultados	227
8.2 - Perfis de praia	229
8.2.1 - Metodologia	230
8.2.2 - Resultados	232
8.3 - Transporte de sedimentos	245
8.3.1 - Transporte junto ao fundo	247
8.3.1.1 - Cálculo da vazão mássica	248
8.3.1.1.1 - Método do balanço das taxas de contagem	250

7 - CORRENTES	147
7.1 - Coleta dos dados	150
7.2 - Tratamento dos dados	151
7.3 - Resultados	153
7.3.1 - Resultados a correntômetro	153
7.3.2 - Resultados a correntôgrafo	169
7.3.3 - Resultados dos estudos com cartões de deriva	178
7.3.3.1 - Resultados da campanha de verão	178
7.3.3.2 - Resultados da campanha de inverno	188
7.4 - Estudo da dispersão oceânica	199
7.4.1 - Resumo da metodologia dos traçadores	200
7.4.2 - Redução dos dados	203
7.4.3 - Trabalhos de campo	205
7.4.3.1 - Resultados da campanha de verão	205
7.4.3.2 - Resultados da campanha de inverno	213
8 - ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS	223
8.1 - Sedimentos de fundo	225
8.1.1 - Campanha de verão	225
8.1.2 - Campanha de inverno	227
8.1.3 - Resultados	227
8.2 - Perfis de praia	229
8.2.1 - Metodologia	230
8.2.2 - Resultados	232
8.3 - Transporte de sedimentos	245
8.3.1 - Transporte junto ao fundo	247
8.3.1.1 - Cálculo da vazão mássica	248
8.3.1.1.1 - Método do balanço das taxas de contagem	250

8.3.1.1.2 - Trabalhos de campo e tratamento dos dados	252
8.3.2 - Resultados	258
8.3.2.1 - Resultados da primeira injeção(23/02/82)	261
8.3.2.2 - Resultados da segunda injeção(23/08/82)	269
8.3.2.2 - Resultados da terceira injeção(25/08/82)	272
8.4 - Transporte litorâneo	275
8.4.1 - Modelo de Castanho	276
8.4.2 - Modelo de Caldwell	277
8.4.3 - Resultados	278
9 - CONCLUSOES E SUGESTOES	283
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	298

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
2.1 - Area do estudo	7
2.2 - Pontos de medição de correntes, salinidade, temperatura, ventos e ondas	24
2.3 - Direção da corrente em função da fase de maré	28
2.4 - Diagramas de correntes em P1 e P2	30
2.5 - Velocidades residuais a correntômetro (P1 e P2)	32
2.6 - Amostrador de copo com haste pivotada	34
3.1 - Distribuição anual dos ventos reinantes e dominantes	47
4.1 - Planilha utilizada para anotação dos dados de perfis verticais	63
4.2 - Variação sazonal dos valores médios de temperatura em P3, P4, P6, P7	78
5.1 - Nova região de observação de direções de ondas	91
5.2 - Frequência de ocorrência de valores de T_z e de direção de incidência de ondas	106
5.3 - Frequência de ocorrência de parâmetros de altura de ondas	107
6.1 - Localização dos marégrafos utilizados nos estudos	123
6.2 - Diagrama de níveis da estação maregráfica de Peruibe	125
6.3 - Diagrama de níveis da estação maregráfica da Ilha do Guaraú (DHN)	126

6.4 - Diagrama de níveis da estação maregráfica da Ilha do Guaraú (CDTN)	128
6.5 - Comparação entre amplitudes de maré previstas (P) e registradas (R) na Ilha do Guaraú - 29/01 a 12/02/83	142
7.1 - Frequência de ocorrência de direções independentemente da intensidade (Maio/82)	156
7.2 - Frequência de ocorrência de direções independentemente da intensidade (Junho/82)	157
7.3 - Frequência de ocorrência de direções independentemente da intensidade (Julho/82)	158
7.4 - Frequência de ocorrência de direções independentemente da intensidade (Agosto/82)	159
7.5 - Frequência de ocorrência de direções independentemente da intensidade (Setembro/82)	160
7.6 - Frequência de ocorrência de direções independentemente da intensidade (Outubro/82)	161
7.7 - Frequência de ocorrência de direções independentemente da intensidade (Novembro/82)	162
7.8 - Frequência de ocorrência de direções independentemente da intensidade (Dezembro/82)	163
7.9 - Diagramas de correntes em P4 (vazante e enchente)	172
7.10 - Diagramas de correntes em P4 (ciclo completo)	173
7.11 - Diagramas de correntes em P5 (vazante, enchente e ciclo completo)	174
7.12 - Trajetórias dos cartões de deriva (26/02/83)	182
7.13 - Distribuição dos cartões de deriva lançados e recolhidos na praia no mesmo dia do lançamento - Campanha de verão	183
7.14 - Trajetórias dos cartões de deriva e da nuvem radioativa em 01/03/83	184
7.15 - Trajetórias dos cartões de deriva e da nuvem radioativa em 03/03/83	186
7.16 - Trajetórias dos cartões de deriva e da nuvem radioativa em 05/03/83	187

7.17 - Trajetórias dos cartões de deriva e da nuvem radioativa em 20/08/83	190
7.18 - Distribuição dos cartões de deriva lançados e recolhidos na praia no mesmo dia do lançamento-Campanha de inverno	191
7.19 - Estudos com cartões de deriva e traçador (23/08/83)	193
7.20 - Estudos de corrente (24/08/83)	195
7.21 - Estudo de correntes na zona de arrebentação	196
7.22 - Trajetórias dos cartões de deriva e da nuvem radioativa em 27/08/83	198
7.23 - Primeira detecção-Trajectoria do traçador (25/02/83)	206
7.24 - Segunda detecção-Trajectoria do traçador (01/03/83)	208
7.25 - Terceira detecção-Trajectoria do traçador (03/03/83)	209
7.26 - Quarta detecção-Trajectoria do traçador (05/03/83)	211
7.27 - Primeira detecção-Trajectoria do traçador (20/08/83)	215
7.28 - Segunda detecção-Trajectoria do traçador (23/08/83)	216
7.29 - Terceira detecção-Trajectoria do traçador (25/08/83)	217
7.30 - Quarta detecção-Trajectoria do traçador (27/08/83)	219
7.31 - Comparação dos coeficientes de dispersão (D) com valores da literatura mundial e outros experimentos do CDTN	222
8.1 - Rede de coleta de amostras de sedimentos da superfície do fundo	226
8.2 - Limites geométricos para cálculo de declividades de perfis de praia e para cubatura de volumes assoreados ou erodidos (sem escala)	233
8.3 - Assoreamento e erosão na Praia da Juréia	234
8.4 - Assoreamento e erosão na Praia do Rio Verde	235
8.5 - Assoreamento e erosão na Praia do Una - I	236
8.6 - Assoreamento e erosão na Praia do Una - II	237
8.7 - Pontos de injeção (verão e inverno). Atividade natural do fundo	259

8.8 - Curvas de isocontagens para a detecção de 25/02/82	264
8.9 - Curvas de isocontagens para a detecção de 18/04/82	265
8.10 - Curvas de isocontagens para a detecção de 08/06/82	267

1 - INTRODUÇÃO

O processo de escolha de um local para a construção de uma instalação nuclear é composto de várias etapas, sucessivas e complementares, em que os estudos específicos de avaliação serão gradativamente mais restritivos e detalhados.

O objetivo é obter-se uma instalação segura, construída utilizando soluções econômicas de engenharia, e que possua características adequadas de segurança para o público e o meio ambiente.

Tudo começa com a seleção da região de interesse, área geográfica extensa que, por motivos políticos, técnico-econômicos, sociais, se veja na condição de receber a instalação.

Na região de interesse são escolhidas áreas de interesse. Para esta escolha os fatores de seleção (fatores a serem considerados na identificação, seleção e avaliação de locais para plantas nucleares) são avaliados segundo critérios de exclusão de áreas. Partindo-se das áreas de interesse, e utilizando-se fatores de seleção avaliados segundo critérios de cotejo técnico chega-se aos locais candidatos. Estes, por sua vez, são avaliados segundo critérios de cotejo técnico-econômico, dos quais resultam os locais propostos para a instalação [1].

Este local (ou locais) deverá ser submetido à aprovação do órgão fiscalizador/licenciador de instalações nucleares no país, no caso a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN.

Partindo-se de um conjunto de premissas básicas que nortearão a investigação e a seleção dos locais propostos, cada etapa do processo contempla, pelo menos, o conhecimento dos seguintes itens (2):

- geografia e demografia;
- topografia, meteorologia, hidrologia;
- geologia, geotecnia, sismologia;
- instalações industriais, militares e de transporte;
- impactos ambientais da construção e operação.

Cada um dos itens é levantado seguindo-se padrões, normas e especificações técnicas mundialmente aceitos, com as necessárias adaptações para atender problemas específicos de determinados locais.

As centrais núcleo-elétricas têm necessidade de grandes volumes de água de refrigeração em seus condensadores. Por este motivo são geralmente construídas junto a corpos d'água de grande porte, como grandes lagos, rios volumosos, baías, estuários e outras áreas costeiras.

Se for prevista a construção da central numa área costeira, aos itens de avaliação acima mencionados serão acrescentados estudos de hidráulica marítima e de engenharia de costas, com os objetivos principais de (3):

- caracterizar o campo de correntes na área;
- caracterizar o clima de ondas;
- conhecer a topografia do fundo, sua constituição sedimentar e a dinâmica do transporte de sedimentos;
- estudar os aspectos envolvidos na construção da tomada e da descarga de água da central, incluindo-se a possibilidade de ocorrer recirculação ou poluição térmica na área;
- avaliar tecnicamente as obras de proteção necessárias à central nuclear (incluindo-se instalações portuárias), bem como o impacto destas obras na configuração da costa;
- estabelecer a cota de segurança para as instalações, com base no conhecimento dos níveis máximos do plano d'água;
- levantar parâmetros físicos, químicos e biológicos da área em questão, para caracterização de uma condição ambiental pré-operacional a ser tomada como referência para avaliação de futuros impactos.

O presente trabalho trata especificamente dos estudos hidráulico-sedimentológicos que foram realizados na região costeira do Estado de São Paulo, no trecho do litoral entre os municípios de Peruibe e Iguape, nos anos de 1981 a 1985.

Os principais estudos realizados compreenderam a monitoração de direção e intensidade de ventos, pluviometria, fluviometria, maregrafia, clima de ondas, parâmetros físico-químicos da água (temperatura, condutividade, salinidade), correntometria, batimetria, sedimentologia (caracterização

sedimentar da superfície do fundo e transporte de sedimentos por arraste junto ao fundo, ao largo da arrebentação), variação de perfis de praia, estudo do transporte litorâneo, modelagem da dispersão térmica.

Serão comentados e revistos os dados colhidos, o modo como foram obtidos, as formas de redução e tratamento e as conclusões pertinentes.

O trabalho procurará fazer uma síntese, de caráter prático e objetivo, de toda a enorme massa de dados colhidos durante o período de duração dos trabalhos de campo, dados estes que foram sucessivamente apresentados em 11 relatórios técnicos, diversas notas técnicas e comunicados específicos.

Acredita-se que um trabalho deste tipo que reúna, sintetize e analise um número de dados tão grande, obtidos de modo sistemático ao longo de cinco anos em um trecho da costa brasileira nunca antes estudado em detalhes, tenha uma utilidade que transcenda o objetivo restrito inicial de caracterização deste trecho da costa no âmbito dos estudos de implantação de centrais nucleares, qual seja a de legar aos diversos órgãos interessados em estudos oceanográficos e ambientais, informações técnicas específicas do local, numa forma detalhada mas prática, e que certamente contribuirão para aumentar um pouco o conhecimento que temos sobre o litoral brasileiro.

E bom ressaltar que este trecho da costa tornou-se, certamente, um dos mais bem estudados do litoral brasileiro, em

seus aspectos hidráulicos e sedimentológicos.

Grande parte do trabalho foi realizada por técnicos do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN que, na época dos estudos, pertencia às Empresas Nucleares Brasileiras S.A. - NUCLEBRAS, e hoje é um dos Institutos de pesquisa e desenvolvimento da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN.

2 - LEVANTAMENTOS PRELIMINARES

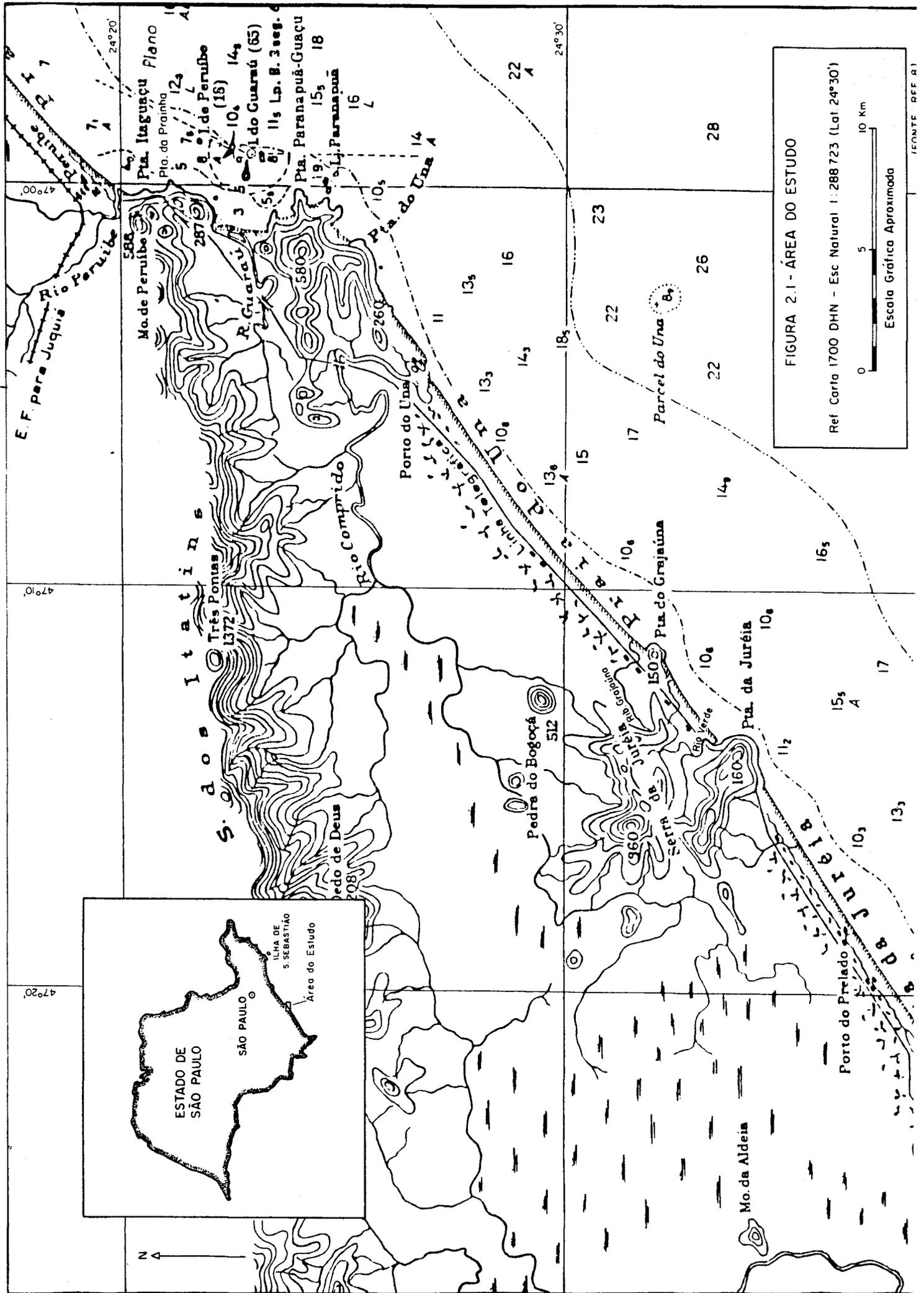
Os primeiros trabalhos concentraram-se na pesquisa de dados e informações técnicas já disponíveis, referentes à área em estudo. Os parâmetros pesquisados foram: temperatura e salinidade da água do mar, características ondulatórias, dados meteorológicos, geográficos, características de correntes e marés.

A seguir foi realizada uma campanha de coleta de dados oceanográficos, de curta duração, entre os dias 22 de junho e 01 de julho de 1981. As atividades desenvolvidas nesta campanha foram, em resumo: medições de corrente, salinidade, condutividade, temperatura, marés, ventos e amostragem do sedimento de fundo ao largo da arrebentação e no estirâncio da praia.

Os resultados destes trabalhos preliminares forneceram valiosos subsídios para o planejamento das campanhas posteriores de medições, de prazo mais longo e mais detalhadas tecnicamente, e cujo objetivo final era fornecer os dados que balizariam os projetos de engenharia das instalações previstas para a área.

2.1 - Descrição da área estudada

A área costeira estudada fica na região sul do Estado de São Paulo, entre os municípios de Peruibe, a NE e Iguape, a SW (Figura 2.1).



Apesar de distar somente cerca de cento e cinquenta quilômetros da cidade de São Paulo, é uma região pobre, relativamente desassistida de serviços públicos, cuja economia se baseia no extrativismo vegetal, na produção agrícola e numa indústria de transformação incipiente, além da pesca e do turismo.

Na faixa litorânea de interesse Peruibe é, sem dúvida, o município de melhor infra-estrutura, com uma área de 329 km² (97Km² de território urbano) e população total de 19500 habitantes em 1980. Em período de férias, devido à atração que exerce como polo de turismo, por sua condição de estância balneária, a população flutuante pode se tornar quatro a cinco vezes maior que a população fixa (4).

Entre os municípios de Peruibe e Iguape, na faixa litorânea, existem pequenas povoações de pescadores como Guaraú (atualmente em processo acelerado de urbanização), Porto do Una, Porto do Prelado, Vila da Barra do Ribeira. Os residentes nativos são conhecidos como caboclos ou caiçaras, pessoas de vida humilde que residem entre o Porto do Una e o Porto do Prelado, numa densidade demográfica baixíssima. Não há escola regular, transporte, luz elétrica, água encanada, assistência médica. Os hábitos alimentares são simples (arroz, feijão, farinha de mandioca, peixe).

As serras da região (Juréia e Itatins) e seus contrafortes são recobertos por matas tropicais remanescentes da Mata

Atlântica (que originalmente se estendia ao longo de quase todo o litoral brasileiro) e compõem hoje uma das maiores reservas florestais nativas do Brasil. Matas densas, de árvores finas de até 5 metros de altura recobrem as áreas arenosas, alagadiças, os mangues e os brejos, que constituem cerca de 35% da região (as franjas deste tipo de vegetação, ao atingirem a faixa arenosa da praia, ao longo da qual se desenvolvem de forma bastante regular, são conhecidas como "jundu")!5!.

O clima caracteriza-se por ser quente (temperaturas médias acima de 22° C nos meses mais quentes - janeiro e fevereiro) e úmido (umidade relativa do ar geralmente acima de 80%). O regime pluviométrico é comandado pela presença do mar e a topografia íngreme das serras adjacentes (precipitações médias mensais acima de 70mm nos meses mais secos - julho e agosto, e precipitações totais anuais médias acima de 1700 mm) !6!.

A principal bacia hidrográfica é a do Rio Una do Prelado, ou Comprido, que tem seu curso inferior sob influência da maré.

Outras três bacias importantes são a do Rio Guaraú, no extremo NE da área, a bacia do Rio Verde e a bacia do Rio Grajaúna, ambas a SW da área, próximas à Serra da Juréia. Os cursos d'água que formam estas bacias apresentam-se divididos em dois grupos: aqueles de regime torrencial (que descem de cotas acima de 600m até cotas de 20m na planície litorânea) e outros em regime de escoamento lento através da baixada litorânea, frequentemente atingidos pela

penetração da maré 171.

Geologicamente a região pertence à Província Costeira do Estado de São Paulo e abrange as zonas de serranias costeiras e baixadas litorâneas. As escarpas próximas ao mar apresentam-se em estágio jovem, com perfis razoavelmente retilíneos e fortes declives. As principais serras são geralmente suportadas por granitos, gnaisses e quartzitos 151.

A região costeira onde se concentraram os estudos situa-se entre as latitudes de 24°22'S e 24°37'S e as longitudes de 46° 49'W e 47°19'W (Figura 2.1).

Esta é uma área sedimentar de praias baixas, interrompidas por afloramentos rochosos, sendo os mais importantes a Serra da Juréia, o maciço rochoso de Juquiá e o Morro do Grajaúna.

A direção geral do alinhamento da costa é de NE para SW. Partindo da extremidade NE (região da embocadura do rio Guaraú) a costa pode ser dividida nos trechos notáveis apresentados no Quadro 2.1, a seguir 181.

Quadro 2.1 - Trechos Notáveis da Costa entre Peruíbe e Iguape

Fonte: Ref. 181

Trecho	Limites	Extensão (km)	Orientação (em rel. ao NV)
Praia do Una	Morro da Pescaria (a NE) e face NE do Morro do Grajaúna (a SW)	16,8	47°30' a 54°
Costa rochosa do Grajaúna	Parte fronteira ao mar do Morro do Grajaúna	0,7 (na direção de 50°30')	-
Praia do Rio Verde	Face SW do Morro do Grajaúna (a NE) e a embocadura do Rio Verde (a SW)	4,5	50°30'
Costa rochosa da Juréia	Parte fronteira ao mar da Serra da Juréia	2,3 (na direção de 57°)	-
Praia da Juréia	Serra da Juréia (a NE) até a barra do Ribeira (a SW)	18,7	57°

Os trechos de praia são de natureza predominantemente arenosa, desde a linha de costa até a isóbata de 50 metros. Tomando como referência a Carta 1700 da DHN pode-se verificar que:

- a declividade na Praia do Una, entre as isóbatas de 0 e 10m é de 1:200; entre 10 e 20m é de 1:390;
- a declividade na Praia do Rio Verde, onde a isóbata de 10m mais se aproxima da costa, é de 1:90 entre as isóbatas de 0 a 10m, e de 1:420 entre as isóbatas de 10 e 20m;
- a declividade na Praia da Juréia é de 1:130 entre 0 e 10m, e de 1:360 entre 10 e 20m, numa perpendicular à costa partindo do Porto do Prelado.

As isóbatas de 10 e 20m são aproximadamente paralelas à costa, o mesmo acontecendo com a batimétrica de 50m na região em frente às praias.

Na altura da Ponta do Una tanto a costa como a batimétrica de 10m se infletem para N, voltando ao alinhamento NE-SW anterior a partir da extremidade SW da Praia de Peruibe.

As embocaduras dos rios Ribeira do Iguape, Verde e Una do Prelado apresentam pequenas restingas no lado NE, prolongando-se para SW. Estes rios, juntamente com o Grajaúna e o Guaraú são os principais cursos d'água a desembocarem nesta faixa de costa.

Entre a Ponta do Una e o Morro de Peruibe predominam

costas rochosas com pequenas praias de enseada. Ao largo da Praia do Guaraú, a maior delas, encontra-se a Ilha do Guaraú, único acidente costeiro a fornecer algum abrigo a embarcações nesta área.

2.2 - Resumo da análise dos dados históricos

Várias instituições e publicações foram utilizadas como fontes dos dados históricos colhidos no início dos trabalhos.

A principal destas instituições foi a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), do Ministério da Marinha, que cedeu informações do Banco Nacional de Dados Oceanográficos e dos Departamentos de Geofísica e de Hidrografia.

Foram ainda consultadas as seguintes publicações da DHN:

- Atlas de Cartas Piloto - Oceano Atlântico - de Trinidad ao Rio da Prata;
- Tábuas das Marés para o ano de 1981;
- Atlas Oceanográfico - Costa Sul do Brasil (Condições no verão de 1972) - Operação Sul - Jan - Fevereiro de 1972.

Outras fontes importantes consultadas foram as referências 191, 1101, 1111, 1121.

2.2.1 - Ventos

Na ocasião dos estudos preliminares eram escassas as informações sobre o regime de ventos locais, bastante especial

devido à presença das serras próximas à faixa litorânea, de tal sorte que a extrapolação de dados colhidos em locais próximos, mas com características topográficas diferentes, poderia resultar em avaliação incorreta de relações de causa e efeito. Este é o caso, por exemplo, dos dados fornecidos pela estação meteorológica mantida pelo 7º Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura em Iguape, pois esta estação não registrava adequadamente ventos de N e E, por sua altura e sua localização em relação aos acidentes geográficos próximos.

Pode-se, no entanto, com base numa filtragem do material obtido das diversas fontes citadas verificar que:

- predominam durante o ano os ventos do quadrante E, que são, portanto, os ventos reinantes (de maior frequência de ocorrência), sobretudo nos meses de outubro a janeiro;
- nos meses de inverno, junho a agosto, a passagem de frentes frias ocasiona ventos do quadrante S que, nesta época são os ventos dominantes (de maior intensidade);
- ao longo de um ano a porcentagem de calmarias varia entre 1% a 9%.

2.2.2 - Temperatura da água do mar

A preocupação maior foi identificar variações de temperatura com a profundidade (da superfície até 20 m) e com o afastamento da costa.

Foram consultados resultados do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (DHN) para o Quadrado de Marsden 376, que

apresenta valores anuais máximos, médios e mínimos nas profundidades de 0m, 10m e 20m, além dos desvios-padrão destas observações. Verificou-se que:

- na superfície a maior temperatura observada foi de 28,7°C (janeiro) e a menor, de 18,7°C (agosto);
- a maior temperatura média mensal é de 27°C, registrada em fevereiro; a menor temperatura média mensal é de 19,2°C, para agosto;
- os resultados acima são para temperaturas superficiais; há, portanto, uma variação sazonal das mesmas;
- a 10 m de profundidade a maior temperatura observada foi de 26,9°C (janeiro) e a menor, de 18,6°C (agosto);
- a maior temperatura média mensal é de 26,4°C, para fevereiro; a menor temperatura média mensal é de 19,2°C, para agosto;
- para a profundidade de 10 m, portanto, há também variação sazonal da temperatura;
- a 20 m de profundidade a maior temperatura observada foi de 26,8°C (março) e a menor, de 15°C (janeiro);
- a maior temperatura média mensal é de 26,1°C, para abril; a menor temperatura média mensal é de 19,1°C, para agosto;
- para a profundidade de 20m, portanto, há ainda variação sazonal embora, de certo modo, defasada das variações observadas nos outros níveis;

- as temperaturas médias mensais não variam de modo significativo com o nível de profundidade;
- todos os resultados acima foram obtidos para pontos longe da costa; com algum cuidado podem ser extrapolados para as proximidades da costa; os valores de temperatura diminuem, da superfície para o fundo;
- a principal causa desta sazonalidade (especialmente na superfície) é a insolação diferenciada no inverno e no verão.

2.2.3 - Salinidade

As observações sobre salinidade foram extraídas do boletim "Perspectivas Oceanográficas", para o QM 376.

Do mesmo modo que os valores de temperatura, os valores de salinidade, em pontos afastados da costa, foram estudados para três níveis de profundidade (superficial, 10 m e 20 m) em seus aspectos máximo, médio e mínimo mensais, além do desvio padrão.

Observou-se que:

- na superfície a salinidade média variou entre 33,5 ppm (agosto) e 35,3 ppm (setembro);
- a 10 m, a salinidade média variou entre 33,5 ppm (agosto) e 35,3 ppm (setembro);
- a 20 m de profundidade a salinidade média variou entre 33,6 ppm (agosto) e 35,6 ppm (setembro);
- em qualquer dos níveis, a variação sazonal da salinidade é muito pequena;

- os valores médios mensais mínimos de salinidade são observados sempre em agosto, quando também se registram os valores médios mensais mínimos de temperatura, em todos os níveis;
- os valores médios mensais máximos de salinidade são observados em setembro, enquanto os de temperatura o são nos meses de verão;
- não se deve esperar grandes variações de salinidade em pontos afastados da costa pois o oceano tende a ser homogêneo em suas propriedades físicas e químicas; estas variações são mais prováveis em pontos mais próximos da costa por influência de fatores como aporte de água de origem continental, precipitações localizadas, peculiaridades do campo de correntes.

2.2.4 - Temperatura do ar e pressão atmosférica

Os dados de temperatura do ar (seco e úmido) e de pressão atmosférica também foram obtidos do Banco de Dados Oceanográficos para o QM 376.

Para o ar seco a maior temperatura é observada em janeiro, 26,4°C, e a menor em agosto, 15,5°C.

Para o ar úmido a maior temperatura é observada em março, 25,5°C e a menor também em agosto, 14°C.

O valor máximo de pressão atmosférica é de 1026 mb (julho) e os valores mínimos, na faixa de 1000 mb, nos meses de

verão.

Como era de se esperar, a temperatura varia com os meses de verão e de inverno, o mesmo acontecendo com a pressão, só que no sentido inverso.

Além de ter sua variação associada a perturbações meteorológicas e, em menor grau à oscilação térmica anual, a pressão pode sofrer variações bruscas, principalmente no verão, quando correntes de convecção térmica ascendem transportando vapor d'água, resultando na formação de trovoadas.

2.2.5 - Ondas

A região entre Tramandaí, RS, e o limite W da Baía da Ilha Grande, RJ, apresenta o mesmo clima de ondas, a grande profundidade !10!.

Por este motivo considerou-se válido, para efeito de avaliação preliminar, transportar para a região em estudo resultados de uma campanha de registro de ondas efetuada pelo INPH/Portobrás entre abril de 1972 e março de 1973 em Paranaguá, PR.

Os principais resultados da análise dos dados então colhidos são !11!:

- o período das ondas variou de 3 a 10 segundos, sendo $T_z=6s$ o período mais frequente;
- a altura máxima variou de 0,5 a 4,5 metros, sendo $H_{max} = 1,0m$ o valor mais frequente;

- a altura significativa (altura média do terço de ondas mais altas) variou entre 0,3 e 2,9 metros, sendo $H_s=0,8$ m a altura mais frequente;
- as observações de direções de incidência foram efetuadas com teodolito, que visava um ponto na profundidade de 5 metros, marcado com bóia, ao largo da Praia do Leste; as direções mais frequentes foram as de 115° NV(ESE), 120° NV(ESE) e 125° NV(SE); a costa tem a orientação aproximada NNE-SSW;
- a altura de onda máxima provável de ocorrer uma vez em 10 anos foi calculada em 5,7 m e, em 100 anos, 7,1 m;
- as ondas são mais longas de abril a agosto e mais curtas de setembro a março; de julho a dezembro são mais altas e provêm de ambos os lados da normal à Praia do Leste;
- o regime de ondas não apresenta variações sazonais nítidas e, através da construção de diagramas de refração, as características ondulatórias poderiam ser transpostas para a área em estudo, podendo ser utilizadas como bases de cálculos preliminares de engenharia.

2.2.6 - Marés

Os pontos mais próximos à área em estudo, e para os quais se dispunha na ocasião de dados de maré, são os portos de Santos e Paranaguá.

Havia também registros e análise de dados colhidos pela

DHN na Ilha do Bom Abrigo, ao largo da Barra de Cananéia, mais próxima da área.

As marés são bidiurnas (semi-diurnas), com desigualdades diurnas, com amplitudes de cerca de 1,5 m em sizígia e de 0,4 a 0,8 m em quadratura.

Na ocasião em que estes dados foram colhidos a DHN operava um marégrafo instalado na Ponta da Prainha, próximo a Peruibe; o local mostrou-se inadequado, por falta de abrigo, e o aparelho (de registro diário) foi transferido para junto do atracadouro de barcos de pesca no Rio Preto, em Peruibe.

Algumas evidências, apesar de não conclusivas, pareciam indicar que as marés desempenhariam um papel secundário no panorama de circulação local. Entre estas pode-se mencionar a faixa de amplitudes da maré e a morfologia costeira, com trechos regulares e batimétricas paralelas à linha de praia.

2.2.7 - Correntes ao largo

As informações mais importantes extraídas das diversas fontes podem ser resumidas:

- entre setembro e março o sentido predominante das correntes é de NE para SW, apresentando inversões mais ou menos duradouras nos meses de outono e inverno devido à influência dos ventos do quadrante sul, causados pela maior participação dos sistemas atmosféricos polares na circulação regional do ar; estas inversões não se dão

apenas nas bordas da plataforma, mas podem chegar bem próximas à costa.

2.2.8 - Sedimentos

A plataforma continental constitui o solo oceânico sobre o qual se assentam os depósitos marinhos resultantes do trabalho erosivo do mar e das contribuições continentais.

A faixa costeira do litoral de São paulo é constituída predominantemente por areia até a isóbata de 50 m; à medida que as profundidades aumentam começa a aparecer lama e areia mais fina; em grandes profundidades o piso marinho é constituído principalmente por lama.

Dados obtidos do Sistema de Geologia do Banco Nacional de Dados Oceanográficos mostram também a presença de conchas em profundidades entre 40 e 50 metros, além de cascalho, fundos duros e pedras.

2.3 - Resumo da análise dos dados da campanha preliminar

Para suprir a escassez de dados específicos do local foi realizada uma campanha preliminar de medições que constou basicamente de !8!:

- medição de correntes, salinidade, temperatura e condutividade em pontos extremos (a NE e a SW) da área de interesse;
- observações de direção e intensidade de ventos;

- coleta e análise granulométrica de amostras de sedimentos de fundo ao longo da faixa litorânea.

A campanha foi realizada entre os dias 22 de junho e 01 de julho de 1981, quando se procurou cobrir períodos de marés de sizígia e de quadratura, com a utilização de barco camaroneiro.

Foram estabelecidas duas estações de medição, nas quais foram fundeados dois correntógrafos Hidrocean a 5 m do fundo e onde foram realizados perfis de corrente, salinidade, temperatura e condutividade de hora em hora e a cada 2 m, contados da superfície, durante todo o período.

A primeira estação foi colocada na altura da isóbata de 10m, entre a Ponta do Grajaduna e a Ponta da Juréia (Figura 2.2). A segunda estação foi posicionada ao largo da Ponta de Paranapuã-Guaçu, a S da Ilha do Guaraú, também na isóbata de 10 m (Figura 2.2).

Na região da primeira estação (P1-Juréia) as isóbatas de 10 m e 20 m têm o alinhamento NE-SW; na região da segunda estação (P2 - Guaraú) a costa e a isóbata de 10 m têm o alinhamento aproximado N-S.

Nos dias 23,24 e 26 de junho foram colhidas amostras do sedimento de fundo.

2.3.1 - Ventos

Em seguida à realização dos perfis horários de corrente, salinidade e temperatura foram feitas medições da

intensidade do vento, com o uso de um anemômetro portátil, e avaliada a direção de incidência pelo aproamento do barco em relação ao norte magnético.

Obviamente foram resultados de pouca consistência e insuficientes para um estudo de correlação com as correntes, por exemplo. Os ventos foram em geral fracos, sendo de 14 nós (7 m/s) a maior intensidade medida. Não se observou reinância de uma determinada direção.

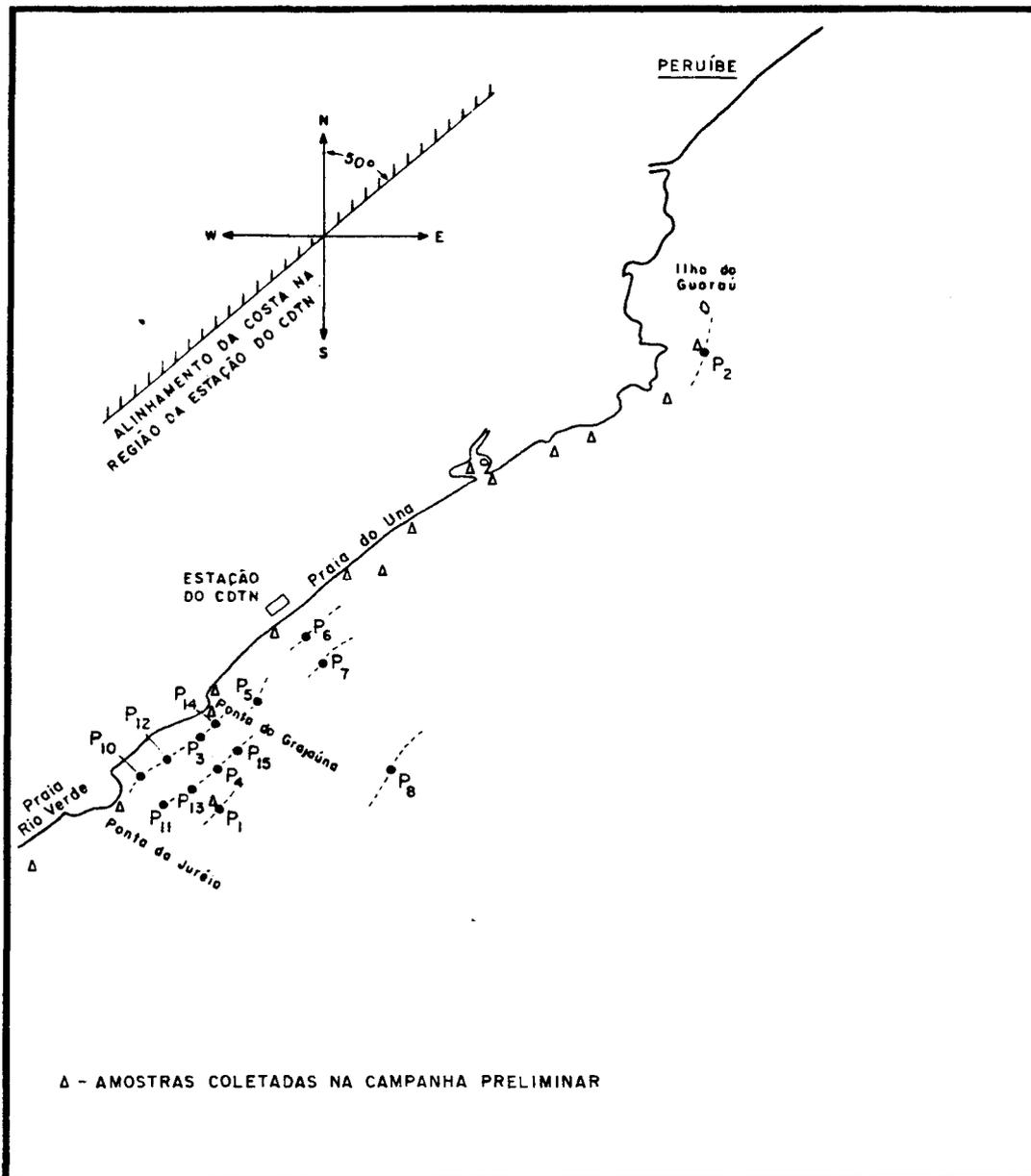


FIGURA 2.2 - PONTOS DE MEDIÇÃO DE CORRENTES, SALINIDADE, TEMPERATURA, VENTOS E ONDAS

2.3.2 - Temperatura, Salinidade e Condutividade

Estes parâmetros foram medidos a cada dois metros, da superfície para o fundo, de hora em hora, com a utilização de um termo-salinômetro Beckman.

Considerando todas as medições, em todos os níveis, a maior temperatura registrada foi de 22,7°C (estação P2-Guará, superfície, 14:45 h, 01/07/81). A menor temperatura registrada foi 20,7°C (estação P2-Guará-4 m abaixo da superfície, 20:00 h, 22/06/81). As variações espaço-temporais observadas foram pequenas, ou seja, entre estações, entre diferentes níveis e ao longo do período de medições os gradientes foram pequenos. Em algumas medições houve temperaturas superficiais menores que outras em profundidade. Nos dias das medições, apesar de período de inverno, o mar esteve calmo e o tempo, bom.

Os valores de temperatura estão coerentes com os valores levantados do Banco de Dados Oceanográficos.

A salinidade também apresentou variações pequenas. Na superfície, por exemplo, variou entre 34,0 ppm e 35,8 ppm; próximo ao fundo variou entre 35,0 ppm e 36,7 ppm. Isto mostra que, em geral, a salinidade foi ligeiramente maior no fundo que na superfície.

A condutividade esteve entre 48 e 50 milimho/cm, ou seja, também variou muito pouco.

Os perfis demonstraram que as colunas verticais eram

bastante homogêneas, não havendo indicação de camadas estratificadas.

2.3.3 - Marés

Os dados de maré reais utilizados (além daqueles colhidos da Tábua de Marés) foram fornecidos pela DHN que, na ocasião, operava um marégrafo instalado na Ponta da Prainha (Figura 6.1).

No período de interesse, o aparelho funcionou entre 08:00 h de 21/06 a 08:00 h de 25/06 e de 15:00 h de 29/06 a 01/07/81, quando terminou a campanha. Os registros compreenderam uma fase de lua cheia, todo um período de quarto minguante e terminaram em lua nova. A maior amplitude (maré semi-diurna com desigualdades diurnas) foi de 1,35 m.

2.3.4 - Correntes

As correntes durante a campanha preliminar foram medidas por correntógrafos, fundeados a 5 m de profundidade nas estações P1 e P2, em locais de 10 m de profundidade (Figura 2.2), e também por correntômetro, operado de bordo da embarcação, com medições horárias e a cada 2 m de profundidade, partindo da superfície.

2.3.4.1 - Medições a correntógrafo

Foram utilizados correntógrafos Hidrocean, de eixo

vertical, com rotor Savonius e leme direcional. Os aparelhos foram programados para registrar direção e intensidade a cada 30 minutos em registrador de papel de impacto tipo Rustrak.

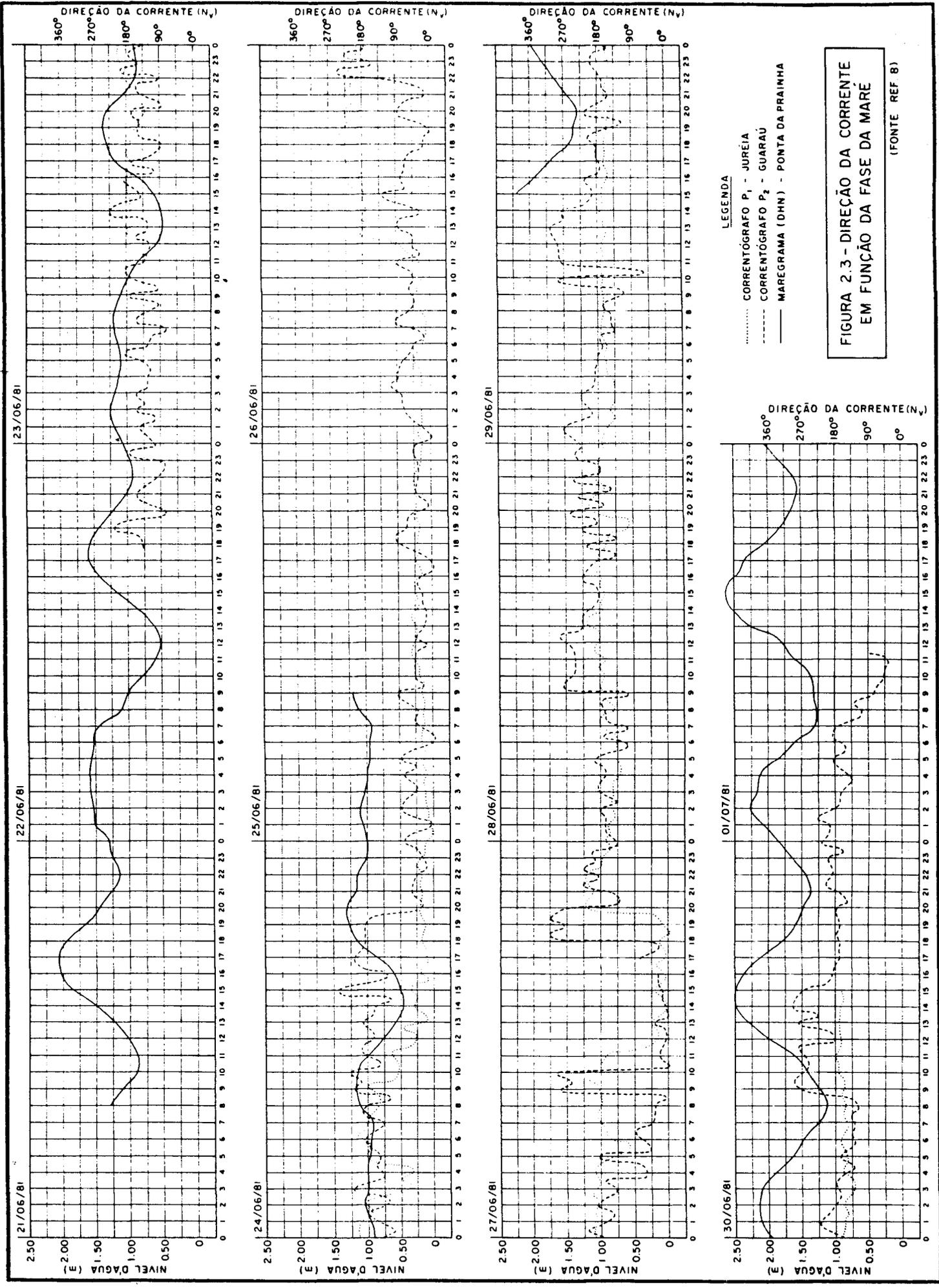
Os dados foram tratados de duas maneiras:

a) plotou-se a direção da corrente, em relação ao norte verdadeiro, nas duas estações, nos mesmos horários em que houve registros de maré (Figura 2.3).

Verifica-se que não há correlação observável entre a fase da maré (enchente ou vazante) e o sentido da corrente, seja em quadratura (23/06 a 25/06), seja em sizígia (29/06 a 01/07).

Começando por 22/06, as correntes se mantiveram orientadas para SE a S até 24/06/81. Neste dia, por volta de 10:00 h a corrente em P1 inverteu para NE, o mesmo acontecendo em P2 por volta de 20:00h, com um atraso, portanto, de 10 horas. Em 26/06 a corrente se redirecionou para S, fato observado em P1 por volta das 12:00 h e em P2, por volta das 22:00 h, novamente com um atraso de cerca de dez horas.

Houve novas inversões, de período mais curto, mas até o fim da campanha as correntes estiveram, em média, orientadas para sul.



LEGENDA

- CORRETOGRAFO P1 - JUREIA
- CORRETOGRAFO P2 - GUARAU
- MAREGRAMA (DHN) - PONTA DA PRAINHA

FIGURA 2.3 - DIREÇÃO DA CORRENTE EM FUNÇÃO DA FASE DA MARE

(FONTE REF 8)

b) foi calculada, para cada estação, a velocidade média para cada um dos 16 setores (N,NNE,NE,etc.) da rosa de correntes e a frequência de ocorrência de correntes, independentemente da velocidade. Foi ainda calculada a velocidade ponderada por direção, que é o produto dos dois primeiros parâmetros (Figura 2.4).

As velocidades médias para ambas as estações e todos os setores ficaram entre 9 cm/s e 14 cm/s.

Na estação P1-Jurêia predominaram as correntes orientadas para SE a S, divergentes em relação à costa, o mesmo acontecendo em relação a P2-Guaraú, onde esta predominância é, no entanto, menos acentuada, provavelmente pela morfologia da costa local.

A maior intensidade registrada em P1 foi de 24 cm/s e a menor, 5 cm/s. Em P2 a maior intensidade foi de 23 cm/s e a menor, de 6 cm/s, ou seja, a faixa de flutuações foi praticamente a mesma em ambas as estações.

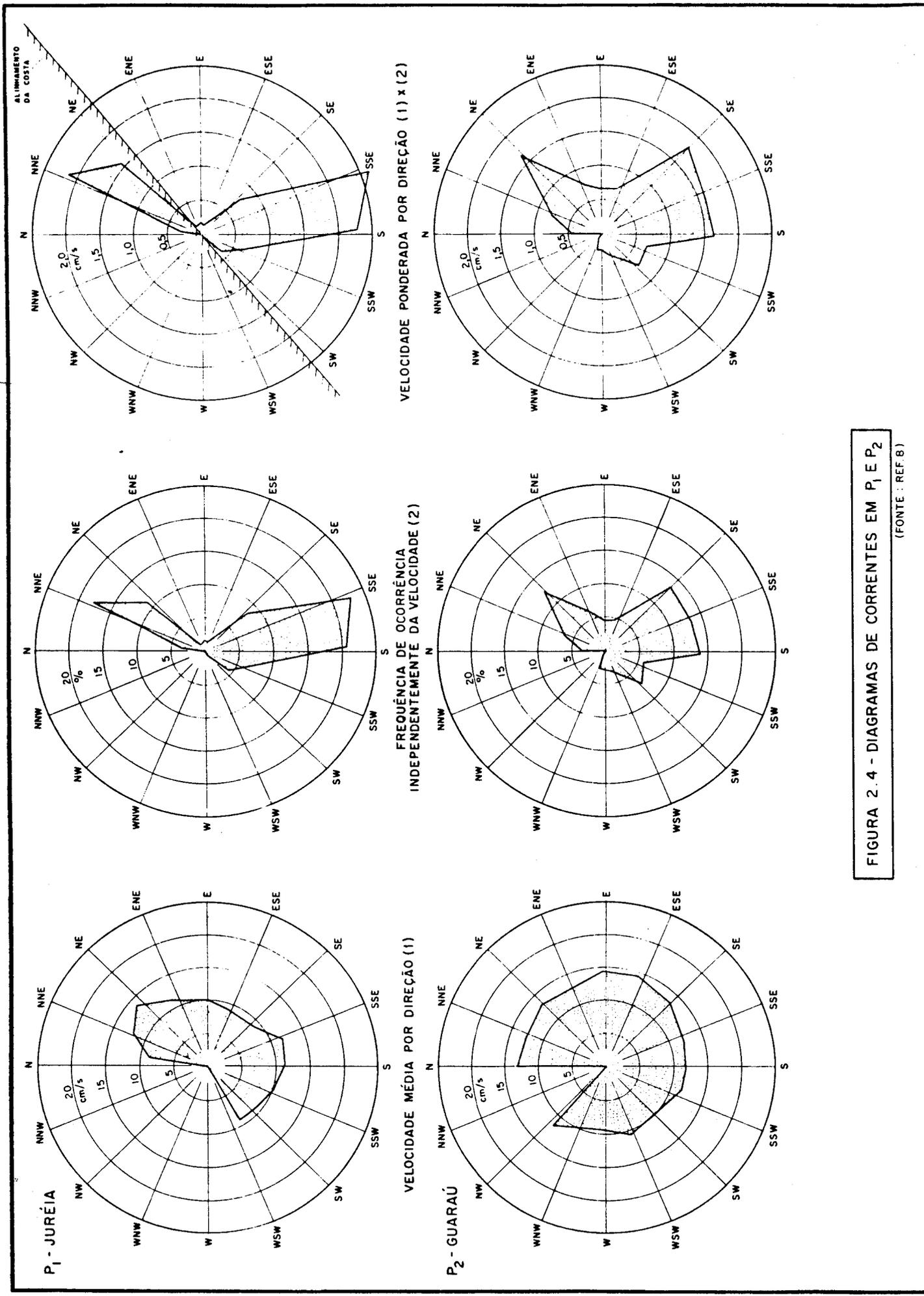


FIGURA 2.4 - DIAGRAMAS DE CORRENTES EM P₁ E P₂

(FONTE : REF 8)

2.3.4.2 - Medições a Correntômetro

A direção e a intensidade de correntes foram medidas a cada dois metros, da superfície para o fundo, de hora em hora, com a utilização de um correntômetro HydroProducts.

A seguir foram calculadas as velocidades resultantes das correntes para as fases de enchente, vazante e para o conjunto delas, para marés de sizígia e de quadratura.

A velocidade resultante em cada nível é definida como a soma vetorial das velocidades médias de corrente calculadas para cada um dos dezesseis setores da rosa de correntes, ou seja, calcula-se a resultante das velocidades observadas em cada um dos setores e faz-se, a seguir, a soma vetorial destas resultantes.

A Figura 2.5 traz os resultados deste cálculo.

Para a estação P1-Juréia, nas fases de enchente, vazante, e enchente mais vazante, em quadratura, as velocidades resultantes têm aproximadamente a mesma direção, ou seja, no nível superficial são quase paralelas à costa, dela divergindo nos níveis mais baixos, em giro para a esquerda. Em maré de sizígia, para a mesma estação, os resultados são semelhantes. As velocidades resultantes são maiores na superfície que junto ao fundo.

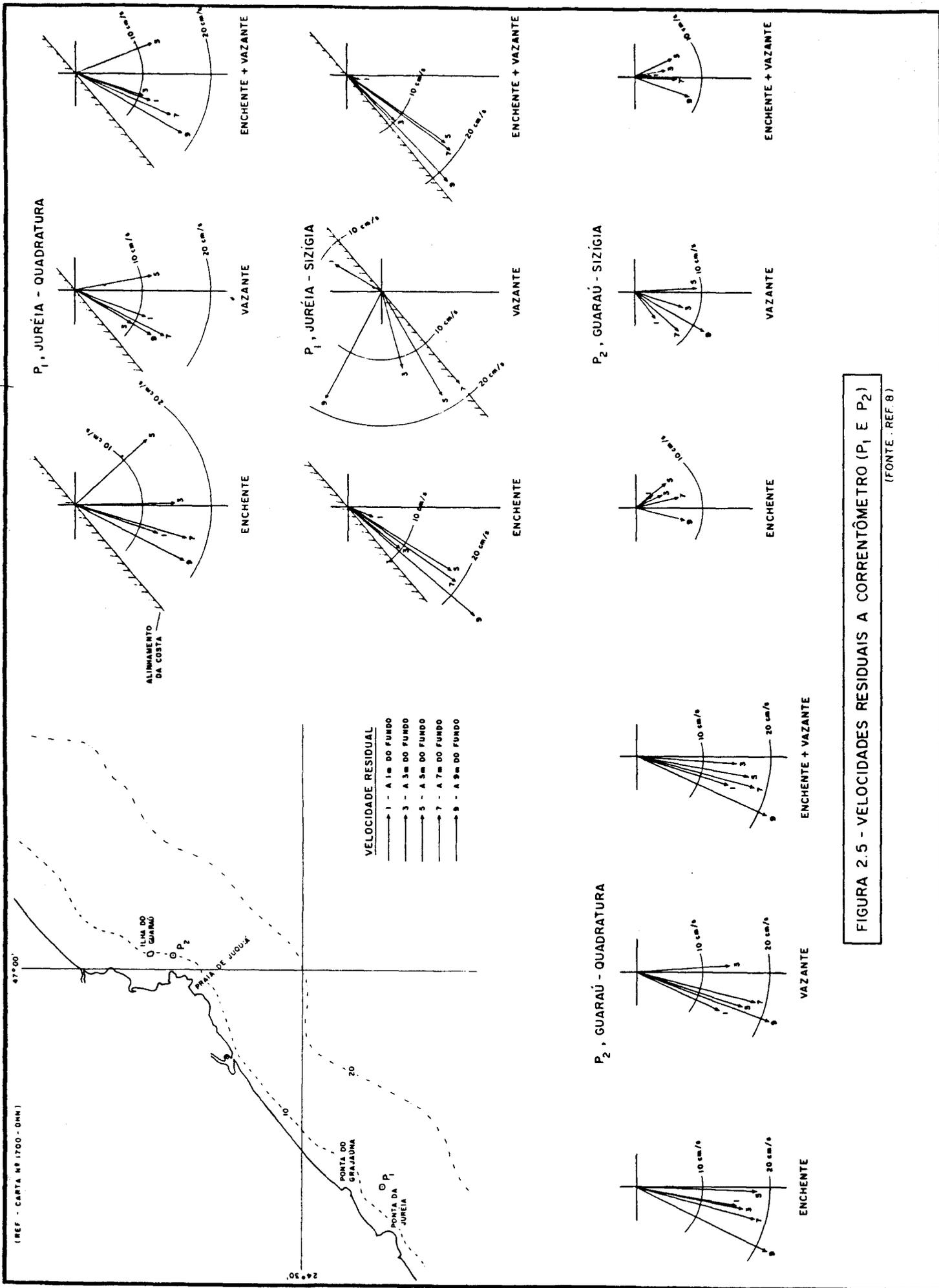


FIGURA 2.5 - VELOCIDADES RESIDUAIS A CORRENTÔMETRO (P1 E P2)

(FONTE: REF. 8)

Para a estação P2-Guaráú, em enchente, vazante e enchente mais vazante, em quadratura, as velocidades resultantes são divergentes da costa, decrescendo da superfície para o fundo e giram para a esquerda à medida que se atingem níveis mais baixos. Em maré de sizigia o comportamento foi semelhante, mas as velocidades resultantes apresentaram valores menores que em quadratura.

2.3.5 - Sedimentos

Foram colhidas 15 amostras do sedimento de fundo da região. Dez das amostras (numeradas de 1 a 10) foram colhidas entre as isóbatas de 7 m e 10 m, na faixa de costa entre a estação P2-Guaráú e o Porto do Prelado (Figura 2.2). O posicionamento foi feito a sextante e o amostrador utilizado foi do tipo copo com haste pivotada (Figura 2.6).

As outras cinco amostras (11 a 15) foram colhidas no estirâncio da praia, somente na Praia do Una, desprezando-se os primeiros cinco centímetros de solo e colhendo-se cerca de 500 gramas de material.

A granulometria da fração arenosa foi obtida pelo processo clássico de peneiramento e a fração silto-argilosa foi estudada pelo processo de pipetagem.

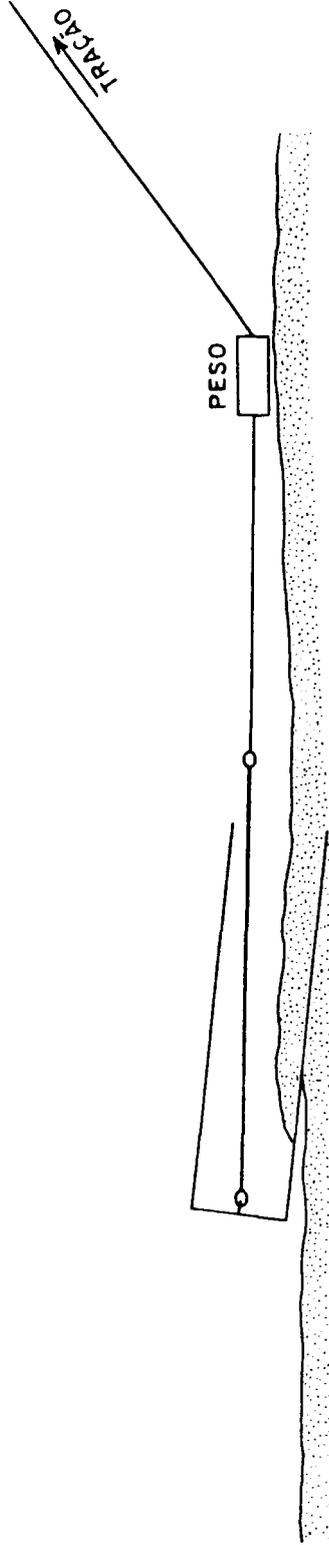
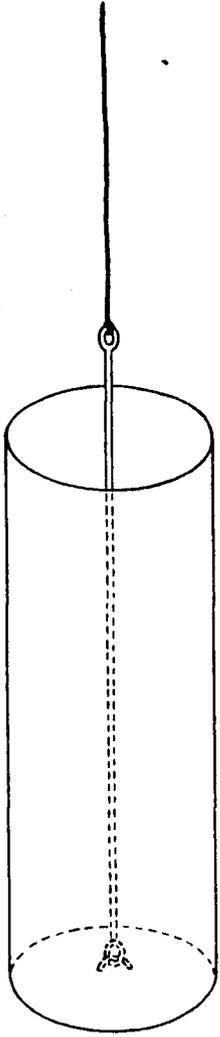


FIGURA 2.6 - AMOSTRADOR DE COPO COM HASTE PIVOTADA

Construídas as curvas granulométricas foram obtidos os diâmetros D_{16} , D_{50} e D_{84} . Com estes diâmetros é possível calcular o coeficiente de gradação, σ , definido por:

$$\sigma = \frac{1}{2} \left[\frac{D_{84}}{D_{50}} + \frac{D_{50}}{D_{16}} \right] \quad (1)$$

e que representa o desvio padrão de uma distribuição log-normal. Portanto, quanto mais próximo da unidade estiver seu valor, mais próximo da vertical estará a curva granulométrica acumulada (em papel semi-logaritmico) e mais bem triada será a amostra.

As amostras de 1 a 10 apresentaram diâmetros medianos (D_{50}) em torno de 0,1 mm e coeficientes de gradação em torno de 1, caracterizando-se assim como amostras de areia fina, bem triada.

As amostras de 11 a 15 apresentaram diâmetros medianos entre 0,13mm e 0,5mm. Apesar de também se constituírem basicamente de areia fina, são amostras mais grosseiras que as outras e de triagem mais pobre (como era, aliás, de se esperar, pois são amostras colhidas próximas à zona de arrebentação, no estirâncio da praia).

Duas das amostras (5 e 9) apresentaram teores baixos (10%) de silte-argila. Assim, confirmando as informações prévias, verificou-se que predominam na região os fundos arenosos.

2.4 - Recomendações

Obviamente muito poucos dos resultados obtidos numa campanha de duração tão curta poderiam ser extrapolados para períodos mais longos e para épocas distintas do ano.

Os estudos desenvolvidos em 1981, tratados em detalhe em [8] e aqui resumidos mostraram a necessidade da implantação de um sistema de coleta de informações oceanográficas e meteorológicas de prazo mais longo junto à costa. A campanha de medições deveria ser continua e contemplar pelo menos:

- i) registro de ondas e observação de sua direção de incidência, com a duração mínima de um ano, para permitir, entre outros estudos, a quantificação do transporte litorâneo e o projeto de obras costeiras;
- ii) estudo do campo de correntes, com medições em pontos distribuídos ao longo da costa, em profundidades diversas para permitir, entre outros, estudos de dispersão dos efluentes térmicos;
- iii) estudo do regime de ventos, pelo período mínimo de um ano, para se estabelecer correlações entre estes e outros parâmetros oceanográficos como as correntes, por exemplo;
- iv) estudo de parâmetros físico-químicos da água do mar na região costeira, entre outros motivos, para avaliar a qualidade inicial do corpo receptor dos efluentes térmicos e alimentar modelos de circulação de águas;

- v) coleta e análise de amostras dos sedimentos de fundo, em redes mais densas, com o objetivo de conhecer as características do fundo, inclusive aquelas relacionadas com a mobilidade do sedimento;
- vi) levantamentos topo-hidrográficos da região, os quais, juntamente com perfis de praia levantados em épocas distintas do ano (verão e inverno) seriam úteis na quantificação do transporte litorâneo e no projeto de instalações junto à costa;
- vii) realização de experimentos com traçadores radioativos para definir taxas de transporte por arraste junto ao fundo, ao largo da arrebentação, e definir o limite ao largo da zona de transporte litorâneo;
- viii) testes com traçadores radioativos para a simulação das condições de dispersão no campo afastado dos efluentes a serem lançados no mar.

Os trabalhos de campo propostos foram iniciados em dezembro de 1981, terminando em janeiro de 1986.

Os dados colhidos, as análises realizadas, as metodologias empregadas, as conclusões obtidas foram objeto de onze relatórios trimestrais de progresso, reunidos sob a referência [13] na forma de volumes distintos.

O presente trabalho tem por objetivo rever os dados colhidos, reavaliá-los globalmente, avaliar a forma de aquisição e tratamento, e apresentar conclusões pertinentes quanto a seu inter-relacionamento e, deste modo, procurar caracterizar

hidráulica e sedimentologicamente o trecho de litoral compreendido entre Peruibe e Iguape que é, certamente, um dos mais belos da costa de São Paulo e do Brasil.

Para maior clareza os conjuntos de dados serão agrupados em capítulos distintos que conterão, em sequência, ventos, salinidade, temperatura, densidade, ondas, marés, correntes e estudos sedimentológicos, onde serão incluídos estudos granulométricos de amostras de sedimento de fundo, estudos do transporte por arraste junto ao fundo com traçadores radioativos, comparação de perfis de praia em épocas de verão e de inverno e estimativa do transporte litorâneo. Haverá um capítulo final de conclusões e sugestões quanto a estudos mais detalhados.

Convém enfatizar que os estudos aqui mencionados foram realizados com um objetivo específico, e dentro de um contexto econômico próprio, o que evidentemente se refletiu na quantidade, qualidade e finalidade dos dados levantados. Além destes aspectos, fatores outros como disponibilidade de tempo, pessoal e equipamentos, segurança dos aparelhos, dificuldades de acesso a diversas áreas, ausência de energia elétrica, mau tempo, condicionaram a realização das campanhas e provocaram, no decorrer dos estudos, mudanças na estratégia operacional inicialmente prevista.

3 - VENTOS

Estudos de engenharia em regiões costeiras geralmente implicam no conhecimento da circulação atmosférica local.

Em particular, quando estes estudos visam fornecer subsídios e dados técnicos para o projeto e a construção de instalações nucleares junto à costa, torna-se importante conhecer os ventos locais para:

- estudar níveis máximos e mínimos da água do mar, ligados a fenômenos como o empilhamento de águas junto à costa ("wind set-up") e marés meteorológicas ("storm surges"), com a finalidade de se estabelecer as cotas de projeto das obras civis;
- estudar o panorama de circulação costeira, traduzido pelas correntes locais geradas (ou influenciadas) pelos ventos, com a finalidade de se avaliar a advecção-dispersão, no corpo hídrico, de efluentes térmicos oriundos da central;
- estudar a geração de vagas locais e seus efeitos ao se sobreporem às ondulações geradas em águas profundas, com a finalidade de estabelecer as obras hidráulicas de proteção às instalações;
- avaliar as condições de acesso, estabilidade e esforços em amarras de embarcações operando em áreas portuárias de apoio.

No caso do presente trabalho cabia ao CDTN fornecer os dados de vento e, em princípio, os estudos mencionados seriam realizados por empresas de consultoria especializadas.

Para atender à necessidade de coleta de dados de vento representativos da região costeira foi instalado um anemógrafo elétrico a 4 km a NE do Morro do Grajaúna, num mastro de 10 m de altura, localizado a 50 metros da linha do "jundu", que entrou em operação em 13/02/82. O ponto de instalação do mastro ficava a cerca de 5m acima do nível médio do mar.

No local de instalação do aparelho foi construída uma pequena estação de coleta de dados e de apoio nos trabalhos de campo (Figura 2.2).

Constava de uma área cercada por tela de arame galvanizado (15 m X 15 m), na qual foram instalados: o referido anemógrafo Hidrologia, uma torre para observação de direção de ondas (15 m de altura), um conjunto de painéis solares para alimentação dos equipamentos, um pluviômetro de proveta, antena de recepção do ondógrafo.

Foi também construída uma pequena edificação (4m X 3m) para abrigo dos registradores do anemógrafo, do registrador Warep para o ondógrafo, do conjunto de baterias para alimentação do sistema, dos quadros de controle elétrico e de diversos materiais e ferramentas para manutenção geral.

Os sensores do aparelho (direção e intensidade) foram instalados no alto do mastro, fornecido pelo fabricante, em

região livre de obstáculos e representativa do trecho de costa em estudo.

As principais características do anemógrafo Hidrologia utilizado são:

- anemógrafo elétrico ANM-6, para determinação simultânea de intensidade e direção de ventos;
- intensidade mínima de resposta : 0,5 m/s (1 nó);
- faixa de medição de intensidades : 0 a 40 m/s;
- faixa de medição de direções : 0 a 360° (escala de 540°);
- resolução das medidas de direção : 5,6° ;
- alimentação em corrente contínua : 2 acumuladores de 12V (consumo mínimo de 0,1A);
- saídas dos dados: analógica (intensidade e direção separadas) e gráfica (registro contínuo em papel, registrador Rustrak).

Os dois sensores constituem-se de transdutores optoeletrônicos. No sensor de velocidade um feixe de luz infravermelha é interrompido 20 vezes para cada metro de ar que transita pelo instrumento, através de máscara que gira solidária ao eixo do conjunto de conchas. No sensor de direção os feixes são interrompidos em forma de código binário.

3.1 - Coleta dos dados

O anemógrafo entrou em operação em 13/02/82 e funcionou

continuamente até julho de 1983. Foi retirado para manutenção e reentrou em operação em fevereiro de 1984, tendo sido desativado em agosto deste mesmo ano.

A bússola do sensor de direção foi referenciada ao norte magnético e as leituras de direção eram corrigidas da declinação magnética local.

Três vezes ao dia o operador conferia o horário com aquele indicado no papel do registrador, conferia os valores de intensidade e direção observados no registrador analógico, e anotava estes dados na tira de papel do registrador.

3.2 - Tratamento dos dados

Os registros eram criticados após recebimento no escritório para verificação preliminar da qualidade. A seguir eram discretizados manualmente, de hora em hora, e os valores instantâneos assinalados eram medidos com gabarito próprio.

Os dados eram a seguir transferidos para planilhas nas quais constavam dia, hora, intensidade e direção (tanto em relação ao NM quanto em relação ao NV).

Deste modo o número de pares de valores de intensidade e direção de ventos analisados em 1982 foi de 7920; em 1983 e em 1984, de 5040.

Os dados assim tabulados alimentavam um programa que fazia um tratamento estatístico mais refinado, do qual os resultados mais importantes eram as distribuições diurnas,

noturnas e totais de velocidade, a distribuição percentual da velocidade em relação à direção (N, NNE, ..., NNW), a porcentagem de calmarias.

Os dados eram apresentados em tabelas próprias, em classes de 5 nós, começando com a classe de 1 a 5 nós e terminando com a classe de 36 a 40 nós.

3.3 - Resultados

Conforme mencionado no Capítulo 2 considera-se, para efeito deste trabalho, como ventos reinantes (também chamados de prevaletentes) aqueles de maior frequência de ocorrência, e como ventos dominantes aqueles de maior intensidade. A direção do vento é aquela de onde ele provém.

O resultado do tratamento de todos os dados acumulados no período de 1982 a 1984 está resumido no Quadro 3.1.

Este quadro apresenta para cada um dos meses dos anos de 1982, 1983 e 1984 os ventos reinantes (R), os ventos dominantes (D), a porcentagem de calmarias (C) e a classe de intensidades mais frequentes, em nós, juntamente com a respectiva frequência de ocorrência no período considerado.

Se houver mais de uma direção nos campos "R" ou "D" é sinal de que estas direções têm frequências de ocorrência iguais ou muito próximas.

Quadro 3.1 - Resumo dos resultados de análise dos registros de vento

	Jan				Fev				Mar				Abr				Mai				Jun						
	R	D	C	I	R	D	C	I	R	D	C	I	R	D	C	I	R	D	C	I	R	D	C	I	R	D	C
1982					NW		16-10	E	ESE		11-5	NNW		11,5			11-5				11-5					11-5	
						SW	0,0				0,0		ENE	4,3		NNW	SE	5,3		NNW	SSW	2,2					
1983																											
	E	E	12,0		1-5	E	ESE	16-10				1-5	ESE		11-5	NW		11-5		E	11-5					11-5	
1984																											
						SE	16-10	SE	16-10	SSW	S	17,8		SSW	124,5		E	E	24,0		NNW					126,4	
1984																											
						SE	0,0		WSW	S	0,0		NNE	WSW	0,0		NNE	W	10,0		NNE	W	0,0				
1984																											
						SSW	64	S	68		W	68														76	

	Jul				Ago				Set				Out				Nov				Dez							
	R	D	C	I	R	D	C	I	R	D	C	I	R	D	C	I	R	D	C	I	R	D	C	I	R	D	C	I
1982					1-5	NW	SSW	11-5		E	11-5	E	ESE	11-5	E		11-5	NW		11-5								
	NNW	SSW	19,7				112,3	E		10,6				7,5		SSW	5,7		SE	15,3								
1983																												
1984																												
						16-10	S	16-10																				
1984																												
						NNE	W	2,7		NNE	W	8,3																
1984																												
						SS	W	61																				

Observação: R- ventos reinantes; D- ventos dominantes; C- porcentagem de calmarias; I- classe de intensidades mais frequentes (nds)/ frequência de ocorrência.

Com base nos dados resumidos no Quadro 3.1 e nas tabelas originais apresentadas em [13] pode-se chegar a uma série de conclusões sobre o regime local de ventos.

No ano de 1982 os ventos reinantes foram os de NNW, seguidos pelos ventos de NW e os de E (Figura 3.1).

Os dois primeiros são ventos de terra, vindos dos contra-fortes das serras da Juréia e dos Itatins. Os ventos de E provêm do mar, têm a direção dos ventos aliseos, são gerados pelo anticiclone do Atlântico Sul e estão associados com bom tempo. Interessa notar que, nos meses de outono e inverno, prevalecem os ventos de NW a N, os quais rondam no sentido horário para E a ESE nos meses de primavera e verão.

Os ventos dominantes são francamente os de SSW. Os ventos de S a SW, aliás, estão associados aos anticiclones de origem polar, responsáveis pelo transporte das frentes frias. Por seu turno estas frentes frias, cujas penetrações durante o inverno são mais frequentes, tendem a apresentar um caráter de estacionariedade ao atingir a região em meses de verão, favorecendo a ocorrência de maior precipitação pluviométrica nesta época.

Exceto pelo mês de fevereiro/82, em todos os demais meses a classe de intensidades mais frequentes foi aquela de ventos entre 1 a 5 nós, com larga predominância sobre classes de intensidades maiores. Os ventos dominantes estiveram quase sempre na classe de 21 a 25 nós, com frequência de ocorrência geralmente inferior a 1%. Raramente foram observados ventos com intensida-

des superiores a 25 nós.

A porcentagem de calmarias tende a ser maior nos meses de primavera e verão, mas pode ser considerada pequena e razoavelmente bem distribuída ao longo do ano.

O regime de ventos, portanto, pode ser considerado brando a moderado, com poucos dias calmos ao longo do ano.

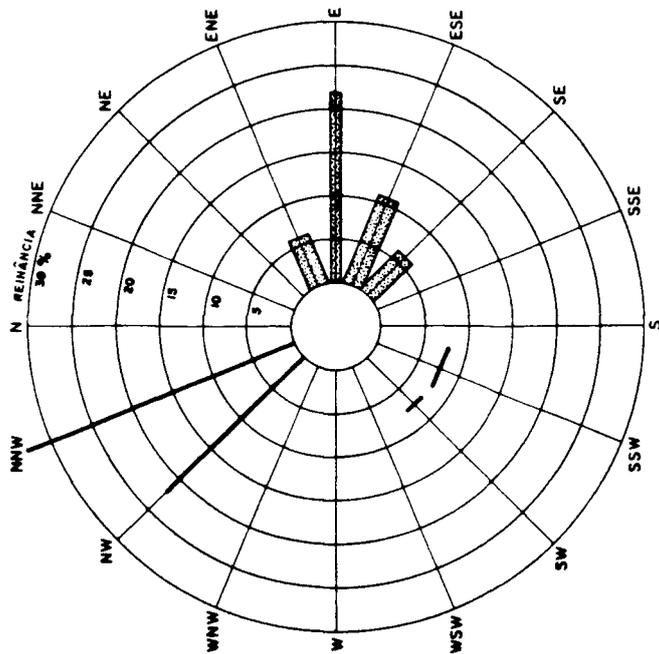
Conclusões sobre os resultados obtidos durante o ano de 1983 ficam prejudicadas por problemas no funcionamento do aparelho, os quais, inclusive, motivaram sua retirada do local, existindo dados confiáveis somente entre janeiro e julho.

Ainda assim pode-se verificar que os ventos reinantes foram os de NNW, NW e E, nos mesmos percentuais de ocorrência, repetindo de certo modo o padrão observado no ano anterior, em que pese o fato de não haver registros para os meses de primavera e início de verão.

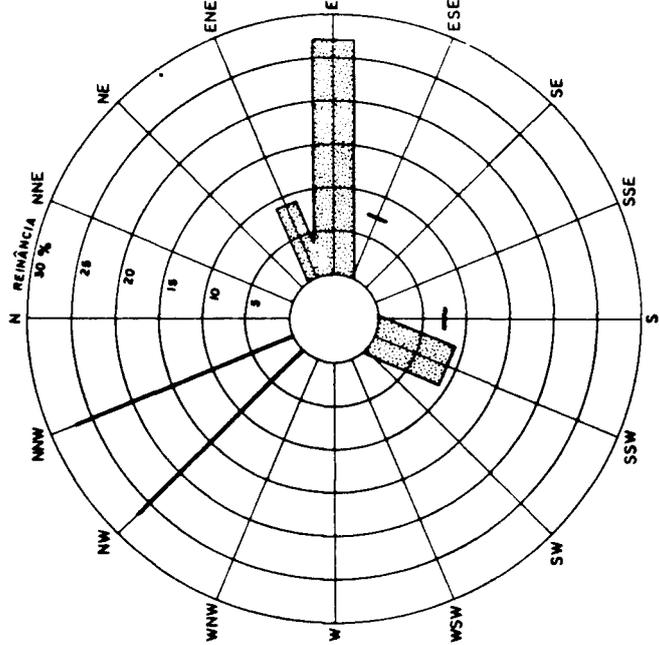
Os ventos dominantes são, uma vez mais, os de SSW, agora juntamente com os de E (Figura 3.1).

Novamente a classe de intensidades mais frequentes é a de 1 a 5 nós, exceto pelo mês de fevereiro, que apresentou a classe de 6 a 10 nós como a mais frequente.

1982 - FEVEREIRO A DEZEMBRO



1983 - JANEIRO A JULHO



1984 - FEVEREIRO A AGOSTO

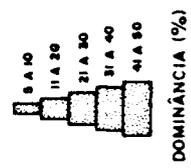
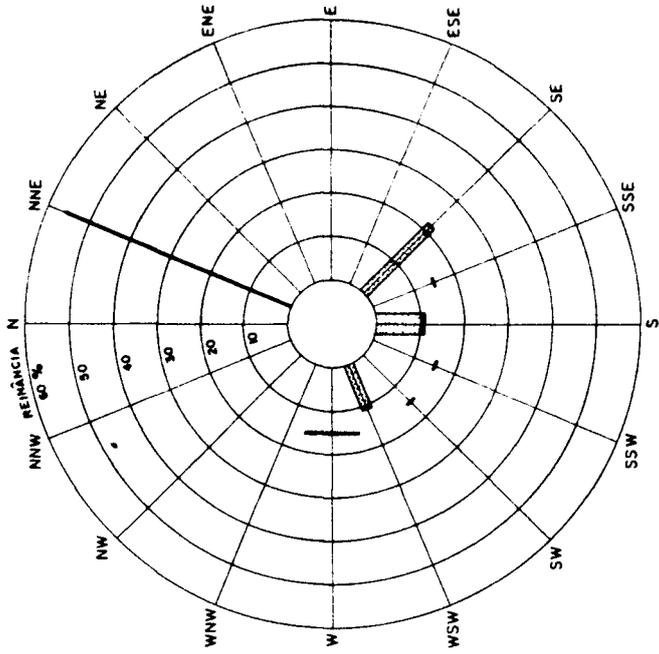


FIGURA 3.1 - DISTRIBUIÇÃO ANUAL DOS VENTOS REINANTES E DOMINANTES

O maior problema aparece no registro das calmarias, cuja porcentagem aumentou de forma injustificada a partir de março. Constatou-se, realmente, uma certa insensibilidade dos sensores às baixas intensidades, o que motivou a retirada do aparelho para manutenção pelo fabricante.

Dificuldades diversas só tornaram possível reinstalar o aparelho em fins de janeiro de 1984.

Neste ano os registros cobriram o período do meio do verão ao meio do inverno e o panorama de circulação mostrou-se diferente, em alguns aspectos, do que fora observado nos anos anteriores.

Os ventos reinantes foram ainda os do quadrante N, mas de NNE, provenientes da vertente S da Serra dos Itatins, soprando de terra para o mar numa direção quase paralela à costa na região. Nos meses de fevereiro e março reinaram os ventos de SE.

Os ventos de W são francamente dominantes, vindos do trecho N da Serra da Juréia. Em ordem de importância aparecem a seguir os ventos de S (Figura 3.1).

A classe de intensidades mais frequentes agora é a de 6 a 10 nós, com percentuais de ocorrência sempre acima de 50%.

A porcentagem de calmarias foi nula de fevereiro a junho, apresentando valores comparáveis às médias de 1982 para os meses de julho a agosto, quando o aparelho foi desativado.

Neste aspecto o regime de ventos observado em 1984

repete o padrão dos anos anteriores, qual seja o de apresentar ventos brandos a moderados, poucos dias calmos, intensidades quase sempre abaixo de 25 nós e rajadas mais intensas, vindas do quadrante S, associadas à passagem de frentes frias.

A relação entre a passagem de frentes frias e o giro dos ventos para S é bastante clara.

No período entre outubro de 1982 e dezembro de 1984 foram sistematicamente coletados do "Jornal do Brasil" e da "Folha de São Paulo" dados obtidos da análise sinótica de mapas meteorológicos realizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia e fotos obtidas pelo satélite GOES-5 (até julho de 1984), processadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em Cachoeira Paulista, SP.

Cotejando-se os dados meteorológicos diários com os registros horários de ventos obtidos na estação da Praia do Una é possível verificar que a circulação de ventos local responde, na quase totalidade dos casos, à entrada ou à passagem das frentes oriundas do sul do continente e caminhando para o interior do país e/ou para o litoral.

Esta resposta geralmente antecede a chegada da frente, ou seja, a ronda do vento para o sul começa a acontecer numa condição pré-frontal, acentua-se durante a passagem da frente e se desvanece após sua passagem.

A duração do período em que os ventos sopram do quadrante sul é função da velocidade com que a frente se desloca

em direção NE.

Em média, esta duração foi de 8,5 horas por frente, no período em estudo, mas houve casos de se prolongar por 24 horas ou mais.

Nos períodos de inverno, em que o abatimento de frentes é mais frequente, a duração desses períodos de inversão de ventos é um pouco maior, algumas vezes, inclusive, pelo fato das frentes se sucederem com pequeno intervalo de tempo.

Não parece haver diferenças acentuadas de comportamento dessas inversões nos diferentes meses do ano; no entanto, o ano de 1984 mostrou uma média anual de duração dos períodos de inversão menor que a dos anos anteriores, em função dos valores para os meses de maio a agosto terem sido também menores que os de anos anteriores (1982 e 1983).

A intensidade desses ventos do quadrante sul está quase sempre na faixa de 21 a 25 nós. Juntamente com sua chegada ocorrem quedas bruscas de temperatura, chuvas e trovoadas, aumento das alturas de ondas e pequena alteração de sua direção de incidência, queda da temperatura da água do mar e inversão para NE das correntes registradas ao largo da arrebentação.

Os resultados apresentados mostram algumas particularidades no regime de ventos locais, especialmente a reinância de ventos de NW a NNW nos anos de 1982 e 1983.

Uma possível comprovação dessa particularidade talvez possa ser obtida da observação dos dados mostrados no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Direções médias de vento mais frequentes -
 Fevereiro/1981 a Julho/1982 - Estação da
 CESP - P. Una

Fonte: Referência [22]

Mês	Direções mais frequentes		Frequência no mês (%)	
Fev/81	E	NW	34	26
Mar	E	NW	24	28
Abr	SE	NW	20	34
Mai	NE	NW	17	46
Jun	NE	NW	11	42
Jul	E	NW	13	46
Ago	E	NW	16	35
Set	E	NW	15	31
Out	E	NW	34	22
Nov	-	-	-	-
Dez	E	NW	28	28
Jan/82	E	NE	30	27
Fev	E	NW	21	30
Mar	E	NW	32	20
Abr	E	NW	18	33
Mai	E	NW	18	37
Jun	NE	NW	21	31
Jul/82	NE	NW	10	44

Este quadro apresenta as duas direções de vento mais frequentes observadas nos meses de fevereiro de 1981 a julho de 1982 numa estação meteorológica operada pela CESP próximo à embocadura do Rio Una do Prelado, no local chamado de Porto do Una. A estação, com as coordenadas geográficas 24°26'S e 47°04'W, situava-se a cerca de 12 km a NE da estação do CDTN (Figura 2.2).

Verifica-se que a direção NW foi a mais frequente no período (12 casos em 17), inclusive no ano de 1982, quando a estação do CDTN já estava em funcionamento, o que mostra coerência de observação entre as duas estações.

Uma outra consideração pode ser apresentada. Apesar das restrições feitas à estação meteorológica de Iguape quanto a não representar adequadamente condições de vento na região costeira (Capítulo 2), foi elaborado o Quadro 3.3 utilizando-se dados de frequência de ocorrência de ventos para os anos de 1972 a 1980.

Verifica-se neste quadro que, nos anos de 1972 a 1976 os ventos prevaletentes foram os de SE e NW, e os ventos reinantes entre 1978 e 1980 foram os de S e de N, ou seja, também para esta estação os ventos de NW têm importância destacada.

Pode-se, assim, concluir que a região em estudo apresenta um regime de ventos brandos a moderados, soprando alternadamente de terra e do mar, sujeito frequentemente à entrada de frentes frias e certamente influenciado pela fisiografia local, isto é, pelo fato da região ser dominada por trechos de costa aberta, desabrigada, circundado por serras altas recobertas por vegetação de porte, as quais atuam como barreiras

Quadro 3.3 - Frequência de Ocorrência de ventos conforme observado em Iguape (estação do 7º Distrito de Meteorologia) - Ministério da Agricultura

Ano	Direção	Frequência
1972	SE	55
	N	21
1973	SE	53
	NW	25
1974	SE	53
	NW	21
1975	SE	58
	NW	25
1976	SE	42
	NW	28
1977	E	36
	SE-S-NW	13-15
1978	S	32
	SE-N	16-19
1979	S	42
	N	22
1980	S	27
	N	24

naturais à livre circulação do ar atmosférico em suas camadas mais baixas.

Um estudo mais detalhado poderá, eventualmente, identificar de modo mais definitivo estas particularidades, além de propor justificativas para as mesmas.

4 - TEMPERATURA, SALINIDADE E DENSIDADE

A medição dos parâmetros temperatura e salinidade da água do mar visa caracterizar uma certa massa d'água do ponto de vista da densidade e da estabilidade.

A densidade da água do mar é função da temperatura, da salinidade e da pressão, de tal modo complexo e sutil que nem sempre se percebem alterações naquela quando se verificam flutuações nessas últimas.

Via de regra as massas d'água tendem a apresentar condições estáveis de densidade, seja em circunstâncias de homogeneidade das colunas, seja em condições de estratificação.

A estabilidade, no entanto, pode variar em função dos parâmetros que regulam a densidade, e esta variação pode apresentar caráter de sazonalidade.

O conhecimento das variações de densidade pode ainda ser utilizado no estudo do campo de correntes associadas com estas variações, as chamadas correntes de densidade, importantes componentes da macro-circulação oceânica.

No caso particular do trabalho realizado neste trecho costeiro as medições de temperatura (principalmente) e salinidade visavam o conhecimento de parâmetros importantes na calibração de modelos matemáticos a serem utilizados no estudo da circulação termo-hidráulica na região onde seria captada e seria descartada

a água utilizada no resfriamento dos condensadores dos reatores de potência.

A campanha de coleta de dados de temperatura e de salinidade foi planejada com a finalidade de cobrir a maior extensão possível na faixa litorânea, entre a zona de arrebentação e a isóbata de 20 m.

Para as medições de temperatura, salinidade e condutividade foi utilizado um termo-salinômetro portátil Beckman, modelo R55-3, com as seguintes características:

- cabo elétrico e mecânico de 25 m;
- salinidade medida na faixa de 0 a 40 ppm, com precisão de +/- 0,3 ppm;
- temperatura medida na faixa de 0 a 40°C, com precisão de +/- 0,5°C;
- condutividade medida na faixa de 0 a 60 milimho/cm, com precisão de +/- 0,5 milimho/cm.

A condutividade é medida com base na proporcionalidade direta entre a intensidade de uma corrente elétrica induzida e a condutividade elétrica do meio em que isto ocorre.

A temperatura é medida por uma ponte de Wheatstone DC que utiliza termistores estabilizados como sensores de temperatura.

A salinidade é função da condutividade e da temperatura, parâmetros que são combinados automaticamente por um

circuito especial que fornece diretamente o valor da salinidade.

A temperatura foi também registrada com o uso de termistores acoplados a correntógrafos e correntômetros HydroProducts, com precisão de $\pm 1,2^{\circ}\text{C}$.

A metodologia de medições consistiu em:

- a) realização de perfis verticais em pontos previamente determinados, com instrumentos (termo-salinômetro e correntômetro com sensores de temperatura) operados de bordo de embarcação;
- b) medições eulerianas, utilizando termistores acoplados a correntógrafos fundeados em pontos diversos.

O Quadro 4.1 apresenta um resumo de toda a campanha de medições, incluídas também as de corrente, com locais, sistema de medição, e períodos.

O Quadro 4.2 apresenta as coordenadas dos pontos de medição no sistema UTM (Universal Transversa de Mercator).

Quadro 4.1 - Campanha de medições de ondas, correntes, salinidade, condutividade e temperatura da água do mar

	Fundeios	Perfis Verticais (C,S,T)	Ondógrafo	Direções de onda
P1 (10m)	22/06 a 01/07/81	22/06 a 01/07/81	-	-
P2 (10m)	22/06 a 01/07/81	22/06 a 01/07/81	-	-
P3 (5m)	22/10 a 18/11/81	Fev/82 a Dez/82	-	-
P4 (8m)	22/10 a 18/11/81	Fev/82 a Dez/82	-	-
P5 (6m)	22/10 a 18/11/81	-	-	-
P6 (4,5m)	14/02 a 01/03/82	Fev/82 a Mar/83	-	2/82 - 3/84 4/84 - 12/85*
P7 (10,5m)	Fev/82 a Nov/83	Fev/82-Set/83 Jan/84-Jun/84	-	-
P8 (16m)	-	-	Fev/82 a Dez/85	-
P10 (5m)	-	Dez/82-Jan/83	-	-
P11 (8m)	-	Dez/82 a Mar/83	-	-
P12 (6m)	Dez/82 a Jun/84	Fev/82-Set/83 Jan/84-Jun/84	-	-
P13 (8m)	-	Dez/82 a Mar/83	-	-
P14 (6m)	-	Dez/82 a Mar/83	-	-
P15 (8m)	-	Dez/82 a Mar/83	-	-

(*) Novo ponto para leitura de direções de onda

Quadro 4.2 - Coordenadas UTM dos pontos de medição de ondas, correntes, salinidade, condutividade e temperatura da água do mar

Ponto	Coordenadas UTM	
	Este (E)	Norte(N)
P1	277 965	7 281 965
P2	297 825	7 301 243
P3	277 040	7 283 655
P4	277 750	7 282 770
P5	279 615	7 285 770
P6	281 810	7 288 145
P7	282 550	7 287 205
P8	287 340	7 283 290
P10	275 459	7 282 154
P11	276 178	7 281 333
P12	276 694	7 282 922
P13	277 341	7 282 396
P14	277 864	7 284 051
P15	278 353	7 283 404

A Figura 2.2 mostra as estações de medição em planta, conforme distribuição ao longo da costa.

Apesar dos períodos de medições de temperatura, salinidade e condutividade apresentados no Quadro 4.1 serem longos, para os efeitos do presente trabalho serão considerados os resultados obtidos entre fevereiro de 1982 e março de 1983, porque a grande maioria dos valores (646 perfis verticais - mais de 95% do total) está concentrado naquele período; a partir daí os perfis passaram a ser feitos apenas quando da manutenção dos correntógrafos, cerca de duas vezes por mês, e mesmo assim em pontos esparsos.

Além disso, cobriu-se mais de um ano com medições intensivas e simultâneas dos parâmetros considerados.

As medições de temperatura com o uso do termistor acoplado ao correntógrafo instalado em P12 foram realizadas até junho de 1984. Como não há medições simultâneas de salinidade os resultados não serão tratados com detalhe.

4.1 - Coleta de dados

Os perfis verticais foram realizados de bordo de embarcação, em levantamentos diários na medida do possível.

O correntômetro e a célula de indução do salinômetro eram descidos às profundidades desejadas através de cabo de aço preso a um guincho mecânico.

As leituras eram feitas da superfície para o fundo, de metro em metro nos pontos rasos, ou a cada dois metros nos pontos mais profundos, sempre com o barco fundeado.

Cuidados especiais eram tomados para minorar a interferência do movimento da embarcação, e de seu casco, nas medições, tais como o uso de lastro nos equipamentos para garantir a verticalidade da linha de perfilagem e a manutenção de distância mínima entre os instrumentos e o casco (+/- 1 m).

Os valores obtidos eram lançados em planilhas especialmente confeccionadas, onde era possível ainda anotar uma série de outras informações como estado do mar, condições meteorológicas, estado de funcionamento dos aparelhos. A Figura 4.1 apresenta uma planilha para ilustração.

Quanto às medições em fundeio, a correntógrafo, a preocupação foi quase sempre a de registrar correntes superficiais. Por este motivo os correntógrafos eram presos a poitas e bóias de sustentação de modo a se manterem entre 1,5 a 2,0 m abaixo da superfície. Em geral foi utilizada a programação de 30 minutos para obtenção de dados de corrente e temperatura. Em alguns casos os correntógrafos foram instalados a meia profundidade.

Semestralmente, e às vezes trimestralmente, os aparelhos eram calibrados em laboratório, seguindo instruções dos fabricantes. Nestas ocasiões fazia-se uma calibração eletrônica e uma calibração física, seguidas por uma simulação de funcionamento.

No campo, antes de cada dia de medições, era geralmente realizada uma verificação expedita do funcionamento do salinômetro e de correntômetros/correntógrafos.

FIGURA 4.1
PLANILHA UTILIZADA PARA
ANOTAÇÃO DE DADOS DE
PERFIS VERTICAIS

Ponto: _____
 Data: _____
 Hora: _____
 OPERADOR: _____

DISTÂNCIA DO FUNDO (m)	TEMPERAT. (°C)	CONDUTIV. (mmho/cm)	SALINIDADE (‰)	CORRENTE	
				Intens.(cm/s)	Direção-NM(°)

CORRENTÔMETRO:

SALINÔMETRO

DIREÇÃO DA ONDA (NM, °): _____

ALTURA DAS ONDAS: _____ PERÍODO: _____

ESTADO DO MAR: calmo moderado agitado

VENTO: DIREÇÃO (NM, °) _____ INTENSIDADE: _____

CORRENTE NA SUPERFÍCIE: DIREÇÃO (NM, °) _____ INTENSIDADE: _____

CALIBRAÇÃO: TERMO SALINÔMETRO

CONDUTÂNCIA DO PADRÃO: ANTES _____ DEPOIS _____

TEMPERATURA: MEDIDA/TERMÔMETRO _____

(ÁGUA) MEDIDA/TERMO-SAL. _____

TEMPERATURA DO AR À SOMBRA _____

CALIBRAÇÃO	Antes		Depois	
	Posição	Leitura	Posição	Leitura
CORRENTÔMETRO	0°		0°	
	90°		90°	
	180°		180°	
	270°		270°	

4.2 - Tratamento dos dados

As serem recebidas no escritório as planilhas eram avaliadas nas informações prestadas, as quais eram criticadas e, a seguir, processadas.

O processamento era simples mas laborioso. Dados de direção de correntes eram convertidos para a referência do Norte verdadeiro e os de salinidade corrigidos segundo curvas de calibração previamente levantadas.

Os dados de corrente (intensidade e direção) e de temperatura obtidos pelos correntógrafos eram digitalizados através de leitura com gabarito próprio, manualmente.

Os dados de corrente a correntômetro e os de temperatura e salinidade a salinômetro eram usados na construção de diagramas diários, ponto por ponto, para estes parâmetros.

Os dados de corrente a correntógrafo alimentaram programas de tratamento estatístico mais refinado, conforme será visto no Capítulo 7.

4.3 - Resultados

Com base em 2584 valores de temperatura e de salinidade, na superfície e junto ao fundo, foram confeccionados os quadros 4.3 a 4.12, que mostram, ponto a ponto, valores mínimos, médios e máximos de temperatura, salinidade e densidade da água do mar.

Como se pode observar na Figura 2.2 os pontos P6 e P7 estão situados ao largo da Praia do Una, em frente à estação do CDTN, e a NE do Morro do Grajaúna.

Os demais pontos concentram-se entre a Ponta da Juréia e a Ponta do Grajaúna, ao largo da Praia do Rio Verde. Isto se deve ao fato de que a tomada e a descarga das águas de refrigeração seriam construídas nesta área e o conhecimento do campo de temperaturas era fundamental para a calibração dos modelos de dispersão térmica. A necessidade de se conhecer com detalhes este campo motivou inclusive um adensamento das medições no período de dezembro de 1982 a fevereiro de 1983, meses de verão, em que a temperatura das águas é naturalmente maior, conforme veremos, e, conseqüentemente, são mais críticas as condições de dispersão de efluentes térmicos.

Os quadros mencionados permitem avaliar a variação dos parâmetros temperatura, salinidade e densidade sob três aspectos: variação sazonal (ao longo do tempo), variação horizontal (ao longo e ao largo da costa), variação vertical (ao longo da coluna).

Trataremos de cada um destes aspectos para cada um dos parâmetros, começando pela temperatura.

Quadro 4.3 - Valores de T, S e σ em P3

		Mar/82	Abr/82	Mai/82	Jun/82	Jul/82	Ago/82	Set/82	Out/82	Nov/82	Dez/82
T	Min	24,3	24,4	21,6	20,8	20,2	19,8	20,3	21,0	23,3	24,4
	Med	26,8	24,5	22,8	21,4	21,4	20,6	21,5	22,2	24,1	25,4
	Max	28,7	24,5	23,8	22,0	22,7	21,3	22,2	24,2	25,9	26,8
S	Min	24,0	24,2	21,6	20,9	20,6	19,8	20,1	21,0	22,9	23,8
	Med	26,3	24,4	22,7	21,4	21,1	20,4	21,1	21,8	23,7	24,4
	Max	27,4	24,6	23,6	22,0	21,4	21,0	22,0	23,7	25,6	25,5
Z.	Min	32,9	31,8	32,2	29,9	30,5	31,6	33,7	31,1	28,7	28,7
	Med	34,4	32,8	33,8	33,1	33,2	33,7	34,3	33,4	31,9	31,2
	Max	35,4	34,0	35,3	35,0	37,1	34,6	34,7	34,5	34,7	33,7
S	Min	33,4	33,8	32,7	33,3	33,1	32,7	34,1	32,4	34,4	32,1
	Med	34,9	34,0	34,1	34,2	34,3	34,1	34,4	33,9	32,8	33,1
	Max	35,6	34,1	35,3	35,6	37,0	35,1	34,8	34,5	34,8	34,0
σ	Min	25,4	24,3	25,1	23,1	23,7	24,8	26,7	24,2	21,6	21,4
	Med	26,5	25,3	26,5	26,0	26,1	26,7	27,1	26,2	24,5	23,6
	Max	27,2	26,4	27,8	27,7	29,7	27,4	27,4	26,9	26,9	25,8
F	Min	25,9	26,3	25,6	26,2	26,1	25,8	27,1	25,4	24,2	24,7
	Med	27,0	26,4	26,8	27,0	27,2	27,1	27,3	26,7	25,4	25,6
	Max	27,6	26,5	27,8	28,3	29,7	27,9	27,5	27,0	27,0	26,7

Quadro 4.4 - Valores de T, S e σ em P4

		Mar/82	Abr/82	Mai/82	Jun/82	Jul/82	Ago/82	Set/82	Out/82	Nov/82	Dez/82
T	Min	25,3	24,4	21,4	20,7	20,2	19,8	20,5	21,0	23,2	23,9
	Med	27,1	24,7	22,9	21,5	21,6	20,9	21,5	22,4	24,2	25,4
	Max	28,2	25,2	23,9	22,8	23,1	23,5	22,3	24,8	26,3	27,6
°C	Min	25,1	23,9	21,5	21,1	20,9	19,9	20,1	20,8	22,4	22,9
	Med	26,4	24,1	22,6	21,5	21,0	20,4	21,0	21,5	23,6	23,5
	Max	27,2	24,3	23,2	21,9	21,3	21,0	21,7	23,2	25,5	24,2
S	Min	32,8	31,3	31,8	30,1	27,7	31,4	33,5	29,8	27,0	26,0
	Med	33,9	32,7	33,7	33,1	32,8	33,6	34,1	32,9	31,8	30,8
	Max	34,9	33,8	34,5	35,4	37,2	34,9	34,7	34,9	34,6	33,8
Z.	Min	33,3	34,4	33,4	33,1	33,5	33,7	34,1	30,1	30,6	32,4
	Med	34,8	34,5	34,4	34,3	34,7	34,3	34,4	33,8	33,1	33,6
	Max	35,3	34,6	35,7	36,0	37,2	35,1	34,7	34,8	34,7	34,2
σ	Min	25,1	23,8	24,8	23,3	21,2	24,6	26,5	23,0	20,0	19,0
	Med	25,9	25,1	26,4	26,0	25,7	26,1	26,9	25,7	24,5	23,2
	Max	26,7	26,1	27,0	28,0	29,7	27,4	27,4	27,3	26,7	25,7
F	Min	25,7	26,9	26,3	26,0	26,4	26,7	27,1	23,3	23,5	25,1
	Med	26,9	27,0	27,1	27,1	27,6	27,2	27,3	26,6	25,7	26,2
	Max	27,3	27,0	28,2	23,6	29,9	27,9	27,5	27,4	27,0	26,7

Quadro 4.5 - Valores de T, S e σ em PB

		Fev/82	Mar/82	Abr/82	Mai/82	Jun/82	Jul/82	Ago/82	Set/82	Out/82	Nov/82	Dez/82	Jan/83
T	Min	28,0	23,9	24,1	21,5	20,9	20,1	20,0	20,7	21,2	23,4	23,9	23,9
	Med	29,1	26,5	24,7	23,0	21,6	21,5	21,0	21,5	22,7	24,5	25,6	27,0
	Max	29,9	28,2	25,0	24,2	22,2	22,9	22,6	22,1	24,9	27,1	27,0	29,5
°C	Min	27,1	23,7	23,9	21,5	20,9	19,9	20,0	20,4	21,0	22,7	23,6	23,2
	Med	26,7	26,1	24,2	22,6	21,5	21,0	20,7	21,1	22,0	24,0	24,9	25,6
	Max	29,8	27,6	24,8	23,4	22,7	21,5	22,2	21,9	23,7	26,6	25,8	28,3
S	Min	33,9	32,6	32,1	32,3	30,2	29,3	31,4	34,0	31,8	29,6	26,8	28,9
	Med	34,2	34,2	33,2	33,8	33,1	33,4	33,3	34,3	33,6	32,1	32,1	33,2
	Max	34,3	35,8	34,2	35,1	35,2	37,3	34,2	34,6	34,7	34,4	34,6	35,4
X.	Min	34,3	33,0	33,3	33,2	32,7	31,7	32,3	34,0	32,4	31,0	29,9	30,3
	Med	34,4	34,9	34,0	34,2	33,9	34,3	33,9	34,4	33,9	32,7	33,4	33,9
	Max	34,5	35,7	34,8	35,3	35,9	37,3	35,1	34,8	34,8	34,6	34,6	35,7
O	Min	25,8	25,2	24,7	25,2	23,4	22,7	24,6	26,9	24,8	22,4	19,7	21,7
	Med	25,9	26,3	25,6	26,4	26,0	26,3	26,2	27,1	26,3	24,6	24,4	25,2
	Max	25,8	27,6	26,5	27,5	27,9	29,8	26,9	27,3	27,0	26,4	26,6	27,0
F	Min	26,1	25,6	25,8	26,1	25,7	24,9	25,4	27,0	25,4	23,8	22,7	23,1
	Med	26,2	27,1	26,5	26,9	26,7	27,2	26,8	27,3	26,7	25,2	25,8	26,2
	Max	26,3	27,6	27,2	27,8	28,5	30,0	27,9	27,5	27,3	26,7	26,8	27,5

Quadro 4.6 - Valores de T, S e σ em P7

		Fev/82	Mar/82	Abr/82	Mai/82	Jun/82	Jul/82	Ago/82	Set/82	Out/82	Nov/82	Dez/82	Jan/83	Fev/83
T	Min	27,9	24,8	24,7	21,4	20,1	20,3	20,5	20,4	21,0	23,2	24,1	23,4	29,1
	Med	29,0	27,0	25,1	22,8	21,6	21,7	21,1	21,6	22,6	24,3	25,6	27,0	30,4
	Max	29,6	28,4	25,8	24,0	23,0	22,8	22,0	22,4	25,5	26,8	27,2	29,8	31,7
S	Min	25,8	23,5	23,7	21,2	20,8	20,6	19,9	20,3	20,7	21,8	23,3	22,9	27,7
	Med	26,8	26,2	23,8	22,5	21,4	21,0	20,4	20,9	21,7	23,6	24,2	25,0	28,0
	Max	27,3	27,4	23,9	23,6	21,9	21,2	20,9	21,7	23,4	25,2	25,5	27,0	28,2
Z	Min	32,2	32,2	32,3	31,7	29,5	28,7	31,7	34,0	31,3	30,2	26,8	27,8	30,7
	Med	33,8	34,2	33,3	33,8	33,2	33,8	33,6	34,2	33,5	32,1	32,0	33,1	31,3
	Max	34,2	36,4	34,0	35,2	35,6	33,8	34,7	34,4	34,8	34,7	34,7	34,4	31,9
S	Min	34,9	33,8	34,5	33,3	33,0	33,7	32,9	34,2	33,2	31,5	32,6	31,3	33,0
	Med	35,8	35,3	34,6	34,4	34,3	34,5	34,3	34,5	34,2	33,1	33,9	34,3	33,9
	Max	36,3	36,0	34,7	35,5	35,2	35,2	35,2	34,8	34,8	35,0	34,9	35,8	34,7
O	Min	25,1	24,6	24,8	24,7	22,8	22,1	24,8	27,0	24,4	23,0	19,7	20,7	22,4
	Med	25,5	26,2	25,7	26,5	26,1	25,7	26,5	27,0	26,2	24,6	24,3	25,1	22,7
	Max	25,8	28,2	26,2	27,7	28,2	26,5	27,4	27,1	27,1	26,8	26,7	29,0	23,1
F	Min	27,1	26,4	27,0	26,2	26,0	26,7	26,0	27,2	26,2	24,4	25,3	24,1	24,9
	Med	27,9	27,4	27,1	27,0	27,1	27,4	27,2	27,4	27,0	25,7	26,4	26,6	25,8
	Max	28,3	28,0	27,2	28,0	27,9	26,0	26,0	27,6	27,3	27,3	27,2	27,8	26,3

Quadro 4.7 - Valores de T, S e σ em P10

			Dez/82	Jan/83
T °C	S	Min	24,7	23,5
		Med	25,8	26,9
		Max	27,0	28,9
	F	Min	23,9	23,3
		Med	25,2	25,7
		Max	26,8	28,1
S %	S	Min	25,8	32,0
		Med	31,5	33,8
		Max	34,2	35,1
	F	Min	32,9	32,6
		Med	33,8	34,3
		Max	34,6	35,3
σ	S	Min	16,7	24,7
		Med	23,8	25,8
		Max	26,2	26,8
	F	Min	25,4	25,3
		Med	26,1	26,5
		Max	26,7	27,2

Quadro 4.8 - Valores de T, S e σ em P11

			Dez/82	Jan/83
T °C	S	Min	25,2	23,6
		Med	25,9	27,2
		Max	26,7	29,0
	F	Min	23,8	23,2
		Med	24,5	25,4
		Max	25,4	26,6
S %	S	Min	25,5	32,9
		Med	31,1	33,7
		Max	34,5	35,0
	F	Min	33,4	33,2
		Med	34,1	34,5
		Max	34,7	35,5
σ	S	Min	18,3	25,5
		Med	23,4	25,7
		Max	26,6	26,7
	F	Min	25,9	25,8
		Med	26,5	26,8
		Max	27,0	27,6

Quadro 4.9 - Valores de T, S e σ em P12

			Dez/82	Jan/83	Fev/83	Mar/83
T °C	S	Min	24,6	23,4	28,1	25,4
		Med	25,7	26,8	29,3	26,3
		Max	27,8	28,7	31,7	28,0
	F	Min	23,8	23,2	28,1	24,3
		Med	24,8	25,6	29,2	25,3
		Max	25,4	27,3	31,7	26,8
S %	S	Min	25,7	29,8	27,6	31,5
		Med	32,3	33,3	29,2	32,4
		Max	34,8	35,1	30,3	33,6
	F	Min	33,0	31,3	30,6	31,9
		Med	34,0	34,0	32,2	33,7
		Max	34,9	35,3	32,8	34,7
σ	S	Min	18,6	22,6	19,6	23,9
		Med	24,6	25,4	20,9	24,6
		Max	26,7	26,9	21,5	25,5
	F	Min	25,6	24,0	22,5	24,4
		Med	26,4	26,3	23,9	29,6
		Max	27,2	27,3	24,0	26,8

Quadro 4.10 - Valores de T, S e σ em P13

			Dez/82	Jan/83	Fev/83
T °C	S	Min	24,6	25,1	28,5
		Med	25,7	27,1	28,7
		Max	26,9	29,4	28,9
	F	Min	23,7	23,2	28,4
		Med	24,7	25,2	28,5
		Max	25,5	27,4	28,5
S %	S	Min	24,8	30,8	28,4
		Med	32,0	33,2	29,7
		Max	34,5	35,0	31,0
	F	Min	33,2	32,8	32,8
		Med	34,0	34,5	32,9
		Max	34,7	35,5	32,9
σ	S	Min	17,8	23,3	20,3
		Med	24,3	25,2	21,5
		Max	26,5	26,6	22,7
	F	Min	25,8	25,5	24,6
		Med	26,4	26,8	24,7
		Max	27,0	27,5	24,7

Quadro 4.11 - Valores de T, S e σ em P14

			Dez/82	Jan/83
T °C	S	Min	25,3	23,6
		Med	25,6	26,6
		Max	26,4	29,1
	F	Min	23,7	23,4
		Med	25,0	25,3
		Max	26,2	27,1
S %	S	Min	32,6	28,1
		Med	33,5	33,2
		Max	34,5	34,8
	F	Min	32,8	32,2
		Med	33,9	34,0
		Max	34,7	35,4
σ	S	Min	24,9	21,0
		Med	25,8	25,3
		Max	26,6	26,5
	F	Min	25,4	24,9
		Med	26,2	26,3
		Max	26,9	27,4

Quadro 4.12 - Valores de T, S e σ em P15

			Dez/82	Jan/83
T °C	S	Min	24,8	23,6
		Med	25,7	26,6
		Max	26,4	29,0
	F	Min	23,8	22,9
		Med	24,8	25,1
		Max	25,5	27,2
S %	S	Min	31,8	30,4
		Med	33,4	33,0
		Max	34,4	35,5
	F	Min	33,2	32,3
		Med	34,0	34,3
		Max	34,6	35,7
σ	S	Min	24,3	23,1
		Med	25,7	25,1
		Max	26,5	27,2
	F	Min	25,8	25,0
		Med	26,4	26,6
		Max	26,9	27,7

Consideremos os quadros 4.3 a 4.6, que apresentam medições em P3, P4, P6 e P7, respectivamente, e tomamos como ponto de partida o mês de março de 1982, que marca o final do verão e início do outono no hemisfério sul, apesar de, na verdade, as estações não apresentarem limites muito bem definidos para seu início e fim.

Neste mês as temperaturas médias na superfície giram em torno dos 27°C, com mínimas em torno de 25°C e máximas em torno de 28°C.

As temperaturas médias no fundo giram em torno de 26°C, com mínimas em torno de 24°C e máximas em torno de 27°C.

De março para agosto as temperaturas médias, mínimas e máximas caem gradativamente apresentando, neste último mês, seus menores valores.

A temperatura superficial média fica em torno de 21°C, com mínimas de 20°C e máximas de até 23°C.

A temperatura média no fundo fica em torno de 20°C, com mínimas em torno de 19°C e máximas em torno de 21°C.

Entre os meses de março a agosto, portanto, há uma redução de 5°C a 6°C nos valores de temperatura, tanto na superfície quanto no fundo.

De agosto a dezembro, passando pela primavera e chegando ao início do verão os valores de temperatura voltam a subir gradativamente.

Em dezembro, na superfície, a temperatura média manteve-se em torno de 25,5°C, com mínimas em torno de 24° e máximas em torno de 27°C.

No fundo a temperatura média esteve em torno de 24°C, com mínimas em torno de 23,5°C e máximas em torno de 25,5°C.

Estes valores representam um aumento de 4°C a 4,5°C em relação aos valores de agosto.

A temperatura da água continua aumentando até se atingir o mês de fevereiro, inequivocamente o mês em que as águas se apresentam mais aquecidas ao longo de todo o ano.

Considerando os pontos P6, P7, P12 e P13 verifica-se que as temperaturas superficiais médias estão em torno de 29°C, com mínimas de 28°C e máximas em torno de 31°C.

As temperaturas médias no fundo variam de 28°C a 29°C, ficando as mínimas em torno de 27-28°C e as máximas, de 29-30°C.

Em fevereiro de 1983 foram medidas as maiores temperaturas na região, 31,7°C, nos pontos P7 e P12.

Com o fim do verão e a chegada do outono, em março-abril, o ciclo se completa, com as temperaturas caindo para os níveis mencionados inicialmente.

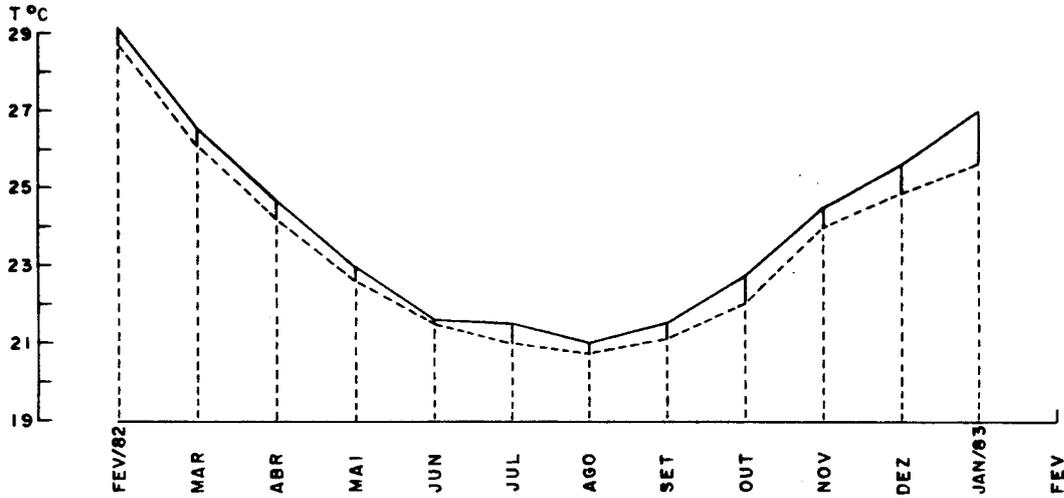
A Figura 4.2 mostra a evolução temporal dos valores médios de temperatura para os pontos P3, P4, P6 e P7.



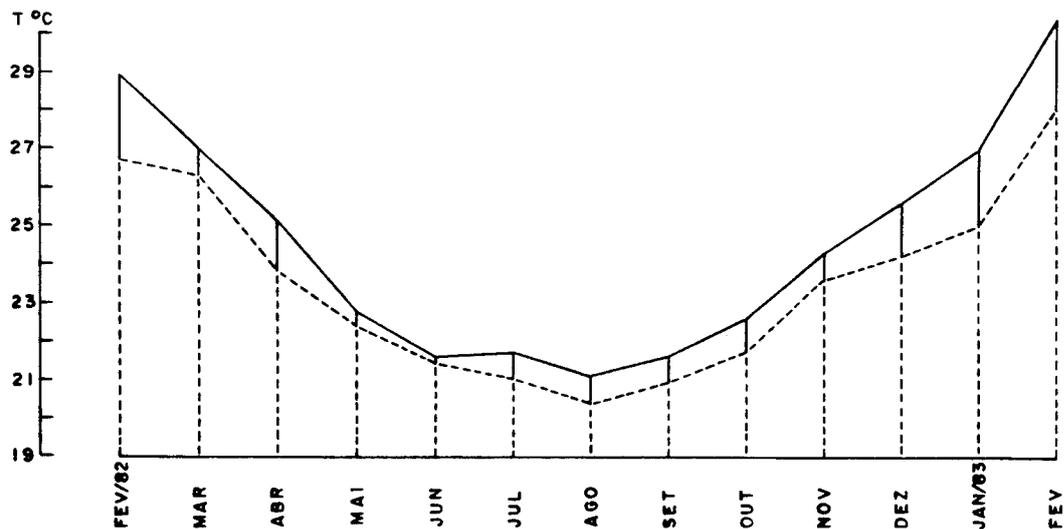
P3



P4



P6



P7

SUPERFÍCIE

FUNDO

FIGURA 4.2 - VARIAÇÃO SAZONAL DOS VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA (P3, P4, P6, P7)

A variação espacial da temperatura pode ser avaliada tomando-se, por exemplo, médias dos valores médios das temperaturas para todos os pontos e ao longo de intervalos de tempo em que houve medições simultâneas.

Se tomarmos os pontos P3, P4, P6 e P7, no período de março a dezembro de 1982 verificaremos que, para cada um deles, este valor é 23,0°C, com desvio padrão de 2,0°C, na superfície. Para o fundo estes valores são de 22,7°C e 1,9°C, respectivamente.

Pode-se fazer as mesmas considerações para P10, P11, P14 e P15, com relação aos meses de dezembro/82 e janeiro/83. Neste caso o valor médio das médias superficiais é de 26,6°C, com desvio padrão de 1,5°C.

Estas considerações, juntamente com a avaliação do restante dos valores de temperatura, indicam que não há variações de temperatura ao longo da costa, e ao largo dela, na área estudada.

Quanto ao comportamento da temperatura ao longo das colunas verticais, pode-se dizer que é o usual em medições em costa aberta.

As medições foram realizadas em pontos rasos (lembrar que os mais profundos tinham 16 metros), nos quais a presença de termoclinas bem caracterizadas é incomum, dada a tendência da coluna em se manter homogênea pela capacidade da luz solar

penetrar nestas profundidades e pelo misturamento vertical das águas nos trechos mais rasos.

Assim, as temperaturas superficiais foram, na grande maioria das vezes, superiores às temperaturas junto ao fundo.

Os gradientes são pequenos, de 1°C, em média, ao longo dos meses.

Durante os meses de inverno as colunas apresentam maior homogeneidade, quanto à temperatura, que nos meses de verão, o que também é natural esperar pois há maior turbulência, contribuindo para dar às águas uma condição de melhor misturamento.

O segundo parâmetro a ser considerado é a salinidade. Sendo uma propriedade química da água do mar é de se esperar que o teor de sais dissolvidos mantenha-se constante, pela própria condição natural da homogeneidade química das águas oceânicas, em condições normais.

Os quadros 4.3 a 4.12 mostram uma constância muito grande deste parâmetro, tanto com relação ao tempo (não há variação sazonal clara) quanto com relação ao espaço (todos os pontos apresentam praticamente as mesmas concentrações de sal), de modo semelhante ao que fora mostrado no Capítulo 2, para valores obtidos do Banco Nacional de Dados Oceanográficos.

Os valores médios na superfície, para todos os pontos e ao longo de todo o período de medições ficam em torno de 33,0 ppm (ou mg/l), enquanto aqueles no fundo situam-se em torno de 34,0 ppm.

Os gradientes são, portanto, pequenos, embora ocorram casos isolados de valores mínimos na faixa de 25,0 - 26,0 ppm e máximos na faixa de 36,0 - 37,0 ppm.

A variação ao longo das colunas é também a usual, ou seja, valores menores na superfície que no fundo, aumentando gradualmente, de modo suave, com a profundidade.

Se a variação das condições de evaporação ao longo do ano tem pouca influência sobre a salinidade, é interessante constatar que, em dias de chuvas intensas, a salinidade atinge valores muito baixos na superfície (25,0 - 26,0 ppm), aumentando bruscamente no primeiro ou segundo metro de coluna d'água, fato observado em quaisquer dos pontos de medição. Além da contribuição da própria precipitação pode influenciar neste parâmetro o súbito e volumoso aporte de águas doces vindas dos rios Verde, Grajaúna e Una, além de mais um ou dois outros pequenos córregos que, como vimos no Capítulo 2, deságuam nesta parte da costa e têm regimes torrenciais em seus trechos mais altos.

Só nestes casos muito especiais constatou-se a existência de haloclinas, que desaparecem rapidamente com o término das chuvas pela re-homogeneização das águas pelos processos naturais de misturamento, o que equivale a dizer que não há indicações de estratificação e que o corpo d'água é bastante estável do ponto de vista da concentração dos sais dissolvidos.

O último parâmetro a ser considerado é a densidade, uma função da temperatura, da salinidade e da pressão.

Para o cálculo deste parâmetro optou-se pelo emprego da metodologia desenvolvida em [14], ao invés do uso das Tábuas Hidrográficas de Knudsen.

O trabalho de Cox et alii [14] resultou na obtenção de uma equação que relaciona densidade, salinidade e temperatura, desenvolvida a partir da determinação da densidade de uma série de amostras de águas oceânicas naturais (mares Vermelho, Báltico, Mediterrâneo; oceanos Pacífico e Atlântico), cobrindo faixas de salinidade de 9 ppm a 41 ppm e de temperatura de 0°C a 25°C.

A expressão utilizada tem a forma geral:

$$\sigma = \sum_{ij} a_{i,j} T^i S^j \quad \text{para } 0 \leq i \text{ e } j \leq 3 \quad (2)$$

onde:

S - salinidade (ppm);

T - temperatura (°C).

Os coeficientes polinomiais obtidos para esta expressão têm os valores:

i	j	a_{ij}
0	0	$8,009 \times 10^{-2}$
	1	$7,970 \times 10^{-3}$
	2	$1,317 \times 10^{-4}$
	3	$-6,118 \times 10^{-6}$
1	0	$5,881 \times 10^{-2}$
	1	$-3,253 \times 10^{-3}$
	2	$2,879 \times 10^{-4}$
2	0	$-8,114 \times 10^{-3}$
	1	$3,891 \times 10^{-4}$
	0	$4,766 \times 10^{-5}$

Os valores de densidade que aparecem nos quadros 4.9 a 4.12 são, na verdade, teóricos, calculados com base numa composição de valores mínimos, médios e máximos de temperatura com os de salinidade correspondentes, nos dois níveis de profundidade (superfície e fundo).

Considerando-se todos os pontos de medições verifica-se que a densidade média mantém-se em torno de 25 e 26 unidades σ na superfície, e em torno de 26 e 27 unidades σ no fundo, valores que são perfeitamente coerentes com as densidades médias de áreas oceânicas abertas ($\sigma = 25$).

Não há variação sazonal bem marcada mas uma tendência a apresentar valores um pouco menores que a média nos meses de verão, especialmente por efeito do maior aquecimento das águas nestes meses e provavelmente muito pouco pela variação da salinidade, que se mostrou muito mais constante ao longo do período de medições. Esta tendência é ainda menos acentuada para a densidade das águas nas camadas inferiores.

Variações da densidade com a maior ou menor proximidade da costa também não foram observadas.

Pelo fato das colunas d'água se mostrarem bastante homogêneas quanto aos parâmetros temperatura e salinidade é de se esperar que também o sejam quanto à densidade.

Isto de fato acontece. Os gradientes da superfície para o fundo são pequenos, de 1 a 2 unidades e não se observam estratificações estáveis, caracterizadas pela presença de picnoclinas permanentes ou de longa duração.

Somente quando da queda brusca da salinidade, pela ação de precipitações pluviométricas intensas, conforme já se comentou, é que aparecem oscilações mais acentuadas na densidade superficial, mas de curta duração e comum a todos os pontos de medições.

Para resumir, o conhecimento dos parâmetros temperatura, salinidade e densidade ao longo de um ano completo e até a profundidade de 16 m permite concluir que a temperatura varia sazonalmente apresentando valores superficiais mínimos de

20°C e de 19°C junto ao fundo, no inverno (agosto) e temperaturas máximas superficiais de 31°C, e de 30°C junto ao fundo, no verão (fevereiro).

Não foram observadas variações horizontais ou verticais importantes.

A salinidade é bem mais constante ao longo do ano, não havendo variação sazonal clara, a não ser alguma indicação de valores médios menores em julho-agosto. Os valores de salinidade encontram-se, em sua maioria, na faixa de 33,0 a 34,0 ppm.

Também não se observam variações horizontais e verticais importantes da salinidade a qual, no entanto, sofre influência direta de chuvas intensas, quando os valores superficiais podem cair para 25,0 - 26,0 ppm.

A densidade, por depender diretamente da temperatura e da salinidade tende, geralmente, apesar de algumas nuances de comportamento, a acompanhar as flutuações destes parâmetros.

Por este motivo, mostrou-se constante ao longo do ano, com pequeno declínio no período de verão, pelo aumento da temperatura média das águas.

A média dos valores esteve entre 25 e 27 unidades, com algumas quedas bruscas quando de chuvas intensas. Também não foram observadas variações horizontais e verticais.

Os resultados acima permitem concluir que o corpo d'água estudado apresenta propriedades físico-químicas típicas de

águas costeiras. É um corpo estável, bastante homogêneo e se insere com muita adequação à classificação dada por Emilsson (15) para águas costeiras do litoral sul do país, como sendo aquelas ocupando a parte interna da plataforma continental e apresentando salinidades menores que 35,0 ppm e temperaturas maiores que 19,0°C.

5 - ONDAS

Um dos fenômenos ambientais mais importantes, e mais facilmente observáveis na região costeira é a presença das ondas, e suas diversas formas de atuação.

As ondas são responsáveis por parte da circulação local de águas, ao induzirem a formação das correntes litorâneas e das correntes de compensação de transporte de massa, entre a zona de arrebentação e a linha de praia.

É também muito importante sua contribuição ao transporte de sedimentos nas regiões de águas rasas e, por este motivo, são frequentemente determinadoras da geometria das praias e de sua composição sedimentar.

O conhecimento do clima de ondas local é de fundamental importância no planejamento, projeto e construção de estruturas costeiras, para o adequado estudo de esforços estruturais, cotas de coroamento, impactos na região circunvizinha.

A campanha de medições de onda realizada em Iguape - Peruibe teve como objetivo principal fornecer dados a serem usados no projeto das estruturas de tomada e de descarga de água de refrigeração, no projeto de estruturas portuárias e de proteção à costa, em modelos físicos da região, no cálculo do transporte litorâneo.

Para atender a esta finalidade foi utilizado um

ondógrafo a acelerômetro do tipo WaveRider Datawell, de fabricação holandesa, que entrou em operação em 22/02/82, tendo sido definitivamente retirado em janeiro de 1986.

A bóia foi fundeada a cerca de 8 km da Praia do Una (Figura 2.2), a uma profundidade de 16 m em relação ao nível de redução da DHN, em ponto de coordenadas UTM mostradas no Quadro 4.2 (Capítulo 4).

Os dados eram transmitidos para a estação de equipamentos do CDTN na Praia do Una, onde eram registrados em papel, por um receptor/registrator do tipo Warep, também da Datawell.

O Waverider é basicamente uma bóia dotada de um acelerômetro que, acompanhando os movimentos da superfície livre do mar, mede a altura das ondas através da medição da aceleração vertical da bóia, aceleração esta que, por um sistema automático de dupla integração do sinal no tempo, é convertida em deslocamento vertical.

O instrumento apresenta baixíssima sensibilidade a acelerações horizontais (menor que 3%) e a outros movimentos espúrios.

O sinal DC correspondente à altura da onda é convertido em um sinal FM de onda quadrada, que modula o transmissor, o qual o transmite para uma estação receptora numa faixa de frequências entre 27 e 28 MHz, dependendo do canal de operação escolhido. O alcance de transmissão pode chegar a 50 km.

A operação da bóia, incluindo a lâmpada sinalizadora, é garantida por um conjunto de 26 baterias do tipo seco, usadas em telefones.

O fundeio do aparelho foi feito com correntes de aço inoxidável, um sistema de amarração especial para permitir livre movimentação da bóia e corrente de navio (cerca de 120 kg) como poita.

O sistema de fundeio era inspecionado a cada 15 ou 30 dias, com auxílio de mergulhador; a cada 3 ou 4 meses a bóia era retirada para limpeza de incrustações, pintura, troca de baterias, manutenção das amarras e calibração eletrônica, feita em laboratório e/ou no campo, com um "kit" de calibração próprio, fornecido pelo fabricante ISI.

5.1 Coleta dos Dados

Os dados de onda eram recebidos na Praia do Una por um receptor/registrator do tipo Warep.

Os registros, com duração de 20 minutos, eram obtidos a cada três horas, num total de oito registros diários (00:00h, 03:00h, 06:00h, 09:00h, 12:00h, 15:00h, 18:00h, 21:00h). Adotou-se a velocidade do papel de 3 cm/min e, na escala das alturas, tomou-se a relação 1:100.

O sistema de recepção era alimentado a baterias de 12V.

A direção de incidência das ondas era observada com a

utilização de um teodolito equipado com bússola. No período de 22/02/82 a 25/11/82 foram feitas duas observações diárias, às 09:00 h e às 17:00 h, da torre instalada na estação da Praia do Una, com 15 m de altura.

A região de observação ficava junto ao ponto P6 (Quadros 4.1 e 4.2), a 6 m de profundidade, materializada por bóia de sinalização (Figura 2.2). Cada observação constava de 10 leituras, feitas com um minuto de intervalo, e a média dessas leituras era adotada como a direção final.

No período de 25/11/82 a 17/04/84 passou-se a fazer três leituras diárias da direção de incidência das ondas, acrescentando-se uma leitura às 13:00 h.

A partir de março de 1984 as leituras passaram a ser feitas de um novo local, a base M -201, no Morro do Grajaúna, de coordenadas UTM 277813E e 7284816N e altitude de 40 m. O novo ponto visado, também marcado por bóia, ficava numa região com 8,5 m de profundidade (Figura 5.1). Foi retomada a sistemática de duas leituras diárias a partir de 17/04/84.

Observações feitas fora dos horários programados (não coincidentes com os registros) eram atribuídas ao registro mais próximo.

Frequentemente as direções de onda eram também observadas na mesma região pelo uso das bússolas das embarcações utilizadas nos trabalhos, aproveitando-se as mesmas para as ondas e procedendo-se às leituras.

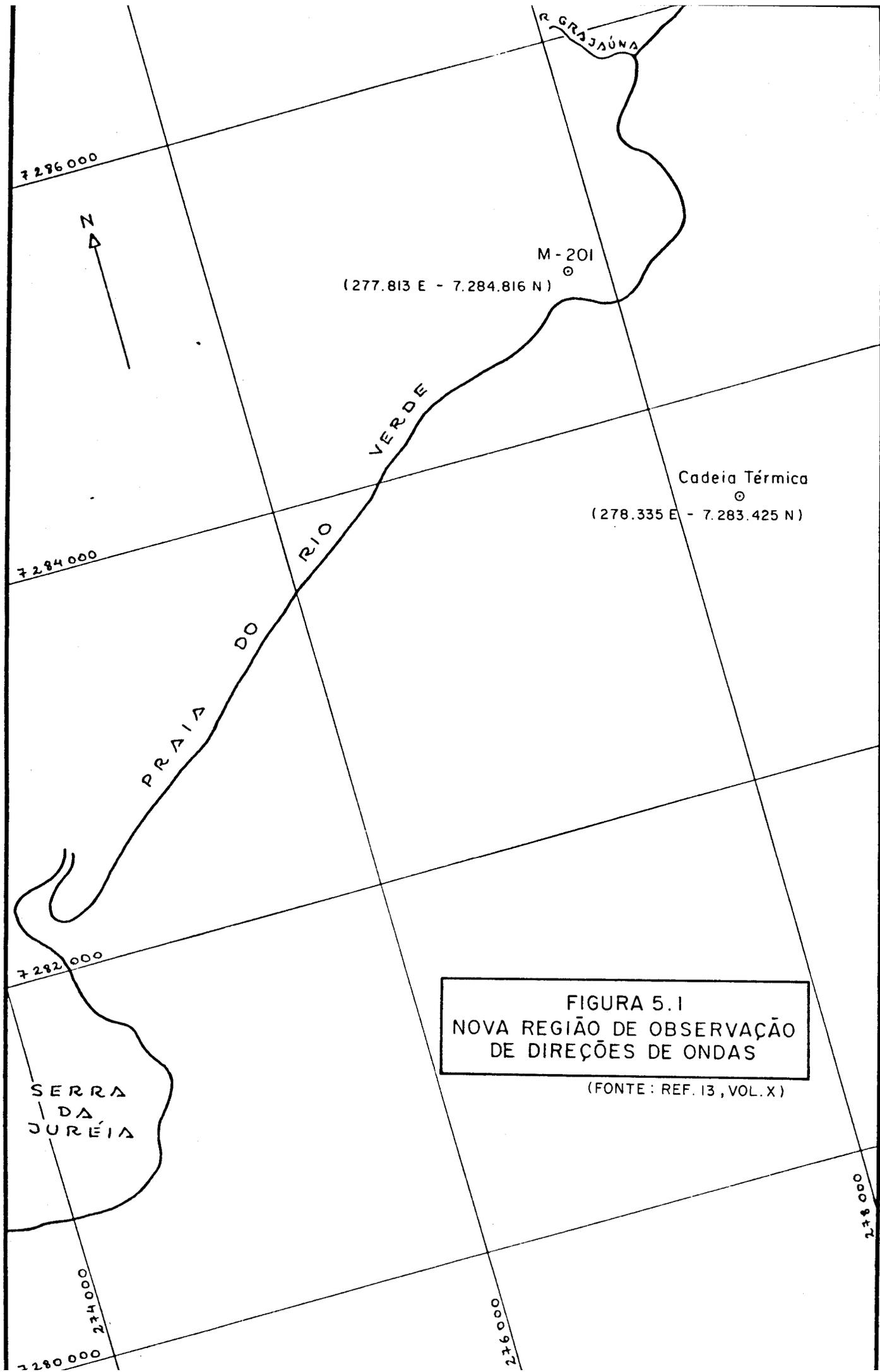


FIGURA 5.1
NOVA REGIÃO DE OBSERVAÇÃO
DE DIREÇÕES DE ONDAS

(FONTE : REF. 13 , VOL. X)

A obtenção visual das direções de onda está sujeita a erros, por depender bastante da capacidade do leitorista e das condições do mar e do tempo. As dificuldades geralmente são o mascaramento da direção das ondulações pela sobreposição de vagas locais, a falta de referências no mar, o ajuste do aparelho, visibilidade ruim.

5.2 Tratamento dos dados

Os rolos de papel registrador eram periodicamente enviados ao CDTN para processamento.

Na ocasião testou-se um sistema de gravação digital de dados de onda em fita magnética. Os resultados não foram satisfatórios. Planejava-se utilizar os dados gravados em fita para análise espectral da agitação marítima, conforme fundamentação apresentada em [17].

Os dados contidos nos rolos de papel registrador eram criticados, digitados e tratados de acordo com o método de Tucker-Draper [18].

Este método, que permite a análise dos dados no domínio do tempo, será comentado de modo sucinto a seguir [11].

O método de análise de registros de ondas por Tucker - Draper é bastante simples. Baseia-se em estudos das propriedades estatísticas das ondas realizados por Longuet-Higgins. Permite a obtenção de diversos parâmetros ondulatórios (T_c , T_z , H_1 e H_s , definidos a seguir) e a análise é praticamente independente do

operador.

Os parâmetros são obtidos da seguinte forma:

- a. toma-se um trecho de cada registro, ou todo ele, e traça-se a linha correspondente ao nível médio do registro, a chamada linha zero;
- b. conta-se o número de cristas (N_c); por crista entenda-se todo ponto em que o nível da água passa por um máximo, inclusive abaixo da linha zero;
- c. conta-se o número de vezes em que o registro corta a linha zero, em interseções ascendentes (N_z);
- d. a partir do nível médio medem-se as amplitudes da crista mais alta (A) e da segunda crista mais alta (B); medem-se também as amplitudes do cavado mais baixo (C) e do segundo cavado mais baixo (D), quantidades consideradas positivas;
- e. calculam-se os parâmetros:

$$H_1 = A + C \quad (3)$$

$$H_2 = B + D \quad (4)$$

$$T_c = t/N_c \quad (5)$$

$$T_z = t/N_z \quad (6)$$

onde:

H_1 - altura máxima (m);

H_2 - segunda maior altura (m);

t - período de duração do registro (s);

T_c - período das cristas (s);

T_z - período das interseções ascendentes (s), que é considerado como o período que melhor representa o registro;

f. calcula-se o parâmetro de largura espectral, ϵ , através de

$$\epsilon = \sqrt{1 - (T_c/T_z)^2} \quad (7)$$

É praxe considerar que este parâmetro dê uma boa indicação do grau de pureza do registro e permita identificar o tipo de ondulação registrada.

Se as ondas registradas tiverem uma ampla faixa de frequências, ou seja, representarem processos de banda larga, haverá muito mais cristas que interseções com a linha zero, isto é, $N_c \gg N_z$, implicando em que $T_z \gg T_c$. Neste caso, ϵ tenderá para a unidade e a agitação será do tipo vaga ("sea").

Caso as ondas registradas cubram uma faixa estreita de frequências, representando um processo de banda estreita, o número de cristas será maior ou, no mínimo, igual ao número de interseções ascendentes, ou seja, $N_c \approx N_z$, implicando em que $T_z \approx T_c$. Neste caso, ϵ tenderá para zero e a agitação terá características de ondulação ("swell").

g. calcula-se a altura significativa do registro ($H_s = H_{1/3}$) através de valores da razão H_s/H_1 obtidos como função de valores de N_z , a partir dos estudos de Longuet-Higgins. A altura significativa corresponde à altura média do terço das ondas mais altas e é frequentemente utilizada em Engenharia Costeira para caracterização do estado do mar, juntamente com o período de onda

significativo.

Partindo dos valores obtidos para H_s foram ainda calculados os seguintes parâmetros de altura de ondas:

- i) H_{rms} - altura média quadrática (m);
- ii) H_{max} - altura máxima de onda individual do registro (m);
- iii) $H_{1/10}$ - altura média do décimo superior das ondas mais altas (m);
- iv) H_{med} - altura média das ondas (m).

Os parâmetros acima foram calculados com base em relações experimentais apresentadas por Bandeira [11] após estudos estatísticos de ondas registradas em Paranaguá entre abril de 1972 e março de 1973.

Bandeira mostrou que a agitação marítima em Paranaguá poderia, com excelente ajuste, ser representada pela distribuição de Rayleigh, através da comparação de resultados experimentais com relações teóricas obtidas por Longuet-Higgins a partir daquela distribuição.

A distribuição de Rayleigh é amplamente aceita para estudos de Engenharia Costeira; além disso, a região entre Tramandaí, RS, e o limite oeste da Baía da Ilha Grande, RJ, que compreende portanto os litorais de Paranaguá e de Iguape-Peruibe apresenta o mesmo clima de ondas, em águas profundas [10].

No trecho de costa estudado esta apresenta um alinhamento de cerca de 50 graus com o Norte verdadeiro.

Portanto, o azimute da normal à praia é de 140 graus (SE), ou seja, ondas que tenham ângulos de incidência menores que este valor atingirão a praia em posição oblíqua, e à esquerda da normal, para um observador em terra. Para ângulos maiores que 140 graus o ataque também será oblíquo, mas as ondas virão da direita à normal, para o mesmo observador.

Para efeito de tratamento estatístico as direções de incidência foram agrupadas em classes de 5 graus.

Alguns registros foram selecionados para análise espectral, com base nos valores da energia das ondas para registros obtidos entre 22/02/82 e 31/08/83.

O cálculo da energia foi feito através dos parâmetros H_s e T_s ($E = H_s^2 * T_s$) e os registros escolhidos representavam eventos independentes, exceção feita às ressacas de 20/09/82 e de 03/08/83 que, por terem sido as mais severas verificadas no período de medições, foram representadas por três registros cada.

Este trabalho foi realizado pelo Instituto de Pesquisas Hidroviárias - INPH, à época pertencente à PORTOBRAS (19).

5.3 Resultados

Os dados tratados segundo os procedimentos mencionados anteriormente foram apresentados em onze relatórios de progresso que compõem a referência (13). Cada um desses volumes congrega os resultados obtidos trimestralmente, entre janeiro de 1982 e setembro de 1984.

Os meses de janeiro a abril de 84 representaram um período de adaptação às condições locais. Entre maio e setembro o rendimento das medições esteve em torno de 50%. Entre setembro de 82 e agosto de 83 esteve em torno de 55%; a partir daí, até o final da campanha, esteve acima de 90%.

Os dados de ondas foram também analisados pelo INPH, no domínio do tempo, para os anos de 1984 (20) e 1985 (21).

Considerando os resultados apresentados em (13) foram confeccionados os quadros 5.1, 5.2 e 5.3, que trazem a variação dos parâmetros T_z , H_s , H_{rms} , H_{max} , $H_{1/10}$, H_{med} , em base mensal, ao longo dos anos de 1982, 83 e 84.

Os quadros mostram, para cada parâmetro, o valor mensal mais frequente e a porcentagem de ocorrência deste valor.

Mostram ainda o valor mensal mais frequente e a porcentagem de ocorrência dos valores do ângulo de incidência das ondas na profundidade de 6 m (8,5 m a partir de abril/84); os ângulos de incidência estão referidos ao Norte verdadeiro.

Quadro 5.1 - Parâmetros ondulatórios - 1982

	Tz(s)		H _B (m)		H _{RMS} (m)		H _{MAX} (m)		H _{1/10} (m)		H _{MED} (m)		α (°NV)	
	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%
JAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ABR	10	37	0,8 0,9	16	0,5 0,8	22	1,1 1,3	16	1,0 1,1	16	0,6	32	125 130	23
MAI	7	37	1,1	20	0,8	31	1,6	21	1,3	21	0,8	32	120	44
JUN	7	28	1,0	16	0,8	28	1,5	16	1,2	16	0,7 0,8	16 17	135	44
JUL	9	30	1,0	28	0,8	46	1,5	28	1,2	28	0,7	28	135	49
AGD	9	31	1,2	27	0,8	33	1,9	31	1,6	31	0,8	39	135	43
SET	6 9	20	1,0	23	0,8	27	1,5	23	1,2	23	0,7	23	140	45
OUT	7 8	26	1,0	16	0,8	26	1,5	16	1,2	16	0,8	21	135	42
NOV	7	37	1,0	19	0,5 0,8	19	1,5	19	1,2	19	0,6 0,7	19	135	45
DEZ	6	33	1,0	28	0,5 0,8	39	1,5	28	0,7 1,2	33	0,4	33	140	37

V- valor mais frequente; %- porcentagem de ocorrência de V

Quadro 5.2 - Parâmetros ondulatórios - 1983

	T _Z (s)		H _B (m)		H _{RMS} (m)		H _{MAX} (m)		H _{1/10} (m)		H _{MED} (m)		α (°NV)	
	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%
JAN	7	33	1,0	23	0,8	39	1,5	20	1,2	23	0,8	36	135	61
FEV	7	38	1,0	29	0,8	51	1,5	28	1,2	29	0,8	31	135	57
MAR	8	33	1,0	18	0,8	29	1,5	19	1,2	19	0,6	26	130	50
ABR	8	27	1,0	21	0,8	31	1,1	22	1,2	20	0,6	24	135	73
MAI	6	40	1,3	14	1,0	16	1,9	14	1,6	14	0,6	20	135	71
JUN	8	28	1,2	16	0,8	26	1,8	13	1,2	15	0,6	23	135	70
JUL	6	29	1,0	17	0,8	27	1,5	17	1,2	17	0,6	22	135	61
AGO	7	36	1,2	11	1,1	15	1,8	11	1,5	11	0,8	16	135	55
SET	7	33	1,3	13	1,1	18	1,9	12	1,6	13	0,8	19	135	27
OUT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130	39
NOV	6	29	0,8	17	0,8	24	1,1	16	1,0	17	0,6	27	130	48
DEZ	7	34	0,6	17	0,5	35	1,0	17	0,8	18	0,6	25	135	50

V- valor mais frequente; %- porcentagem de ocorrência de V

Quadro 5.3 - Parâmetros ondulatórios - 1984

	Tz(s)		Hs(m)		Hrms(m)		Hmax(m)		H1/10(m)		Hmed(m)		α (°NU)	
	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%
JAN	5	34	0,5 0,6	21	0,5	35	0,8	19	0,7	21	0,4	35	130	57
FEV	6	38	0,6	20	0,5	34	0,8	20	0,7	20	0,4	28	130	59
MAR	7	32	1,0	14	0,8	20	1,5	13	1,2	14	0,7 0,8	14	130	54
ABR	6	30	1,0 1,3	14	0,8	21	1,0 1,1	9 10	1,5 1,6	14	0,8	23	140	54
MAI	7 8	23 22	0,6	18	0,5	32	0,8	16	0,7	18	0,4	25	145	59
JUN	7	30	1,0	15	0,8	25	1,5	12	1,2	15	0,8	19	145	45
JUL	8	34	1,2 1,3	10	0,8	12	1,8 1,9	10 10	1,5 1,6	10	0,8	18	145	56
AGO	7	31	1,2	15	1,1	18	2,4	13	2,0	12	1,0	19	130 140 150	19
SET	7	36	1,2	11	1,1	18	1,8	11	1,5	10	0,8 1,0	18	135	23

V- valor mais frequente; %- porcentagem de ocorrência de V

5.3.1 Resultados de 1982

Ro longo do ano de 1982 o periodo das interseções ascendentes (T_z) variou entre 4 s e 13 s, sendo de 7 s o valor mais frequente (36%) e de 9 s o segundo valor mais frequente (27%).

No segundo trimestre deste ano T_z variou entre 4 s e 12 s, tendo as ondas se apresentado relativamente mais longas em abril (valores mais frequentes - 64% - de T_z entre 9 s e 10 s). As ondas mais curtas ocorreram em maio (valores mais frequentes - 60% - de T_z entre 7 s e 8 s).

No trimestre julho-agosto-setembro T_z variou entre 5 s e 12 s, sendo de 9 s e 10 s os periodos mais frequentes no trimestre, mostrando que as ondas mais longas predominaram.

No último trimestre do ano T_z variou entre 4 s e 13 s, e as ondas se apresentaram relativamente mais longas em outubro (valores mais frequentes - 52% - de T_z entre 7 s e 8 s).

Os valores da altura significativa H_s ficaram compreendidos entre 0,3 m e 3,7 m em 1982, sendo de 1,0 m o valor mais frequente (60%) no ano.

Os valores da altura média quadrática H_{rms} variaram entre 0,2 m e 2,7 m; o valor mais frequente foi de 0,8 m (75%).

A altura média H_{med} variou entre 0,2 m e 2,5 m e os

valores mais frequentes foram de 0,7 m e 0,8 m (36%).

Para a altura máxima H_{max} a variação ficou compreendida entre 0,3 m e 5,7 m . O valor mais frequente (60%) é de 1,5 m.

A altura $H_{1/10}$ variou entre 0,3 m e 4,7 m; o valor mais frequente foi de 1,2 m (55%).

No segundo trimestre de 82 abril e junho apresentaram as ondas mais altas em valores absolutos, apesar de maio apresentar maior porcentagem de ondas relativamente mais altas. Neste mês, por exemplo, 79% dos valores de H_s são maiores que ou iguais a 1,0 m, ao passo que, para abril e junho estes percentuais são de 41% e de 46% , respectivamente.

Considerando-se o terceiro trimestre de 1982 verifica-se que setembro foi o mês que apresentou ondas mais altas. No dia 20/09 foram obtidos dois registros de ondas individuais de 5,5 m (cavado para a crista seguinte).

O intervalo entre os limites inferior e superior da faixa de variação dos parâmetros de altura é sensivelmente maior que o do trimestre anterior, ou seja, o espectro de variação desses parâmetros de altura é mais largo, condizente com a agitação mais intensa e irregular característica do período de inverno.

O último trimestre do ano de 1982 apresentou ondas relativamente mais baixas que as do trimestre anterior, mas ainda mais altas que os valores observados em abril-maio-junho. Em ou-

tubro foi registrada a maior onda individual do trimestre, 4,2 m, do cavado para a crista seguinte (06:00 h, 15/10). O maior valor de Hmax foi de 4,5 m, correspondente ao registro daquela onda.

Ao longo de todo o ano de 82 as ondas mais altas ocorreram em setembro e outubro, respectivamente.

Os valores do ângulo de incidência das ondas na profundidade de 6 m ficaram compreendidos entre 95 graus NV e 185 graus NV. O valor mais frequente foi o de 135 graus NV, com 50% das ocorrências. Isto mostra que a maioria das ondas atinge a costa à esquerda da normal.

No segundo trimestre de 82 o ângulo de incidência de ondas variou entre 110 graus NV (ESE) e 165 graus NV (SSE).

Nos meses de abril, maio e junho a porcentagem de direções de incidência inferiores a 140 graus é, respectivamente, de 82% , 85% e 54%, indicando que a maioria das ondas vem da esquerda à normal.

Essa predominância se reduziu em junho, relativamente a abril e maio. Nestes meses as direções estão concentradas entre 115 graus NV e 130 graus NV e naquele, entre 135 graus NV e 145 graus NV, nas vizinhanças da normal à praia.

No trimestre julho-agosto-setembro as direções de incidência de ondas ficaram entre 95 graus NV (E) e 185 graus NV (S), uma faixa de variações mais ampla que a do trimestre anterior. No entanto, a grande maioria dos valores (percentuais de 90%) situa-se à esquerda da normal e mais, concentra-se entre

135 graus NV e 145 graus NV, dando sequência ao processo que havia sido observado no final do trimestre anterior.

Para o último trimestre do ano a direção de incidência das ondas também variou entre 95 graus NV e 185 graus NV. Novamente a grande maioria dos valores de direção (percentuais de 90%) mostrou-se situada à esquerda da normal à praia e as direções mais frequentes são as de 135 e 145 graus NV.

Os diagramas das Figuras 5.2 e 5.3 resumem o comportamento anual dos parâmetros estudados, apresentando a variação dos valores mais frequentes obtidos a partir de uma apuração mês a mês.

5.3.2 Resultados de 1983

O período das interseções ascendentes T_z variou entre 4 s e 12 s neste ano. Tomando por base a variação mês a mês o período mais frequente no ano foi de 7 s, com 50% das ocorrências.

No primeiro trimestre do ano os valores de T_z ficaram compreendidos entre 5 s e 11 s. Nos meses de janeiro e fevereiro o valor mais frequente foi de 7 s, e de 8 s em março. Fevereiro apresentou um regime de ondas relativamente mais curtas que janeiro e março.

No trimestre abril-maio-junho os valores de T_z ficaram compreendidos entre 4 e 11 segundos. Em maio o período mais frequente (40%) foi de 6 s, caracterizando ondas mais curtas que em abril e junho, conforme já fora observado em 82.

Nos meses de julho, agosto e setembro os valores de T_z ficaram compreendidos entre 4 e 12 segundos. O valor mais frequente em julho foi de 6 s, e de 7 s em agosto e setembro. Com relação ao trimestre correspondente do ano anterior, neste trimestre as ondas se apresentaram mais curtas e a agitação marítima foi mais intensa.

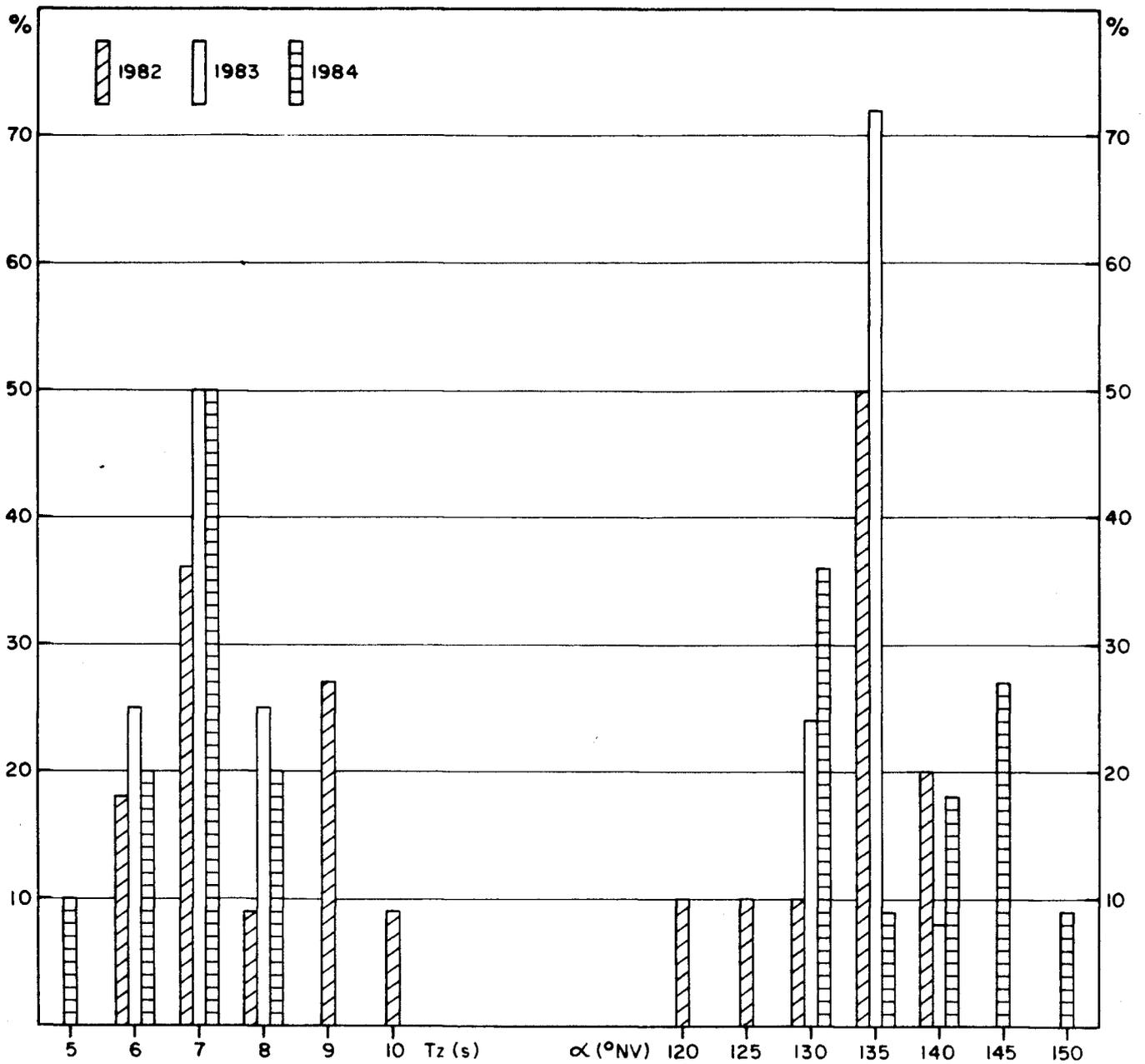


FIGURA 5.2 - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE VALORES DE T_z E DE α - 1982/83/84

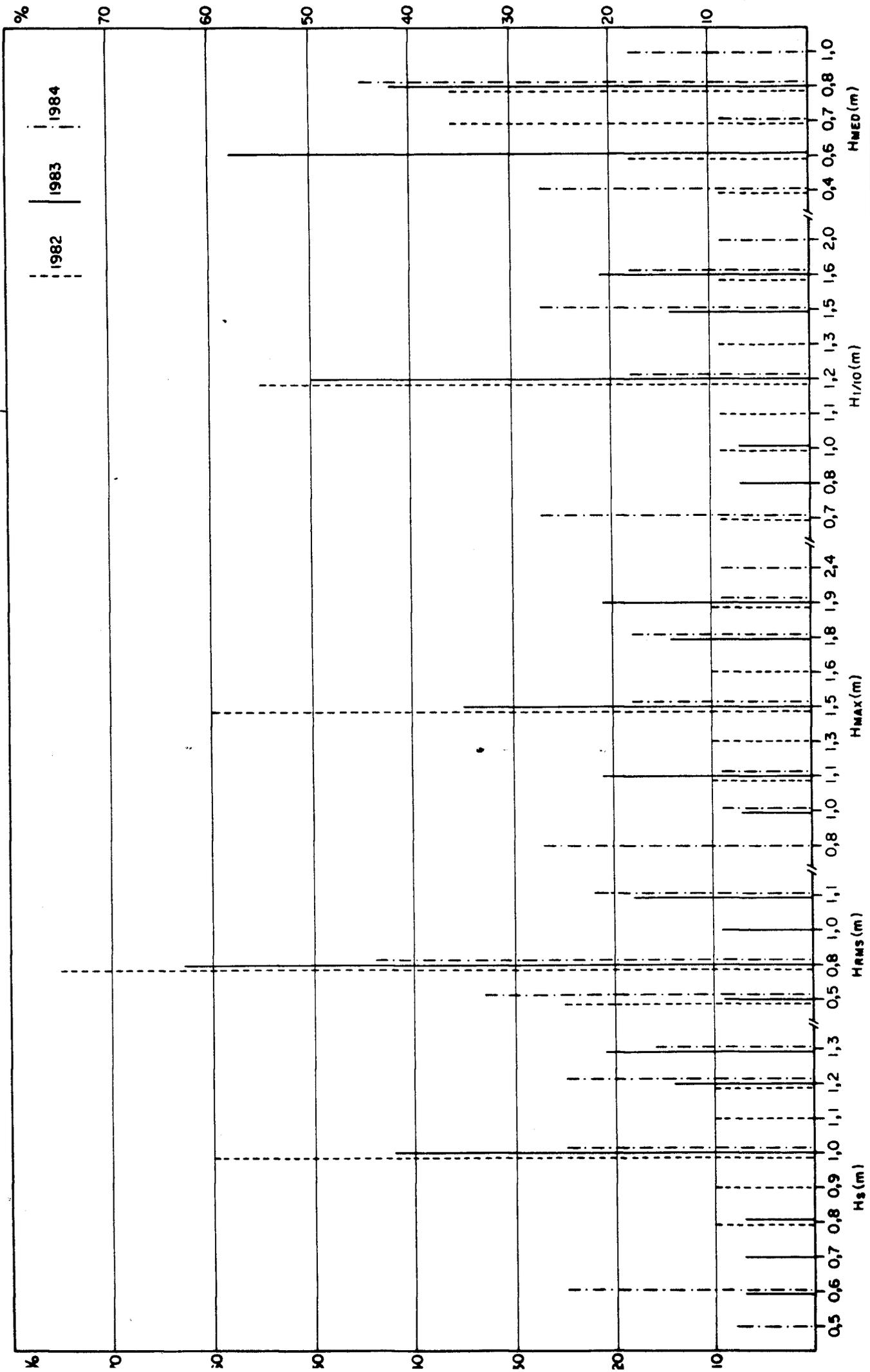


FIGURA 5.3 - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE PARÂMETROS DE ALTURA DE ONDAS - 1982/83/84

No último trimestre do ano os valores de T_z ficaram compreendidos entre 4 e 10 segundos, sendo de 6 s o valor mais frequente em novembro e de 7 s em dezembro. Não há registros em outubro, período em que o ondógrafo foi retirado para manutenção.

Considerando todo o ano de 83 os valores de H_s ficaram compreendidos entre 0,4 m e 4,5 m, uma faixa de valores bem mais ampla que aquela observada em 82. O valor mais frequente foi de 1,0 m (42%).

A altura média quadrática H_{rms} variou entre 0,3 e 3,3 metros, com o valor mais frequente de 0,8 m (63%).

As alturas H_{med} , H_{max} e $H_{1/10}$ variaram, respectivamente, entre 0,3 e 3,0 metros, 0,5 e 7,0 metros e 0,5 e 5,6 metros, com valores mais frequentes de 0,6 m (58%), 1,5 m (35%) e 1,2 m (50%) no ano (Figura 5.3).

A faixa de variação dos valores de H_s foi praticamente a mesma no último trimestre de 82 e no primeiro trimestre deste ano quando as ondas foram, inclusive, relativamente mais baixas.

Portanto, no verão de 82-83 o clima de ondas caracterizou-se por valores de H_s entre 0,6 e 2,1 metros e valores de T_z predominantemente entre 7 e 8 segundos.

Comparando-se o segundo trimestre de 83 com o primeiro do mesmo ano fica clara a alteração das condições ondulatórias, especialmente a partir do mês de maio. Os limites superiores das faixas de variação dos parâmetros de altura de onda são maiores

neste trimestre do que no anterior, e também maiores que os limites observados no trimestre correspondente de 1982, indicando condições mais severas de inverno neste ano.

O terceiro trimestre do ano, como o fora o de 82, é o período de mais intensa agitação do mar, com muitas ondas curtas e altas.

As alturas de ondas são especialmente notáveis para o mês de agosto. Nesta ocasião registrou-se uma onda individual de 6,7 m e, para este mesmo registro, foi obtido um valor de Hmax de 7,0 m.

As condições do mar começam a se abrandar em setembro e esta situação predomina durante todo o último trimestre do ano.

Apesar de um inverno mais rigoroso que o de 82 o ano de 83 apresentou um início de verão mais brando no que diz respeito à agitação marítima. O mês de dezembro de 83 foi particularmente calmo, com acentuado predomínio das condições de bom tempo.

O ângulo de incidência das ondas na isóbata de 6 metros, durante todo o ano de 83, variou entre 95 graus NV (E) e 155 graus NV (SSE), estando a maioria dos valores agrupados na classe de 135 graus NV -72 %, logo à esquerda da normal à praia.

No primeiro trimestre do ano os valores dos ângulos de incidência das ondas ficaram concentrados entre 130 graus NV e 140 graus NV, com predominância do valor de 135 graus.

Nos três últimos trimestres a faixa de variação se estreitou, ficando entre 115 e 145 graus.

Em abril-maio-junho a direção de 135 graus é francamente predominante, enquanto que no trimestre seguinte são mais importantes as direções de 135 e 140 graus NV, fato também observado para os dois trimestres correspondentes de 82.

O último trimestre de 83 mostra a faixa mais estreita de variação da direção (125 - 145 graus NV), com os valores se concentrando entre 130 e 135 graus, num padrão ligeiramente diferente do que fora observado no último trimestre do ano anterior (Figura 5.2).

De qualquer modo, tanto para 83 como para 82, a grande maioria das direções de incidência das ondas fica à esquerda da normal à praia, para um observador em terra.

5.3.3 Resultados de 1984

Nos volumes referidos como !13! são apresentados dados de ondas até o terceiro trimestre de 84, inclusive. Por este motivo os comentários a seguir contemplarão também resultados do tratamento de dados realizado pelo INPH !20!.

No ano de 1984 foram obtidos 2612 registros, de um total previsto de 2928, o que conferiu à campanha um rendimento de quase 90%. Foram também realizadas 519 observações de direção de ondas, de um total previsto para 842 observações; o rendimento desta campanha foi, então, de 62%.

Convém ressaltar que o INPH empregou, para as análises no domínio do tempo, o chamado método de Tucker-Draper modificado, no qual se consideram as três maiores alturas individuais de onda "zero up-crossing" em cada registro, a partir das quais são obtidas alturas significativas correspondentes, cuja média aritmética será tomada como a altura significativa do registro.

Neste ano o período das interseções ascendentes T_z variou entre 4 e 13 segundos. Foi de 7 s o período mais frequente no ano (50%), como nos anos anteriores (Figura 5.2).

No primeiro trimestre os valores de T_z ficaram compreendidos entre 4 e 11 segundos, sendo de 5 s o valor mais frequente em janeiro, de 6 s em fevereiro e de 7 s em março, mês que apresentou as ondas relativamente mais altas.

Abril, maio e junho apresentaram T_z variando entre 4 e 13 segundos, predominando os valores de 6 a 8 segundos. Em maio as ondas foram relativamente mais curtas.

No terceiro trimestre do ano de 84 os valores de T_z também se concentraram entre 6 e 8 segundos, dentro de uma faixa de variação de 4 a 13 segundos. O valor mais frequente em julho foi de 8 s e, em agosto e setembro, de 7 s. Agosto apresentou a faixa mais ampla de variações e ondas relativamente mais curtas que as dos outros dois meses. Comportamento semelhante fora observado nos trimestres correspondentes dos anos anteriores.

Para os parâmetros de altura de ondas as faixas de

variação no ano, e os valores mais frequentes, foram : Hs - 0,3 a 3,3 m (0,6 m, 1,0 m , 1,2 m , com 25 % cada); Hrms - 0,2 a 2,5 m (0,8 m, 44%); Hmed - 0,2 a 2,2 m (0,8 m, 45%); Hmax - 0,3 a 5,1 m (0,8 m, 27%); H1/10 - 0,3 a 4,2 m (0,7 e 1,5 m, com 27% cada) (Figura 5.3).

As faixas de variação dos parâmetros de altura de ondas dos meses de janeiro e fevereiro deste ano são praticamente as mesmas dos meses de novembro e dezembro de 83, mostrando uma natural continuação do clima ondulatório do período de verão.

O mês de março apresenta faixas mais amplas de variação destes parâmetros, com os valores de ocorrência mais frequente se deslocando para patamares mais elevados.

Quanto ao segundo trimestre, com relação ao trimestre anterior, observa-se uma certa atenuação da agitação, tendo maio apresentado um regime mais brando que abril e junho, com frequências de ocorrência de alturas distribuídas por faixa mais ampla de valores.

No terceiro trimestre, no entanto, o clima ondulatório mais típico de inverno se acentua e os parâmetros de altura de onda apresentam, via de regra, valores maiores que os do período anterior.

Agosto é, novamente, o mês em que os parâmetros de altura de ondas têm os maiores valores, e faixas mais amplas de variação.

Neste mês de agosto registrou-se uma onda individual de 5,6 m, do cavado à crista.

A direção de incidência de ondas variou de 125 graus NV a 170 graus NV durante 1984, com o valor mais frequente de 130 graus (36% das ocorrências totalizadas mês a mês - Figura 5.2).

No primeiro trimestre do ano os valores do ângulo de incidência das ondas, conforme medições frontais ao trem realizadas na isóbata de 6 metros, ficaram compreendidos entre 125 e 155 graus NV. Para os três primeiros meses a direção média mais frequente foi de 130 graus NV.

A partir de abril de 84 as direções de onda passaram a ser medidas de outro ponto na costa, como também a nova região de visada apresentava profundidade diferente (8,5 m).

Por ser de acesso mais difícil, e pelo fato de ter sido necessário treinar um novo operador, os dados de direção de ondas neste trimestre são mais escassos.

O ângulo de incidência variou entre 135 e 155 graus NV. Em abril o valor mais frequente foi de 140 graus e em maio e junho, de 145 graus NV, à direita da normal à praia e, portanto, ligeiramente mais para sul que os resultados anteriores.

No último trimestre em que houve análises do CDTN, julho-agosto-setembro, o ângulo variou entre 125 e 170 graus NV.

Em julho a direção mais frequente foi ainda a de 145 graus. Em agosto os valores se distribuíram predominantemente

entre 130 e 150 graus, retornando para a faixa 135 - 140 graus em setembro.

Em 1201 são apresentados diagramas de dispersão anual de binários compostos por grupos dos parâmetros calculados.

Assim, por exemplo, para o binário $H_{max} \times T_z$ o maior percentual de ocorrências conjuntas (2,3%) foi para $H_{max} = 1,60$ m e $T_z = 6,0$ s.

Para $H_{max} \times D$ (direção) os valores de maior ocorrência conjunta foram os de $H_{max} = 1,0$ m e $D = 120$ graus NV, com percentual de 4,3%.

H_s igual a 0,9 m e $T_z = 6,0$ s são os valores de maior frequência de ocorrência conjunta (3,6%) do binário $H_s \times T_z$.

O diagrama de dispersão do binário $H_s \times D$ indicou o maior percentual de ocorrência conjunta para $H_s = 0,7$ m e $D = 120$ graus, com 6,8% de frequência de ocorrência.

Para $T_z \times D$ os valores mais frequentes de ocorrência conjunta são $T_z = 6,0$ s e $D = 120$ graus, com 15,0% de frequência de ocorrência.

Os valores de largura espectral variam de 0,1 a 0,9. A faixa que concentra os valores mais frequentes fica entre 0,4 e 0,7, com 87,0% das observações. Dentro desta faixa, os valores mais frequentes são os de 0,6 (28,2% das ocorrências) e de 0,5 (25,4%).

Se se considerar que este parâmetro pode ser utilizado

como indicação do tipo de ondulação registrado, e se tomar valores médios calculados para cada mês de 84, verifica-se que novembro e dezembro apresentaram os maiores valores de largura espectral (0,7), indicativos de agitação do tipo vaga, por estarem mais próximos da unidade.

Os meses de janeiro e fevereiro apresentaram os menores valores de largura espectral, em torno de 0,5 . Nos outros meses os valores situam-se em torno de 0,6 .

5.3.4 Resultados de 1985

Os dados que serão tratados a seguir foram colhidos pelo CDTN e analisados pelo INPH/PORTOBRAS pelo método de Tucker-Draper modificado.

Foram analisados 2792 registros, de um total de 2920 possíveis, conferindo à campanha, neste ano, uma eficiência de 96% . O rendimento das medições de direção de ondas foi de 77%.

Obtidos os parâmetros característicos foram aplicadas distribuições estatísticas por classes e para valores extremos, como também distribuições de probabilidades conjuntas [21].

As classes de T_z variaram de 4,0 a 13,0 segundos, sendo de 6,5 s a classe de maior frequência de ocorrência anual (26% das observações). As classes de 7,0 e 8,0 segundos somam 45% das ocorrências. O maior valor de T_z foi de 13,3 s , ocorrido em novembro, com $H_{max} = 3,7$ m e $H_s = 2,3$ m .

As classes de Hs variam de 0,2 a 3,2 metros, sendo de 0,8 m a classe de maior frequência anual (12% das observações). A faixa onde se concentram a maioria dos valores de Hs (55%) vai de 0,6 a 1,0 m. O maior valor de Hs foi de 3,2 m, ocorrido em agosto, com período de 11,5 segundos.

A classe de Hmax de maior frequência anual foi de 1,3 m (7% das observações). As classes de Hmax entre 1,0 e 1,8 metros somam 58% das observações. Os limites da classe são 0,4 e 5,0 metros que, aliás, foi o maior valor de Hmax, verificado no mês de junho, com período de 8,4 s e direção de 160 graus NV (SSE).

Os valores do ângulo de incidência das ondas na profundidade de 8,5 m variaram entre 105 graus (ESE) e 174 graus NV (S), que foi a direção mais ao sul observada, 34 graus à direita da normal à praia para um observador em terra. As classes de direção mais frequentes foram as de 120 graus (50% das observações) e de 135 graus NV (29% das observações).

Os valores de largura espectral variam de 0,1 a 0,9. A faixa que concentra os valores mais frequentes fica entre 0,5 e 0,8, com 90% das ocorrências. Dentro desta faixa a classe mais frequente é a de 0,6 (34% das ocorrências), seguida pela classe de 0,7 (27% das ocorrências).

Janeiro e outubro apresentaram os maiores valores de largura espectral (0,72), ficando os valores para março, abril e maio na faixa de 0,66.

Contrariamente ao que fora observado em 84, não há uma

distribuição clara entre o tipo de ondulação registrado.

A maior probabilidade de ocorrência conjunta de T_z e H_{max} foi de 2,3%, correspondendo a classes de T_z de 1,2 s e de H_{max} de 7,0 m.

Para a probabilidade conjunta de ocorrência de T_z e H_s o valor é de 3,8%, para $T_z = 7,0$ s e $H_s = 0,7$ m, que são as classes correspondentes aos maiores valores de T_z e H_s .

O maior percentual de ocorrência conjunta de direção e de altura máxima foi de 3,4% para a classe de direção de 120 graus e de $H_{max} = 1,0$ m.

Para a direção de onda e o período T_z o maior percentual de ocorrência conjunta foi de 15,1%, com a classe de direção de 120 graus e a de T_z de 7,0 s.

O maior percentual de ocorrência conjunta de direção de onda e de H_s foi de 5,9%, com $D = 120$ graus e $H_s = 0,7$ m.

5.3.5 Resultados de análise espectral

Os registros selecionados pelo INPH para análise no domínio da frequência foram obtidos entre 22/02/82 e 31/08/83, sendo o material de que se dispunha na época.

Conforme já mencionado foram escolhidos os vinte registros que apresentaram o maior valor de energia e eventos independentes [19].

Os registros foram analisados de modo a se tentar definir as características espectrais do clima de agitação do local, isto é, caracterizar os períodos, direções, alturas e grupos de ondas predominantes e, a partir desses espectros, selecionar, dentre as tempestades típicas de outros trechos da costa brasileira a que mais se aproximasse das características espectrais de Peruibe.

No Quadro 5.4 são apresentados os principais parâmetros obtidos da análise espectral de cada um dos registros.

O período de pico T_p é definido como o inverso da frequência de pico que, por sua vez, é a frequência que apresentou a maior ordenada de energia (O_p).

O parâmetro O_p é adimensional e representa a "picosidade espectral" ("spectral peakdness").

Os períodos de pico variaram de 8 a 15 segundos.

O registro de 03/08/83 (15:00h) foi o que apresentou a maior ordenada de pico de energia ($449525 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}$), daí resultando um período de pico de 13,5 segundos.

Além deste, os registros que apresentaram maiores concentrações de energia foram o de 15/10/82 às 06:00 h ($O_p = 145520 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}$; $T_p = 14,2 \text{ s}$) e o de 20/09/82 às 12:00 h ($O_p = 259707 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}$; $T_p = 13,5 \text{ s}$).

Quadro 5.4 - Principais parâmetros obtidos por análise espectral de 20 registros selecionados

Fonte: Ref. [19]

Registro	Data	Hora	Análise Espectral			Graus (NV)
			Tp(s)	Qp	Hs(m)	
1	30/03/82	15:00	8,3	1,6	1,98	139
2	28/04/82	18:00	15,1	1,7	1,39	138
3	17/06/82	12:00	8,8	1,4	1,34	135
4	15/07/82	12:00	12,8	3,1	2,41	139
5	20/09/82	00:00	12,2	2,6	2,75	138
6	20/09/82	09:00	13,5	2,6	3,29	138
7	20/09/82	12:00	13,5	3,3	3,26	138
8	15/10/82	06:00	14,2	3,2	2,44	138
9	15/11/82	12:00	10,2	2,0	1,81	137
10	05/01/83	15:00	10,7	1,6	2,28	-
11	01/04/83	21:00	12,2	2,2	2,50	133
12	13/05/83	09:00	9,1	1,4	1,97	135
13	13/06/83	15:00	9,5	2,5	2,06	137
14	04/07/83	18:00	13,5	2,8	2,04	138
15	19/07/83	03:00	10,2	2,9	2,14	140
16	27/07/83	15:00	8,5	2,8	1,92	134
17	03/08/83	06:00	12,8	2,4	3,85	138
18	03/08/83	12:00	12,8	2,7	3,84	137
19	03/08/83	15:00	13,5	2,8	4,55	136
20	07/08/83	18:00	13,5	3,0	1,73	134

Os gráficos dos espectros de energia desses registros mostram que eles têm características de um "swell" (ondulação) puro, assim como a maioria dos registros analisados (quatorze dentre vinte).

O INPH comparou o espectro normalizado do registro de 03/08/83 (15:00h) com espectros de registros em vários outros locais costeiros, incluindo Suape, Pe, e Praia Mole, ES.

O registro de Peruibe apresenta-se menos concentrado que o de Praia Mole ($T_p = 8,3$ s ; $H_s = 1,18$ m) e com concentração semelhante ao de Suape ($T_p = 8,9$ s ; $H_s = 1,86$ m).

Ressaltando que os dados de que dispunha até então cobriam um intervalo de tempo relativamente curto, o INPH adiantou alguns valores de altura significativa que poderiam ser tomados como ondas de projeto para as obras costeiras na região.

Tomando a distribuição de Weibull, por ter apresentado o melhor coeficiente de correlação para ajustes de H_s ($k = 0,90$) os valores de altura significativa obtidos para os dados colhidos pelo CDTN para todas as direções de incidência foram: $H_s = 6,9$ metros ($Tr=30$ anos); $H_s=7,2$ metros ($Tr=50$ anos); $H_s=7,7$ metros ($Tr=100$ anos), onde Tr é o período de recorrência [19].

Para efeito de comparação, observar que Bandeira [11], utilizando relações estabelecidas por Larras, obteve para Paranaguá os seguintes valores de altura : $H_{10 \text{ anos}} = 5,6$ metros; $H_{100 \text{ anos}} = 7,1$ metros, comparáveis aos valores preliminares obtidos para Peruibe.

6 - MARES

O conhecimento da variação do nível médio do mar junto à costa é fator importante no planejamento de obras marítimas.

A elevação máxima deste nível é crítica para instalações nucleares à beira mar e obras de proteção costeira, e o nível mínimo é crítico para a navegação e mesmo para a estabilidade das obras, por estar ligado à arrebentação de ondas sobre elas.

O nível médio real do mar é resultante de uma composição entre a maré astronômica, consequência da ação de forças de atração gravitacional entre a terra, a lua e o sol, e a chamada maré meteorológica, associada a variações bruscas nos regimes de ventos e de pressão atmosférica.

A maré é influenciada pela topografia do fundo, pela morfologia costeira, por efeitos de ressonância em áreas confinadas e pela aceleração de Coriolis, podendo dar origem a correntes de maré (marés "horizontais") de grandes intensidades.

A maré meteorológica extrema tem duração relativamente curta (algumas horas) e a velocidade com que se propaga diminui com a profundidade, enquanto aumenta sua amplitude.

A campanha de registro de marés no trecho costeiro de Iguape-Peruibe envolveu quatro estações diferentes.

A DNH operou um marégrafo diário na Ponta da Prainha entre junho e julho de 1981.

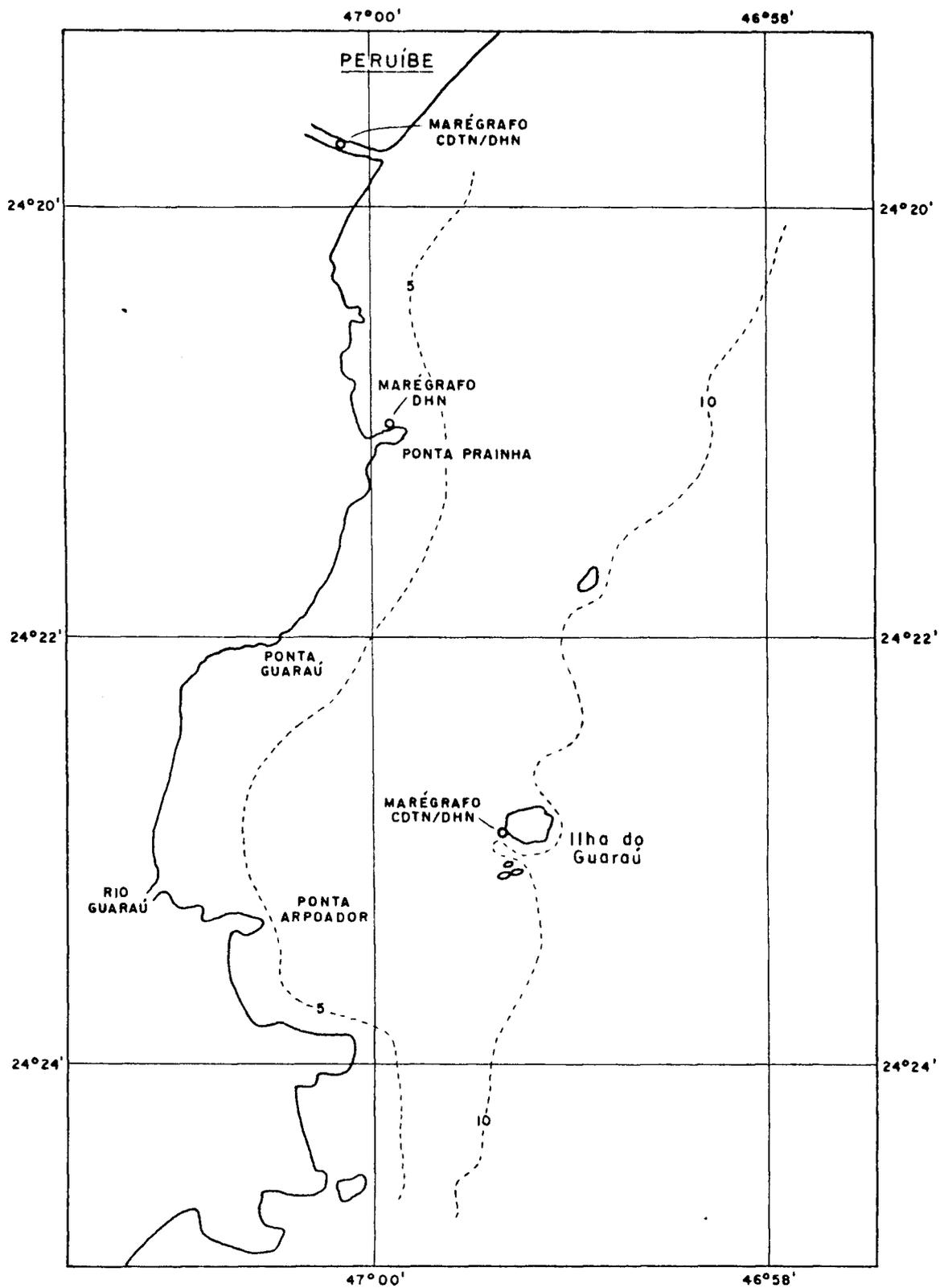
O local era bastante desabrigado e foi desativado por medida de segurança (Figura 6.1).

A própria DNH instalou, então, um novo marégrafo diário nas proximidades da embocadura do Rio Peruibe, ou Preto, em local abrigado de ondas e que se acreditava não sofrer influência do escoamento fluvial. Estimativas feitas na ocasião mostravam uma diferença de fase de cerca de 10 minutos entre este local e a Ponta da Prainha, mais ao sul.

O aparelho operou entre 11/09/81 e 12/10/81; a partir de 14/01/82 foi substituído por um aparelho também diário do CDTN, que o manteve em operação até 15/01/83 (Figura 6.1).

Um terceiro aparelho foi operado pela DNH por um período de 32 dias, entre 14/06/82 e 15/07/82. Este aparelho foi instalado na Ilha do Guaraú, em frente à praia do mesmo nome e teve como principal finalidade fornecer dados para a redução dos registros batimétricos realizados pela DNH na área ao largo das praias do Una, Rio Verde e Juréia (Figura 6.1).

Os registros de maré de mais longa duração foram realizados pelo CDTN, também na Ilha do Guaraú, através de um aparelho de registro mensal (Figura 6.1).



(Ref. Carta DHN nº 1700 - Esc. 1:53 527)

FIGURA 6.1 - LOCALIZAÇÃO DOS MARÉGRAFOS UTILIZADOS NOS ESTUDOS

(FONTE : REF. 13, VOL. IV)

Este aparelho entrou em operação preliminar em 22/12/82 e passou por algumas correções e ajustes entre 10 e 21/01/83, quando entrou em operação normal. Este mareógrafo foi desativado em 24/08/84.

A Figura 6.2 mostra o diagrama de níveis da estação maregráfica de Peruibe.

No período de janeiro de 82 a janeiro de 83, quando foi operada pelo CDTN, a estação foi equipada com um linígrafo Hidrologia modelo LNG-9.

Este aparelho é do tipo de bóia e contra-peso, instalados em poços tranquilizadores. O registro é diário e o mecanismo de relojoaria que faz girar o tambor no qual se registram as flutuações do nível da água é de alta precisão, ficando alojado no interior do próprio tambor.

O diagrama tem 317 mm na dimensão das abcissas (tempo) e 200 mm no eixo das ordenadas (variação de nível).

A régua de referência para as leituras tinha quatro metros de comprimento, era graduada de 5 em 5 centímetros e estava fixada à estrutura de suporte do abrigo do aparelho.

A Figura 6.3 mostra o diagrama de níveis da estação maregráfica operada pela DHN em junho e julho de 1982, na Ilha do Guarad.

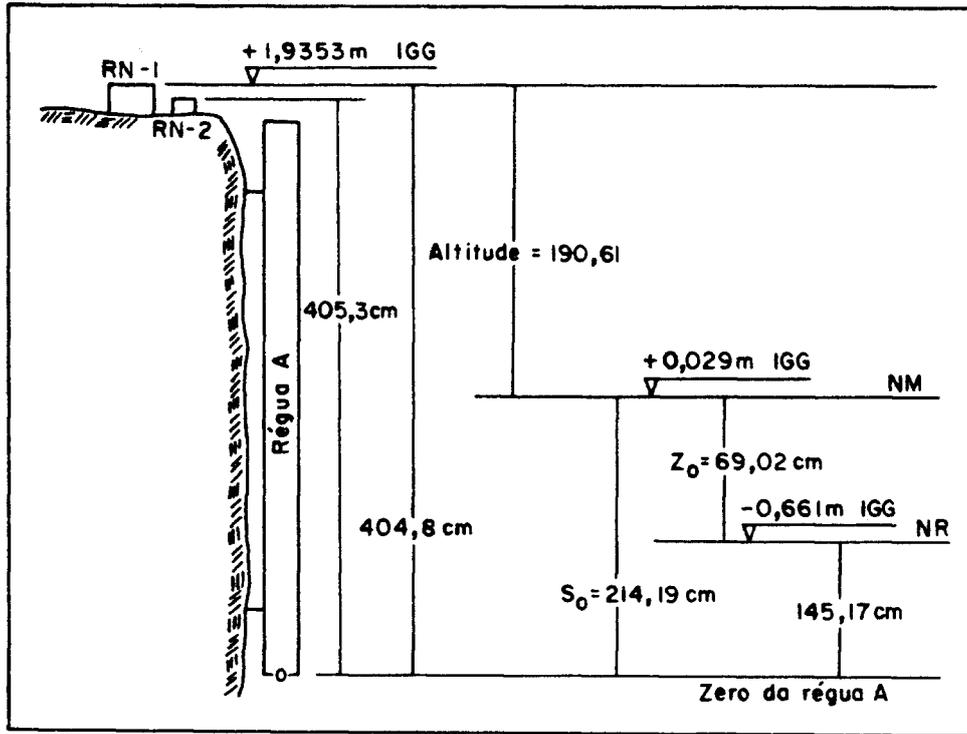


FIGURA 6.2 - DIAGRAMA DE NÍVEIS DA ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DE PERUÍBE

(FONTE : REF. 22)

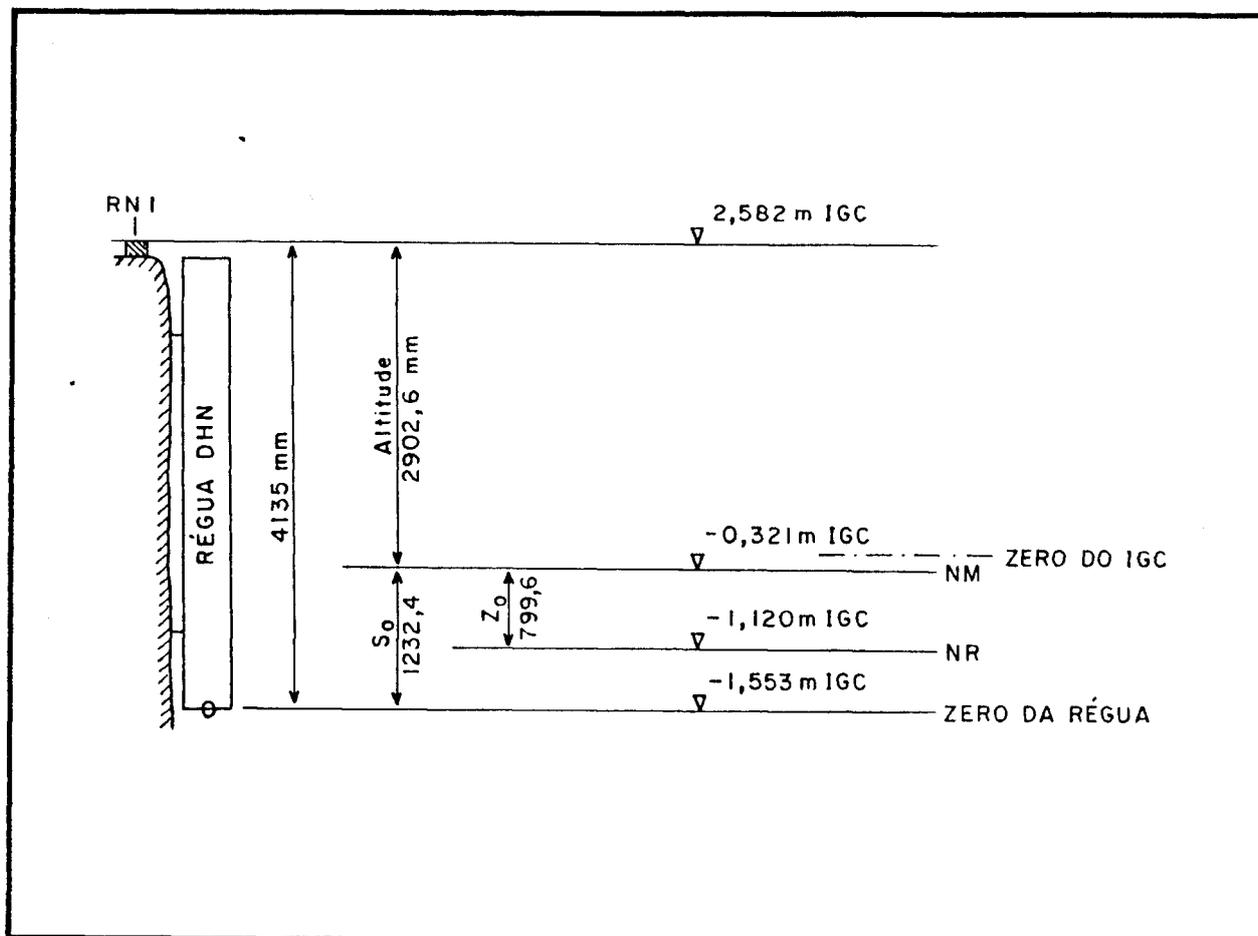


FIGURA 6.3 - DIAGRAMA DE NÍVEIS DA ESTA O MAREGRÁFICA DO GUARAU (DHN)

(FONTE : REF. 13 , VOL. V)

A transposição desta estação para a estação construída pelo CDTN na mesma ilha foi feita nivelando-se a nova régua a partir da referência de nível RN1 já implantada. O resultado deste trabalho é mostrado na Figura 6.4.

O abrigo do aparelho foi instalado sobre uma torre de tubos de ferro galvanizado, de 5 m de altura, presa no fundo rochoso do mar por chapas de aço fixadas por chumbadores de expansão.

A torre foi contraventada por peças de madeira fixadas a um bloco de concreto fundido no local. Os tubos de tranquilização e proteção para a bóia e o contrapeso, de PVC rígido, foram fixados à estrutura e apoiados no fundo. A régua de referência, fixada na estrutura do abrigo, tinha 4 metros de altura e era graduada de 5 em 5 centímetros.

O aparelho utilizado foi um linígrafo mensal Hidrologia LNG-7.

Este aparelho é inteiramente mecânico e, através de um fuso que constitui o prolongamento do eixo da polia, o conjunto da pena registradora é deslocado horizontalmente sobre o papel registrador, além de se garantir o registro de qualquer amplitude de variação de nível, pelo rebatimento do diagrama nos extremos do curso da pena (200 mm).

O deslocamento do papel (5 mm/hora) é assegurado por um relógio de corda de 62 dias de autonomia.

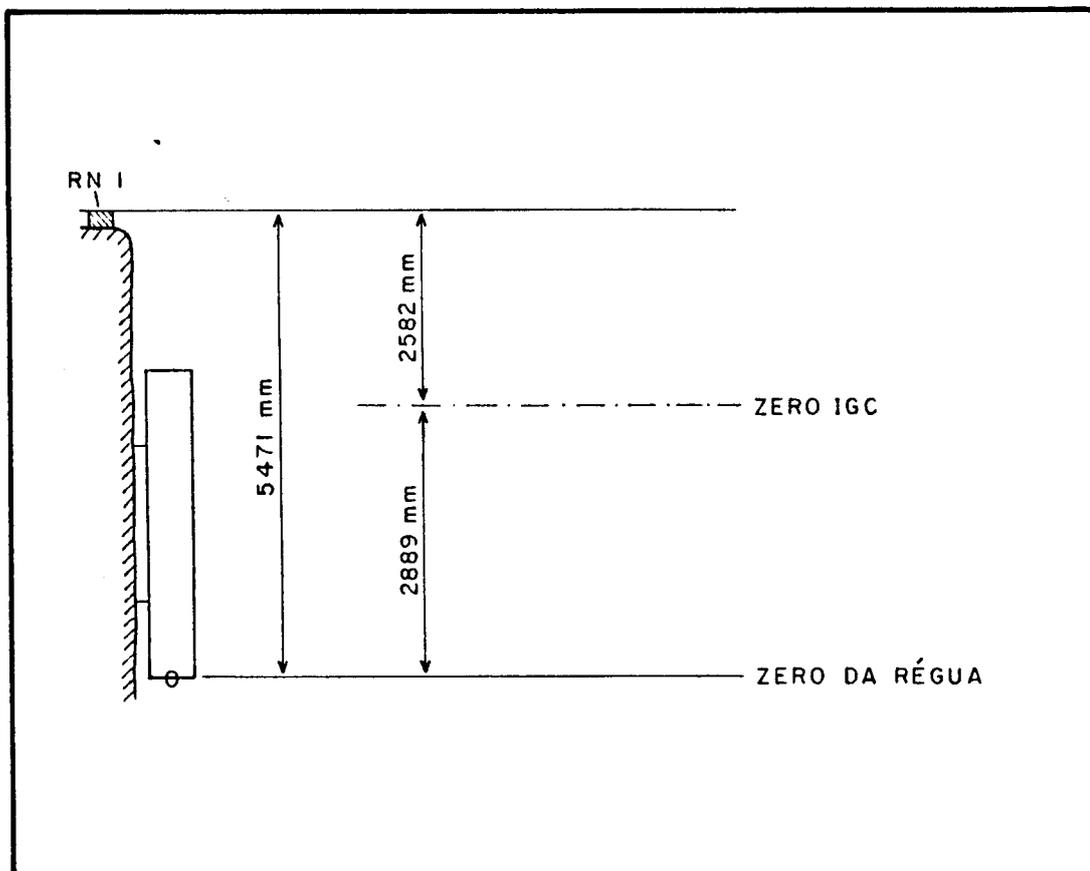


FIGURA 6.4 - DIAGRAMA DE NÍVEIS DA ESTAÇÃO MAREGRÁFICA DO GUARAJÚ (CDTN)

(FONTE : REF. 13, VOL. V)

O papel corre por sobre uma mesa horizontal, acionado por pequenas rodas tracionadoras cujos dentes se encaixam em furação própria no mesmo.

6.1 - Coleta dos dados

Com qualquer dos aparelhos a coleta dos dados é muito simples, pois ambos são autônomos e o registro da variação do nível da água é contínuo.

No aparelho instalado em Peruibe a troca do papel era feita diariamente, quando também eram conferidos o horário do registro e o nível, tomando-se o valor indicado na régua como referência. Qualquer alteração climática ou de funcionamento do aparelho era anotada no próprio maregrama.

No aparelho instalado na Ilha do Guarãú as visitas eram geralmente condicionadas às saídas para manutenção dos correntôgrafos ou para realização dos perfis. Devido à grande autonomia do aparelho não precisavam ser muito frequentes.

Em cada visita retirava-se o trecho de papel já utilizado, conferia-se o horário e os níveis da pena e da régua e acionava-se o mecanismo de corda do relógio. Os problemas mais comuns neste aparelho, apesar de pouco frequentes, foram falhas da pena de fibra de vidro e do sistema de tracionamento do papel.

Para os dois marégrafos a eficiência de operação manteve-se acima de 90 por cento.

Algumas vezes o acesso ao Guarãú se tornava muito

difícil pelo estado do mar e a falta de local adequado para atracação e desembarque.

Em ambos os aparelhos, sempre que necessário, era feita uma limpeza das bóias, cabos, contrapesos e réguas, além de manutenção das estruturas de sustentação e dos abrigos.

6.2 Tratamento dos dados

Os registros recebidos no CDTN eram avaliados quanto à qualidade das informações, digitalizados de hora em hora e os dados brutos passados para um programa que calculava os níveis d'água em relação ao datum solicitado (datum IGC - Instituto Geográfico e Cartográfico).

Calculavam-se também os valores máximos, mínimos e médios mensais que, juntamente com os valores horários da variação do nível da água eram apresentados em tabelas próprias.

Dados obtidos em diversos períodos de tempo foram enviados à DHN para análise harmônica.

6.3 Resultados

Devido ao fato de terem sido obtidos durante um intervalo de tempo muito curto (16 dias) os dados do mareógrafo da Prainha, operado pela guarnição do navio hidrográfico Sirius, não serão comentados em detalhes neste trabalho.

6.3.1 Resultados para a barra do Rio Peruibe

Ao instalar o marégrafo na barra do Rio Peruibe, ou Preto, a DHN selecionou um período de 32 dias de registro (11/09/81 a 12/10/81) para análise harmônica e estatística.

Os parâmetros de redução de sondagem utilizados foram:

- nível médio (NM) - 214,19 cm acima do zero da régua (So);
- nível de redução (NR) - 145,17 cm acima do zero da régua;
- $Z_0 = 69,02$ cm ;
- nível médio das preamares de sizigia (MHWS) - 121,73 cm acima do NR;
- nível médio das preamares de quadratura (MHWN) - 79,41 cm acima do NR;
- nível médio das baixamars de sizigia (MLWS) - 16,30 cm acima do NR;
- nível médio das baixamars de quadratura (MLWN) - 58,63 cm acima do NR.

Segundo o critério de Courtier a maré foi classificada como sendo bidiurna, com desigualdades diurnas ($F=0,28$), como fica evidente da simples observação dos registros, e como havia sido adiantado no Capítulo 2 deste trabalho.

A análise harmônica dos registros forneceu uma previsão da maré para o ano de 1982.

Passando aos dados registrados pelo CDTN entre janeiro

de 83 e janeiro de 84, os resultados obtidos são resumidos no Quadro 6.1, em que os níveis são referidos ao datum IGC, que fica a 2,113 m acima do zero da régua e, portanto, a 0,661 m acima do NR da DHN.

O quadro mostra que a maior altura atingida pela maré foi de 1,20 m acima do zero do IGC (1,86 m acima do NR). Esta elevação foi observada às 04:00 h de 24/02/82, em sizígia de lua nova.

A menor elevação observada foi 0,96 m abaixo do datum IGC (0,30 m abaixo do NR). Este valor foi registrado em duas ocasiões distintas: às 09:00 h de 09/05/82 (sizígia de lua cheia) e às 22:00 h de 17/10/82 (sizígia de lua nova) .

Séries de registros obtidos entre 82 e 83 foram comparadas com os valores previstos pela DHN a partir dos 32 dias de registro de 1981, com duas finalidades principais:

- confirmar a adequação da previsão;
- confirmar a adequação da escolha do local para o marégrafo.

A comparação mostrou que os valores registrados eram geralmente coerentes com os valores previstos, sendo a correlação melhor para as marés de sizígia que para as de quadratura.

Observou-se, no entanto, que em certas circunstâncias o trecho de rio escolhido sofria a influência do escoamento fluvial, além de ser região de concentração de energia da maré.

Quadro 6.1 - Níveis d'água observados em Peruibe (referidos ao zero do IGC) - Janeiro/82 a Janeiro/83

MÊS	Nível observado (m)		
	Máximo	Médio	Mínimo
JAN/82	1,11	-	-0,76
FEV/82	1,20	0,09	-0,66
MAR/82	1,02	-	-0,51
ABR/82	0,98	-	-0,86
MAI/82	0,71	-0,16	-0,96
JUN/82	0,91	0,07	-0,62
JUL/82	0,96	0,08	-0,80
AGO/82	0,90	-0,01	-0,90
SET/82	1,15	0,02	-0,87
OUT/82	1,06	0,01	-0,96
NOV/82	0,89	0,12	-0,67
DEZ/82	1,07	-	-0,64
JAN/83	0,71	-	-0,71

Isto advém do fato de que a bacia do Rio Peruibe tem área pequena e declividade relativamente acentuada na região de maior concentração de água a montante, o que implica num pequeno tempo de concentração e numa resposta rápida às precipitações pluviométricas.

No trecho inferior do rio, na região vizinha à embocadura, onde se achava instalado o aparelho, as declividades são baixas e houve casos de represamento do escoamento.

Além disso, quando ocorreram fenômenos climáticos mais severos houve marcados desvios entre os valores registrados e aqueles previstos.

Exemplo típico deste fenômeno ocorreu em setembro de 82, quando se registrou uma elevação de 1,15 m acima do datum (17:00 h de 19/09/82) e 0,75 m acima do nível previsto pela análise harmônica.

Entre 09:00 h de 19/09 e 13:00h de 20/09, cerca de 27 horas, portanto, o nível registrado esteve sempre no mínimo 0,30 m acima do nível previsto.

Nesta ocasião predominaram ventos de S e SSW, com intensidades de até 21 nós.

A partir de 19/09 foram registradas chuvas em toda a região, ainda que pouco intensas, sendo a maior altura de 16 mm por dia, em 19/09, no posto F4-11 do DAEE, em Itariri, na bacia do Rio Peruibe.

Nesta ocasião foram também registradas as maiores ondas até aquela data, com alturas individuais de 5,5 metros.

O correntógrafo instalado em P7 (Capítulo 7) acusou inversão da corrente para NE no final do mês de setembro. Houve intensidades de corrente de até 0,45 m/s (NE), em 28/09, ocasião em que uma frente fria já passara por São Paulo e se achava na altura do litoral do Rio de Janeiro.

Todas estas evidências confirmam o abatimento de uma frente fria sobre a região, responsável pela sobrelevação do nível do mar acima da previsão astronômica, caracterizando assim uma forte componente meteorológica.

Antes mesmo do final de 82 já se havia decidido pela instalação de um novo marégrafo, desta vez na Ilha do Guaraú.

6.3.2 Resultados para a Ilha do Guaraú

Com base nos registros obtidos pelo aparelho operado pela guarnição do navio hidrográfico Canopus entre 14/06/82 e 15/07/82 a DHN fez uma previsão de marés para os anos de 1982 e 1983, além de análises estatísticas, com base nas quais se estabeleceram:

- nível médio (NM) - 123,24 cm acima do zero da régua (So);
- nível de redução (NR) - 43,28 cm acima do zero da régua;
- Z_0 = 79,96 cm;
- MHWS - 138,41 cm acima do NR;
- MHWN - 91,11 cm acima do NR;

- MLWS - 21,50 cm acima do NR;
- MLWN - 68,80 cm acima do NR.

O datum IGC fica a 112,00 cm acima do nível de redução.

Segundo o critério de Courtier a maré foi classificada como sendo bidiurna, com desigualdades diurnas ($F=0,33$), o que é óbvio a partir da observação dos registros reais obtidos no local, vindo confirmar verificações anteriores.

Com base nos valores previstos pela DHN e em dados meteorológicos obtidos da estação da CESP na Praia do Una entre março de 81 e julho de 82 (Capítulo 3) a COPPE realizou um estudo estatístico de níveis máximos e mínimos do plano d'água para a região, levando em conta a atuação conjunta das componentes astronômica e meteorológica das marés [22].

Na ocasião em que o estudo da COPPE foi realizado a quantidade de dados existentes era bastante limitada, o que o caracterizou como uma avaliação preliminar. Além dos dados escassos, foram feitas algumas simplificações na metodologia de cálculo. Este cuidado, louvável por sinal, fica patente no corpo do relatório e nos seus capítulos de conclusões e recomendações (capítulos 5 e 6).

Os principais resultados do trabalho podem ser resumidos no Quadro 6.2, que traz previsões de longo prazo para os níveis máximos e mínimos.

Dos valores apresentados considera-se que a distribuição exponencial forneceu o melhor ajuste para a

sobrelevação e a depressão do nível do mar.

Verifica-se também a pequena diferença entre os valores extremos para períodos de recorrência longos e curtos. O relatório [22] sugere, então, que se usem, para estudos subsequentes, os valores obtidos para os períodos mais longos, de modo a se aumentar a segurança sem grandes ônus econômicos.

Passando aos valores obtidos pelo CDTN é conveniente destacar que o mareógrafo instalado na Ilha do Guaratá registrou continuamente a variação do nível do mar entre dezembro de 82 e agosto de 84.

Ele foi nivelado em relação ao antigo aparelho da DHN na mesma ilha e o zero da régua ficou a 2,89 m abaixo do datum IGC (Figura 6.4).

O Quadro 6.3 resume os resultados obtidos naquele período.

Observa-se que não há grande variação dos níveis máximos e dos níveis mínimos ao longo dos meses. No entanto, se tomarmos como positivas ambas as variações e as somarmos verifica-se que as maiores amplitudes assim obtidas correspondem aos meses das marés equinociais de outono (março-abril) e de primavera (agosto - setembro - outubro).

Quadro 6.2 - Marés meteorológicas máximas e mínimas para diversos períodos de retorno (referidas ao datum IGC)

Fonte: Ref.1221

T (anos)	Altura (m)															
	10		20		30		40		50		75		100		500	
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
Exponencial	0,87	-0,30	0,97	-0,37	1,03	-0,40	1,07	-0,43	1,10	-0,45	1,16	-0,47	1,20	-0,52	1,43	-0,66
Weibull	0,74	-0,29	0,81	-0,37	0,85	-0,43	0,88	-0,47	0,90	-0,50	0,93	-0,56	0,96	-0,61	1,10	-0,87
Gumbel	0,75	-0,26	0,83	-0,31	0,88	-0,33	0,91	-0,35	0,93	-0,37	0,98	-0,40	1,01	-0,42	1,18	-0,53

T - período de retorno

Quadro 6.3 - Níveis d'água observados na Ilha do Guarau (referidos ao zero do IGC) - Dezembro/82 a Agosto/84

Mês	Nível observado (m)		
	Máximo	Médio	Mínimo
DEZ/82	0,51	-	-1,09
JAN/83	0,57	-	-1,18
FEV/83	1,09	-	-1,83
MAR/83	0,73	-0,18	-1,15
ABR/83	0,77	-0,16	-1,07
MAI/83	0,73	-	-1,04
JUN/83	-	-	-
JUL/83	0,79	-	-1,18
AGO/83	0,81	-0,24	-1,33
SET/83	0,88	-0,24	-1,32
OUT/83	0,93	-	-1,21
NOV/83	0,53	-	-1,16
DEZ/83	0,57	-0,45	-1,25
JAN/84	0,58	-0,33	-1,35
FEV/84	0,53	-0,37	-1,31
MAR/84	0,77	-0,25	-1,35
ABR/84	0,57	-0,24	-1,29
MAI/84	0,84	-0,17	-0,94
JUN/84	0,81	-0,19	-1,15
JUL/84	0,95	-0,24	-1,22
AGO/84	0,68	-	-1,16

Isto acontece não só para os registros na Ilha do Guaraú, mas também para aqueles no Rio Peruibe (Quadro 6.1) onde, no entanto, o mês de março de 82 parece ter sido uma exceção.

Os resultados obtidos para o ano de 82 foram comparados com os resultados da previsão da DHN, se não de modo sistemático, ao menos por períodos corridos para algumas lunações.

A correlação entre previsão e registros reais foi geralmente bastante boa, melhor para as marés de sizigia que para as de quadratura, as quais geralmente apresentam curvas de variação do nível d'água menos bem definidas.

Os valores registrados apresentaram-se, via de regra, um pouco maiores que os valores das previsões, tanto para as elevações quanto para as depressões, pois incorporam a componente meteorológica e outras oscilações de diversas naturezas, não incorporadas à componente astronômica. São também pequenas as diferenças de fase entre a onda de maré resultante da previsão e a maré real.

O mês de fevereiro de 83, no entanto, apresentou uma situação tão excepcional que mereceu uma atenção particular.

Entre os dias 31/01/83 e 08/02/83 os valores registrados ficaram sistematicamente acima dos valores previstos, tendo a diferença atingido um máximo da ordem de 122 cm às 24:00 h de 01/02/83, na estufa de baixa-mar de maré de sizigia (lua cheia em 28/01/83). A sobrelevação manteve-se acentuada durante 02/02 e foi diminuindo gradualmente a partir daí até que, por volta de

15:00 h de 08/02 voltou a haver compatibilidade entre os valores registrados e os valores previstos (Figura 6.5).

Bomtempo [23] analisou o acontecido e constatou que uma forte componente meteorológica havia se somado à componente astronômica para criar tal sobrelevação.

De fato, no dia 27/01/83 havia uma frente fria localizada sobre o Atlântico na altura do litoral do Rio Grande do Sul, observada em fotografia obtida pelo satélite meteorológico GOES às 06:17 h. No dia 01/02 a frente achava-se na altura dos litorais de São Paulo e do Rio de Janeiro, conforme foto tomada pelo mesmo satélite às 03:17 h deste dia.

Várias foram as manifestações desta frente sobre a região de Peruibe.

As correntes registradas ao largo do Grajaúna sofreram inversão para NE, sempre associada à passagem de frentes (Capítulo 7). Tanto a velocidade média das correntes (26 cm/s) como a velocidade ponderada por direção são um pouco maiores que os valores registrados em período de calmaria.

Nos dias 01 e 02 de fevereiro ocorreram fortes chuvas na região. O Quadro 6.4 resume os níveis diários de precipitação em quatro estações pluviométricas operadas pelo CDTN, naquela época.

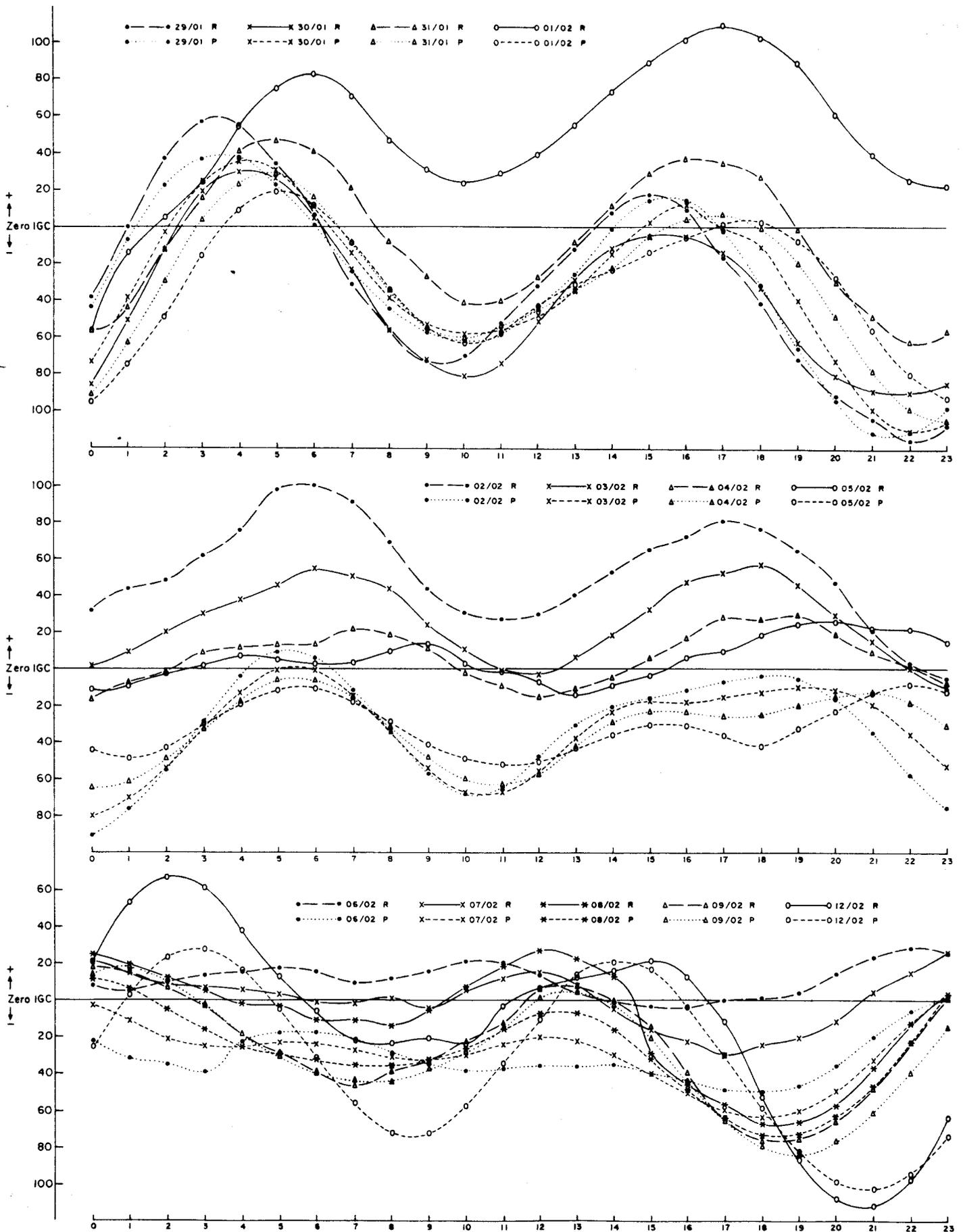


FIGURA 6.5 - COMPARAÇÃO ENTRE AMPLITUDES DE MARÉ PREVISTAS (P) E REGISTRADAS (R) NO GUARAÚ - 29/01/83 A 12/02/83

(FONTE : REF 23)

Quadro 6.4 - Precipitação pluviométrica diária na região em estudo

Estação	Data/83	Total Diário (mm)			
		01/02	02/02	03/02	04/02
1		53,8	218,3	2,1	63,3
2		65,4	220,0	-	-
3		50,6	177,4	1,0	67,6
4		93,0	231,0	1,0	35,2

Obs.: 1 - Estação da Praia (abrigo do CDTN)

2 - Estação Lombada Branca

3 - Estação Grajaúna

4 - Estação Juréia

Observa-se que as chuvas foram particularmente intensas entre 01 e 02/02. Isto foi inclusive anotado no diário do engenheiro de campo do CDTN, o qual teve até mesmo impedido o acesso à estação na praia.

Dos registros de ventos obtidos na Praia do Una entre os dias 31/01 e 03/02/83 pode-se verificar que:

- durante 59% do número de horas de registro sopraram ventos de NE a SW;
- a intensidade de 7 m/s (14 nós) foi a que teve maior duração (10 horas - 20% de todo o tempo);
- as intensidades entre 1 m/s e 5 m/s (2 a 10 nós) tiveram maior permanência que as intensidades maiores (8 a 12 m/s - 16 a 24 nós);
- os ventos mais frequentes foram os de SW, com 16 horas de duração (32% de todo o tempo), seguindo-se os ventos de SSW, SE e S;
- os ventos dominantes foram os do quadrante sul.

Entre os dias 01/02 e 05/02 nota-se um aumento acentuado nos valores dos parâmetros de altura de ondas calculados segundo a metodologia mostrada no Capítulo 5. A agitação marítima foi intensa neste período e observações feitas no local mostraram que áreas baixas na região costeira foram inundadas, incluindo-se a região onde se situava o marégrafo do Rio Peruibe.

Nem mesmo as embarcações de pesca se arriscaram, só voltando a sair para o mar a partir de 05/02, quando este se

acalmou gradualmente.

Apesar de estar localizado em local mais representativo da área costeira que o aparelho anteriormente instalado próximo à embocadura do Rio Peruibe, o aparelho da Ilha do Guaraú também está sujeito a fenômenos naturais de difícil previsão.

O capítulo aqui tratado pode ser encerrado com as conclusões que se seguem.

A maré na região é semidiurna, com desigualdades diurnas. A curva de variação do nível da água é mais bem definida nas sizílgias que nas quadraturas.

A componente astronômica comporta-se de modo próximo às previsões feitas com dados de períodos curtos de observação, tanto para o aparelho instalado em Peruibe quanto para o aparelho instalado na Ilha do Guaraú que, por sua situação geográfica, representa melhor as condições de variação do nível d'água na região.

As marés locais podem ocasionalmente estar sujeitas a uma forte componente meteorológica, especialmente atuantes quando da passagem de frentes frias na área.

Quando isto acontece a sobrelevação do nível da água, em relação aos valores de previsão, pode atingir valores próximos a um metro, ou mesmo superiores a isto, conforme verificado em Peruibe em setembro de 82 e na Ilha do Guaraú em janeiro-fevereiro de 83.

Comparando-se estes níveis com as marés meteorológicas máximas apresentadas no Quadro 6.2, obtido do trabalho da COPPE (22), verifica-se que são próximos a valores de sobrelevação esperados com período de retorno de, pelo menos, dez anos.

7 - CORRENTES

Um dos mais notáveis aspectos do comportamento dos oceanos é o movimento constante das águas pela ação das correntes marinhas, responsáveis, entre vários outros efeitos, por modificações importantes no clima e pelo tipo de vida animal e vegetal em muitas áreas oceânicas.

Pode-se classificar as correntes oceânicas sob vários enfoques. Um destes se refere ao modo como são produzidas e, neste caso, pode-se ter:

- correntes relacionadas com a distribuição de densidades (compõem a macro-circulação oceânica);
- correntes induzidas diretamente pela ação do vento (deriva; ressurgência; litoral);
- correntes de maré e associadas com ondas internas;
- correntes induzidas pelas ondas superficiais (transporte de massa; de compensação; litorânea);
- correntes locais.

As correntes na zona litorânea são predominantemente movimentos induzidos pelos ventos e pelas ondas. Em alguns casos especiais as correntes de maré podem desempenhar papel importante na circulação local (baías, áreas confinadas e mesmo costa aberta).

Apesar de geralmente apresentarem baixas velocidades (inferiores a 1,0 m/s) as correntes costeiras têm grande

influência na movimentação de sedimentos e nos fenômenos de advecção e dispersão de poluentes descartados no corpo hídrico.

Foram estes dois aspectos que nortearam o estabelecimento do programa de medição de correntes levado a efeito na área em estudo.

O conhecimento do padrão de circulação costeira permite estudar a movimentação local de sedimentos, especialmente daqueles que são transportados em suspensão no seio da massa líquida.

Além disso, o conhecimento do campo de correntes, associado com o campo de temperaturas, é fundamental para a modelagem da dispersão dos efluentes térmicos liberados pelas centrais nucleares. A recirculação de águas aquecidas, da descarga para a tomada, pode comprometer a eficiência do sistema de refrigeração das usinas.

Como o efluente (água aquecida de cerca de 7 graus centígrados em relação à tomada) é leve e, portanto, boiante, a preocupação com o estudo das correntes superficiais foi maior, embora não única, já que o conhecimento da variação das correntes ao longo das colunas verticais é também importante e necessário.

Com a finalidade de estudar o campo de correntes foram realizados levantamentos ao largo da arrebentação com a utilização de correntôgrafos fundeados e de correntômetros para perfilagens verticais, além de duas campanhas de estudos em que se utilizou a técnica dos cartões de deriva, que foi também

empregada para a avaliação da corrente litorânea à terra da zona de arrebentação.

Os estudos com cartões de deriva são tratados separadamente no item 7.3.3.

Por estarem diretamente ligados ao campo de correntes, este capítulo inclui também os estudos de dispersão oceânica, realizados com traçador radioativo, em épocas de verão e de inverno, tratados separadamente no item 7.4.

O Quadro 4.1 no Capítulo 4 mostra os períodos e os pontos onde foram realizadas medições de correntes por aparelhos. No mesmo capítulo são comentadas as técnicas de fundeio e de perfilagem.

Os aparelhos que trabalharam fundeados foram correntôgrafos HydroProducts e Hidrocean.

O correntôgrafo HydroProducts é composto por um sensor de intensidade (rotor Savonius com balanceamento de precisão, montado em eixo vertical apoiado em mancais de carbeto de silício), um sensor de direção (leme direcional associado a uma bússola magnética montada em suporte onde tem boiância neutra para compensar inclinações de até 30° em relação à vertical), um sensor de temperatura (termistor cuja resistência aumenta com o aumento da temperatura) e um sistema de gravação analógica dos dados em fita de papel (registrador do tipo Rustrak, com papel sensível à pressão).

O sensor de intensidade tem uma faixa de medição de 2,5 a 250 cm/s, com precisão de mais ou menos 3% da escala plena. A bússola potenciométrica tem uma amplitude de faixa de 353 mais ou menos 2 graus. O termistor mede temperaturas na faixa de 0 a 40 graus centígrados, com precisão de mais ou menos 3% da escala plena. O sistema é alimentado por dez baterias de 1,5 V e pode ser ajustado para um período de registro de 7 dias (registros a cada 7,5 minutos) ou de 30 dias (30 minutos de intervalo entre os ciclos de registro).

O correntógrafo Hidrocean conta com sensores de intensidade e de direção de correntes semelhantes aos do correntógrafo Hydro, mas não conta com sensor de temperaturas.

Registra intensidades na faixa de 0 a 300 cm/s, com precisão de mais ou menos 5% da leitura. Os registros de direção ficam na faixa de 0 a 360°. O conjunto é alimentado por 8 baterias de 1,5 V e os dados são gravados em papel por um registrador do tipo Rustrak.

7.1 - Coleta dos dados

Os dados de corrente a correntômetro foram, na medida do possível, medidos diariamente, em pontos diversos (Figura 2.2). Procurou-se, ainda, fazer com que as medições nesses vários pontos fossem realizadas com intervalos de tempo pequenos, já que era impossível fazê-las simultaneamente.

A distribuição em planta dos pontos de medição procurava obter representatividade próximo às áreas mais críticas

do ponto de vista das estruturas de tomada e descarga de água, razão porque as medições se concentraram na região ao largo da Praia do Rio Verde e do trecho inferior (SW) da Praia do Una.

Os correntógrafos foram instalados de modo a registrarem correntes superficiais e, em algumas ocasiões, instalados a meia-profundidade.

Nos meses de dezembro de 82 e janeiro de 83 as medições intensificaram-se na região ao largo da Praia do Rio Verde, com a criação de novos pontos de perfilagem vertical, para se avaliar os parâmetros temperatura, salinidade, densidade e o campo de correntes em condições críticas (verão) de circulação/dissipação de efluentes térmicos.

7.2 - Tratamento dos dados

Comentários quanto ao tratamento dos dados de corrente foram feitos nos Capítulos 2 e 4 e serão resumidos a seguir.

Os dados de corrente a correntômetro, recebidos do campo juntamente com os de temperatura, condutividade e salinidade, na planilha mostrada na Figura 4.1, eram criticados, corrigidos da declinação magnética e, sendo dados instantâneos, lançados em diagramas de variação da corrente nos diversos níveis de profundidade, ponto a ponto.

Os dados de corrente a correntógrafo, recebidos em fitas de papel dos registradores analógicos Rustrak eram digitalizados através de leitura com gabarito próprio,

manualmente, corrigidos da declinação magnética local e alimentavam programas que os tratavam estatisticamente.

Os programas separam e calculam valores de parâmetros de corrente para as fases de enchente e vazante da maré, e também para o ciclo completo, com a finalidade de avaliar a influência das marés na circulação ao largo da zona de arrebentação.

Os valores calculados são a velocidade média para cada um dos dezesseis setores da rosa de correntes (N, NNE, ..., NNW), a frequência de ocorrência para cada um desses setores, independentemente da velocidade e a velocidade ponderada por direção, produto da velocidade média pela frequência de ocorrência. Os gráficos de velocidade ponderada por direção representam as velocidades equivalentes que atuariam em cada uma das direções durante todo o tempo de registro e indicam assim os sentidos dominantes de ocorrência.

Com estes valores foram construídos conjuntos de diagramas de corrente para as fases de enchente, vazante e para o ciclo completo, apresentados nos onze volumes que compõem a referência [13].

Para a construção dos diagramas de medições instantâneas de corrente a correntômetro foram utilizados valores obtidos em cerca de 650 perfis.

7.3 - Resultados

Para maior clareza os dados de corrente serão tratados separadamente, ou seja, resultados obtidos a correntômetro e a correntógrafo serão comentados em itens distintos. A seguir será feito um cotejamento entre os dois conjuntos de dados.

7.3.1 - Resultados a correntômetro

Para efeito da presente discussão vamos nos concentrar nos perfis realizados nos pontos P3, P4, P6 e P7 (Figura 2.2) entre os meses de fevereiro e dezembro de 82, inclusive.

São cerca de 450 perfis e, como cobrem quase um ano inteiro de medições, podem representar bastante bem um ciclo completo de observações. As medições intensivas tiveram que ser interrompidas em janeiro de 83.

Os dados podem ser avaliados sob vários enfoques: quanto à variação ao longo do ano, quanto à variação ao longo e ao largo da costa, quanto à variação ao longo de cada coluna (caso em que serão considerados os valores obtidos na superfície, à meia-profundidade e junto ao fundo).

Avaliando-se conjuntamente todos os dados apresentados nos diagramas de corrente da referência (13) pode-se adiantar que não há um padrão nítido de variação das correntes ao longo do ano, ou seja, diferentemente do que acontece com a temperatura, que apresenta variação sazonal nítida (Capítulo 4) as correntes não parecem sofrer influência definida das estações do ano.

E fundamental observar um aspecto claro do comportamento das correntes nos quatro pontos de medição, no entanto.

Normalmente as correntes se acham orientadas para SW, nos diversos níveis de profundidade, num padrão típico de bom tempo. Este sentido é aproximadamente paralelo à praia e às isóbatas de 5, 10 e 20 metros.

Em situações pré-frontais e frontais as correntes se reorientam para NE, num giro anti-horário geralmente muito rápido (questão de poucas horas). Esta orientação perdura até a passagem da frente e o retorno à condição normal também se faz de modo rápido, com giro horário.

Quando orientadas para NE ou para SW as correntes podem alcançar intensidades na faixa de 70 - 80 cm/s, razoavelmente elevadas para medidas em costa aberta.

O Quadro 7.1 apresenta percentuais de ocorrência de direções independentemente da intensidade para os quatro pontos, por quadrante e para os três níveis de profundidade, em bases anuais. O padrão de comportamento mencionado fica muito claro a partir da observação do quadro.

Verificando todo o conjunto de dados aparece uma ligeira tendência de que o padrão das inversões seja um pouco mais bem definido para os pontos P4 e P7, mais ao largo da arrebentação, que para os pontos P3 e P6, mais próximos a ela.

Quadro 7.1 - Frequência de ocorrência de direções independentemente da intensidade (base anual)

P3											
Superfície				Meio				Fundo			
N-E	E-S	S-W	W-N	N-E	E-S	S-W	W-N	N-E	E-S	S-W	W-N
39	7	34	20	32	8	41	19	33	8	43	16

P4											
Superfície				Meio				Fundo			
N-E	E-S	S-W	W-N	N-E	E-S	S-W	W-N	N-E	E-S	S-W	W-N
38	7	35	20	35	8	46	11	25	11	46	18

P6											
Superfície				Meio				Fundo			
N-E	E-S	S-W	W-N	N-E	E-S	S-W	W-N	N-E	E-S	S-W	W-N
39	3	35	23	39	6	44	11	35	8	44	13

P7											
Superfície				Meio				Fundo			
N-E	E-S	S-W	W-N	N-E	E-S	S-W	W-N	N-E	E-S	S-W	W-N
39	10	40	11	35	8	40	17	32	10	38	20

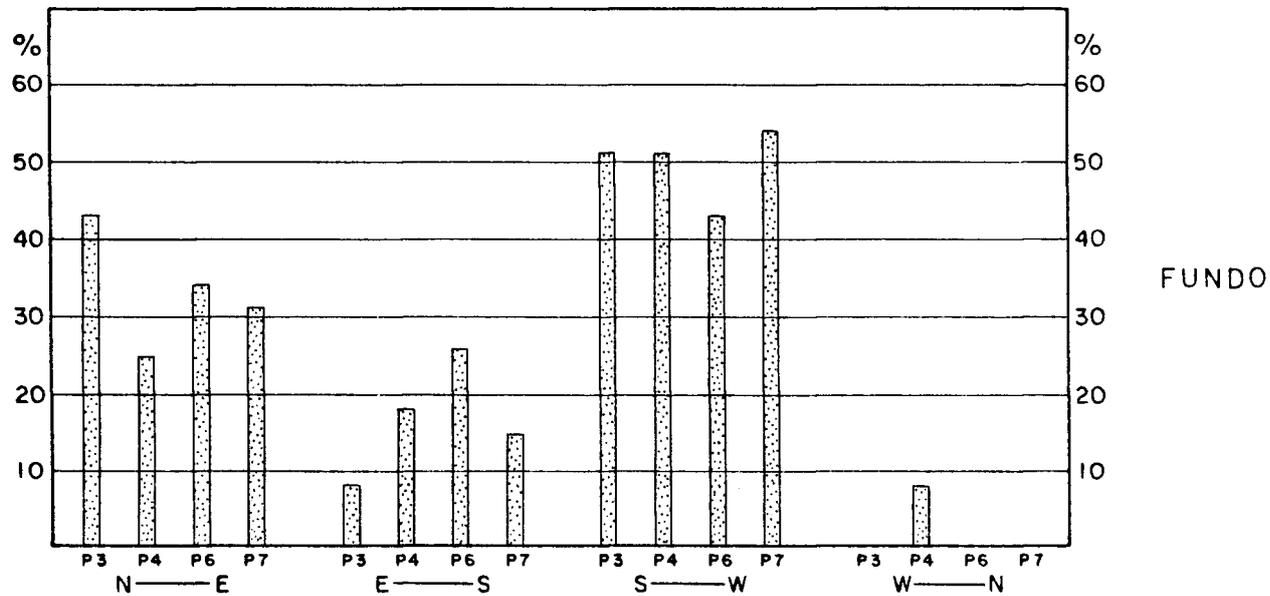
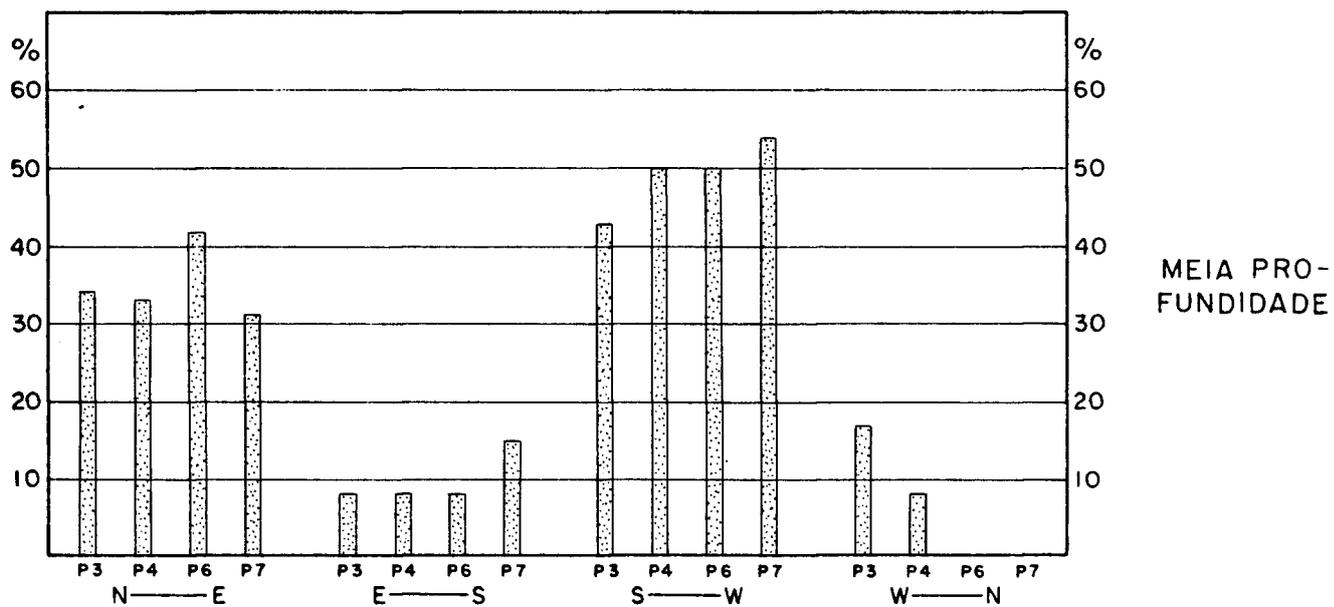
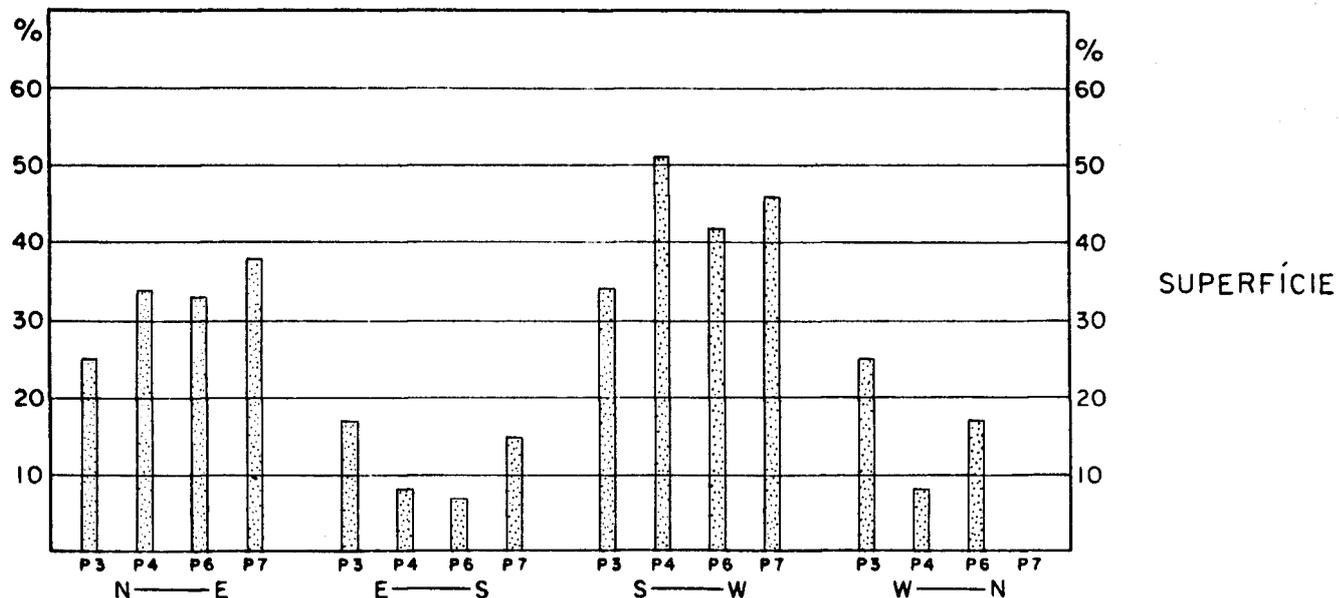


FIGURA 7.1 - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE DIREÇÕES INDEPENDENTEMENTE DA INTENSIDADE (MAIO/82)

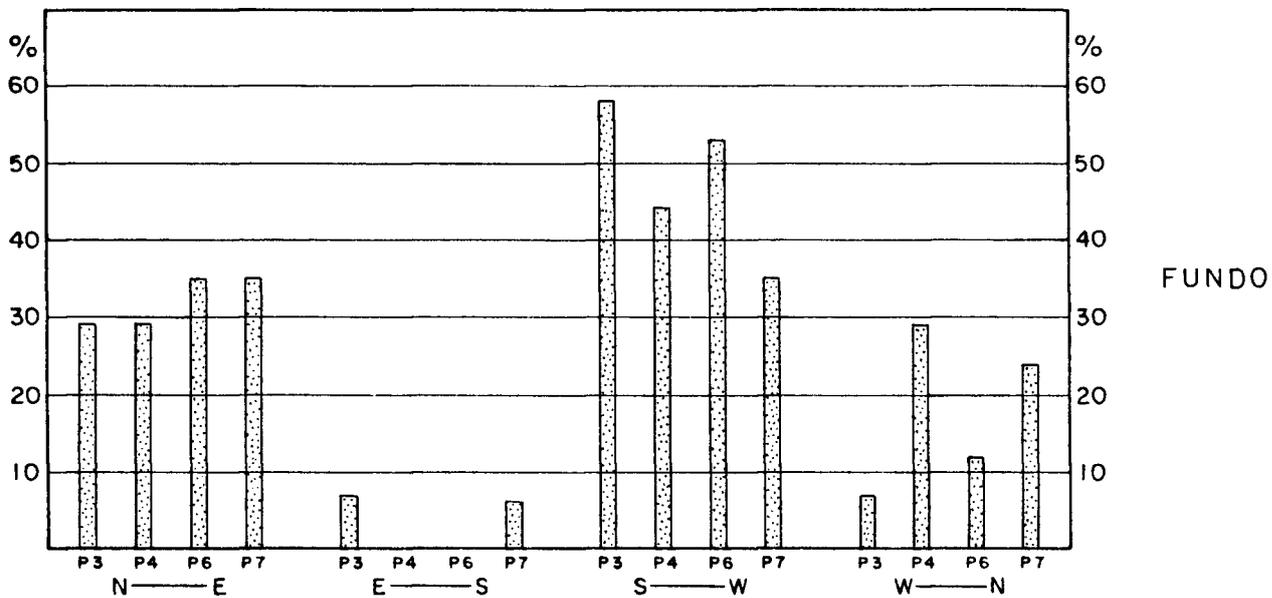
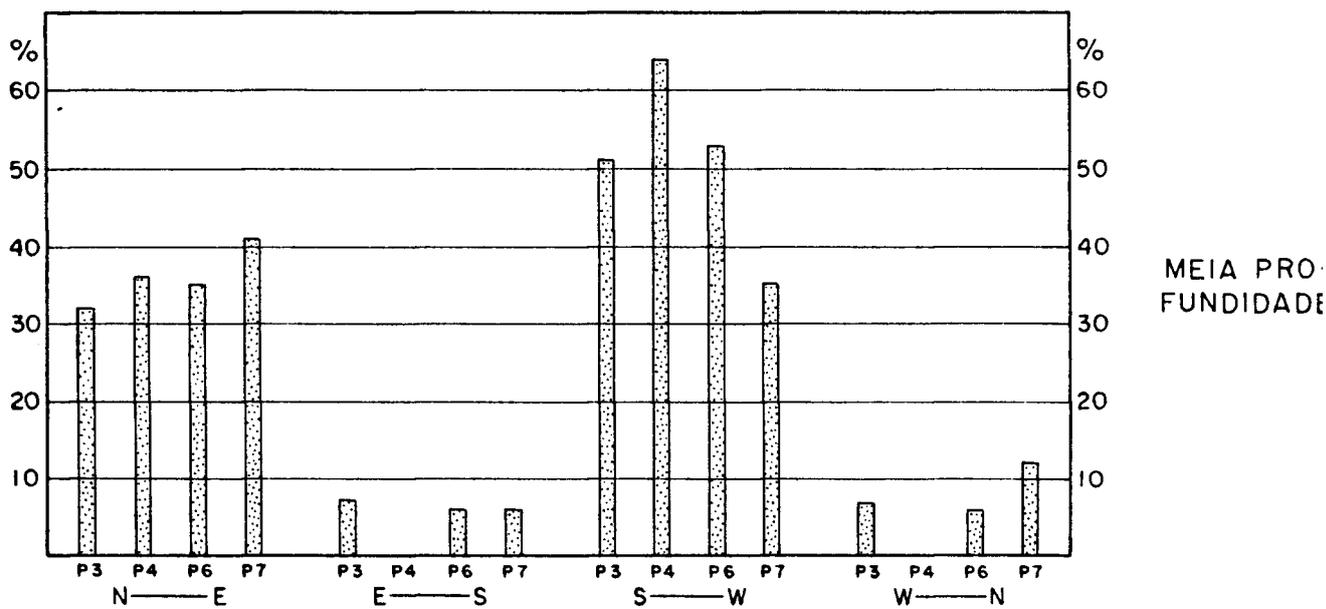
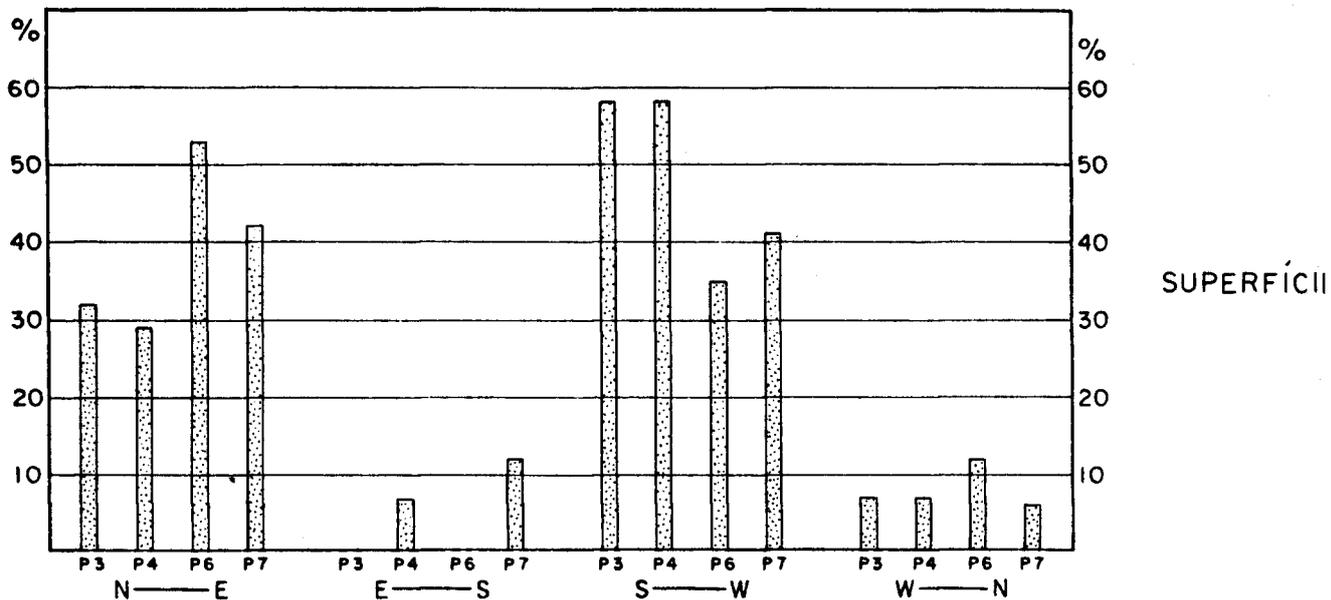


FIGURA 7.2 - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE DIREÇÕES INDEPENDENTEMENTE DA INTENSIDADE (JUNHO/82)

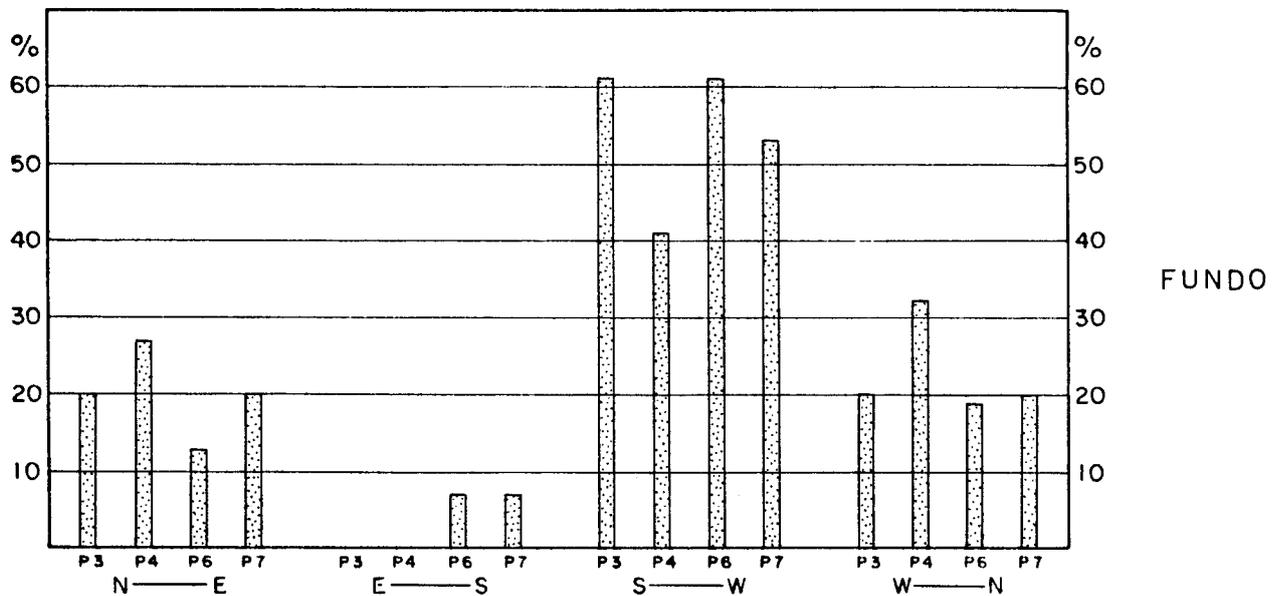
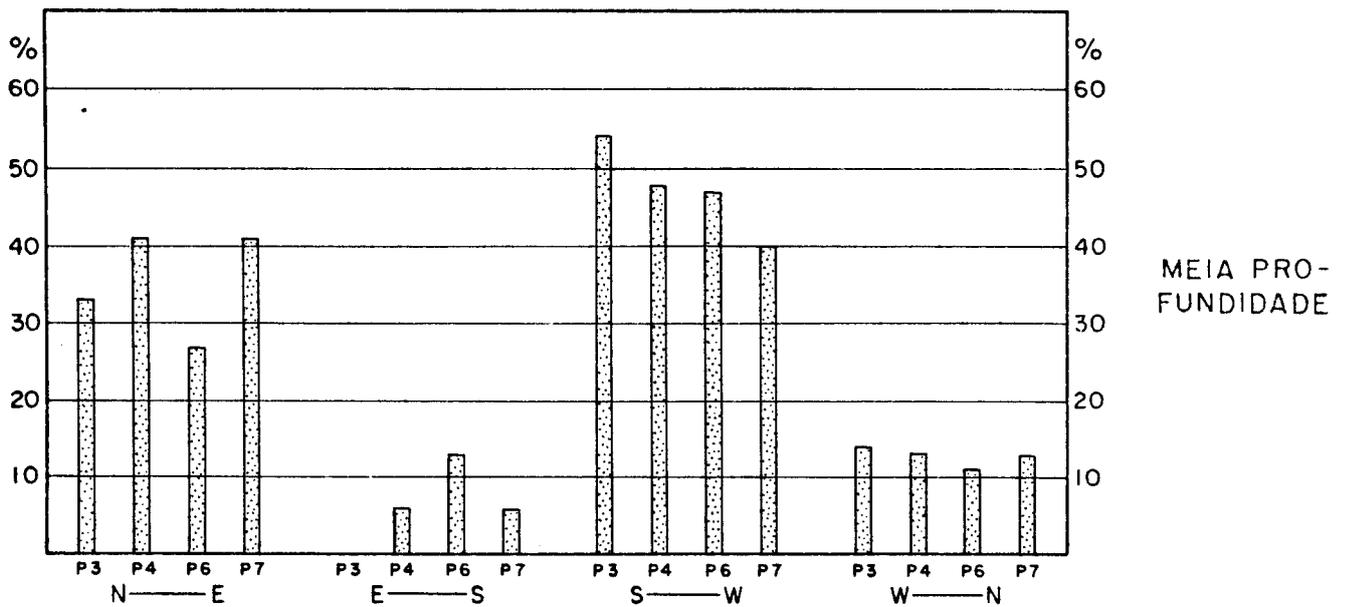
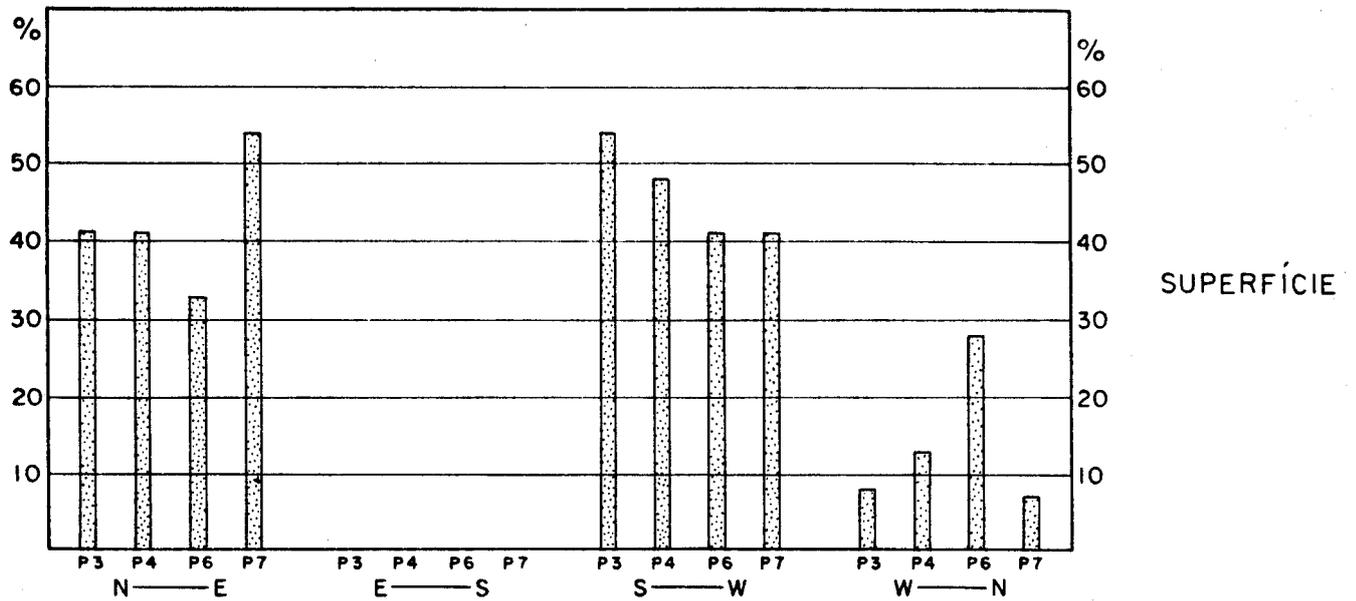


FIGURA 7.3 - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE DIREÇÕES INDEPENDENTEMENTE DA INTENSIDADE (JULHO/82)

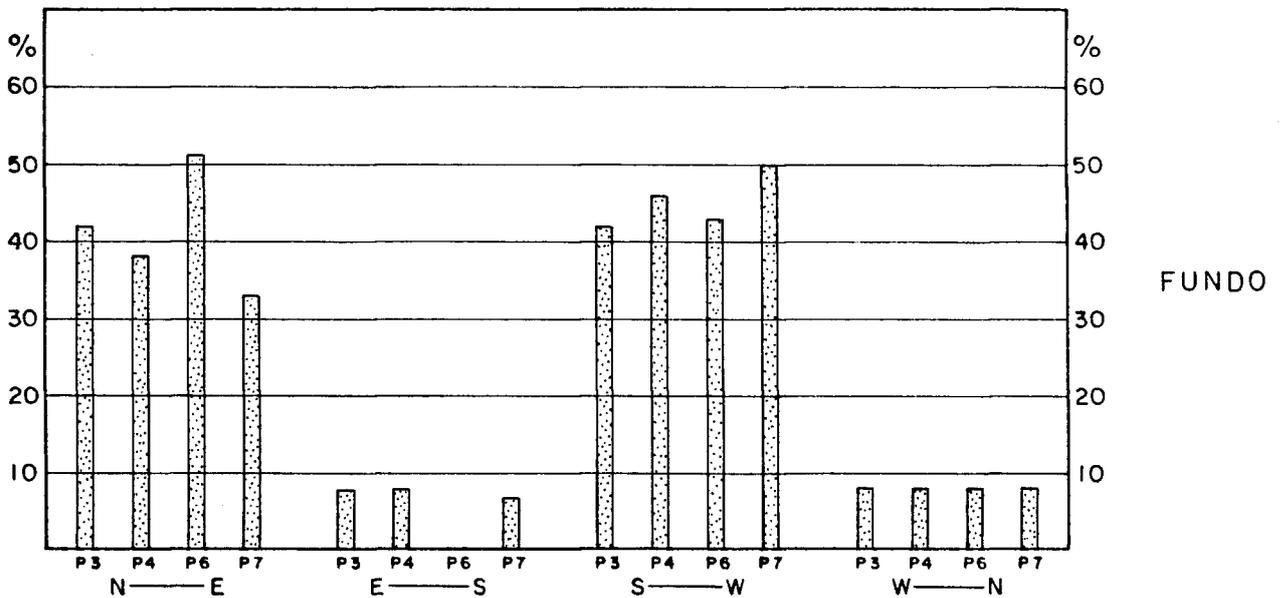
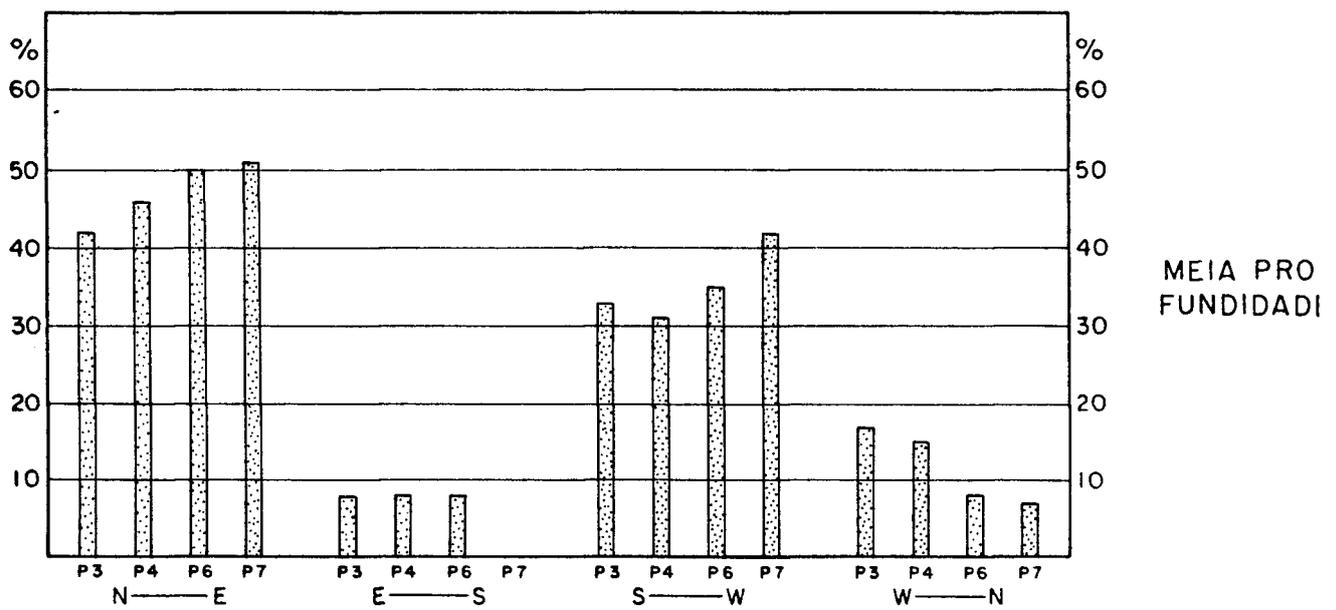
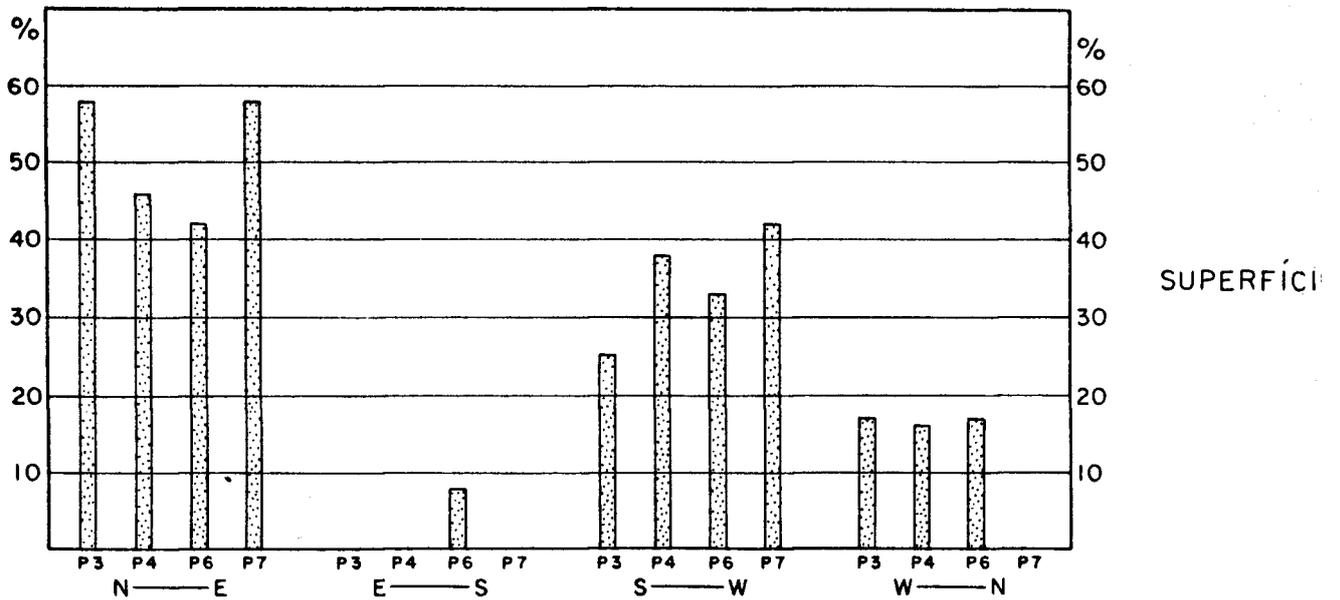


FIGURA 7.4 - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE DIREÇÕES INDEPENDENTEMENTE DA INTENSIDADE (AGOSTO/82)

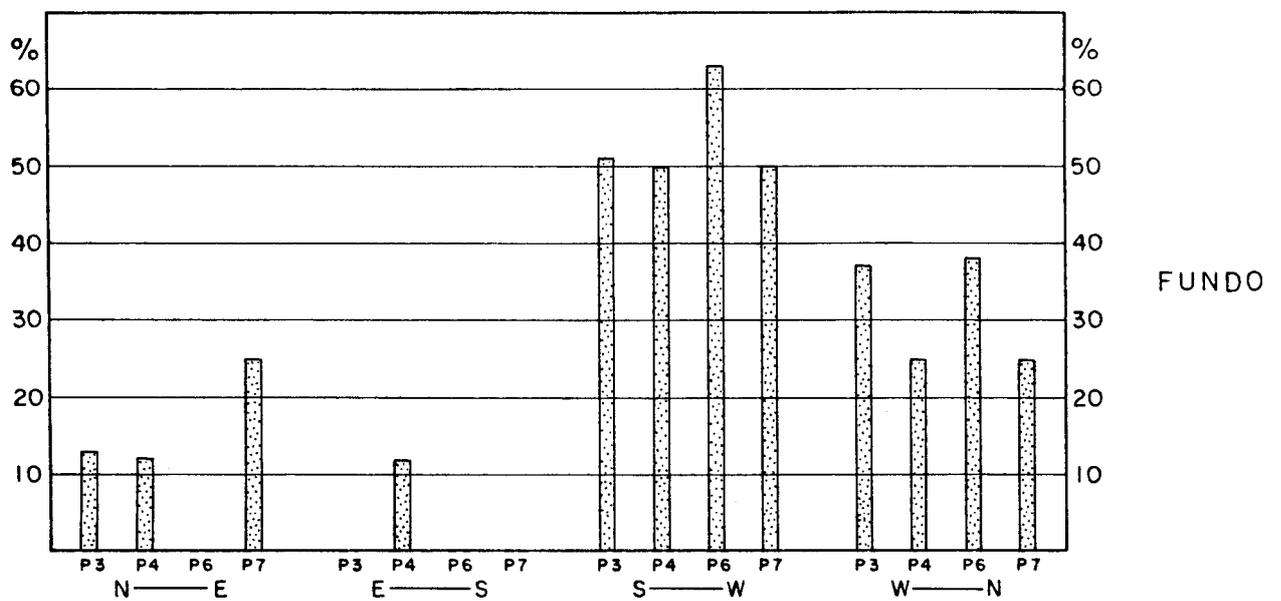
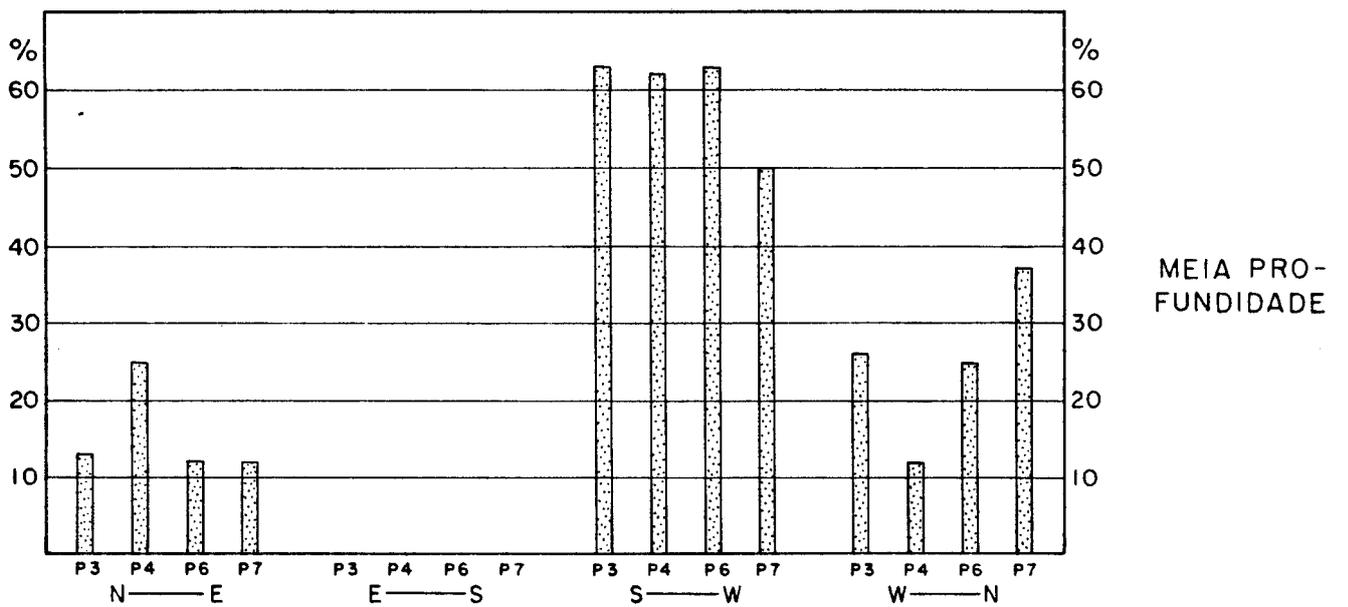
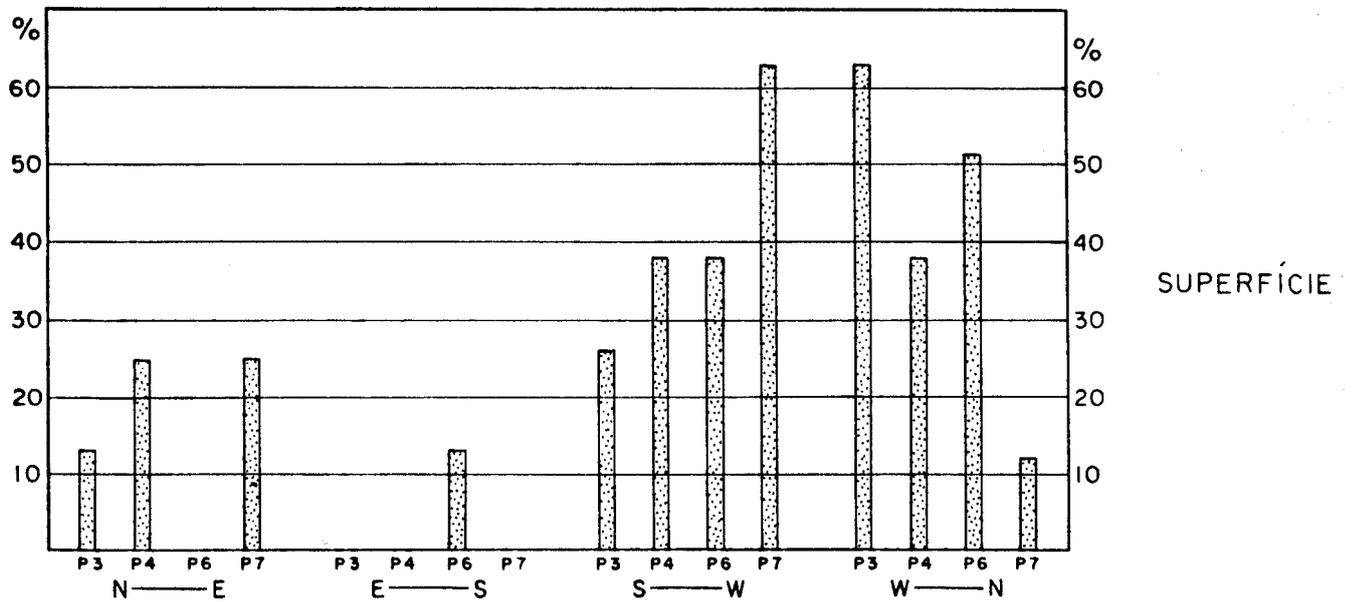


FIGURA 7.5 - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE DIREÇÕES INDEPENDENTEMENTE DA INTENSIDADE (SETEMBRO/82)

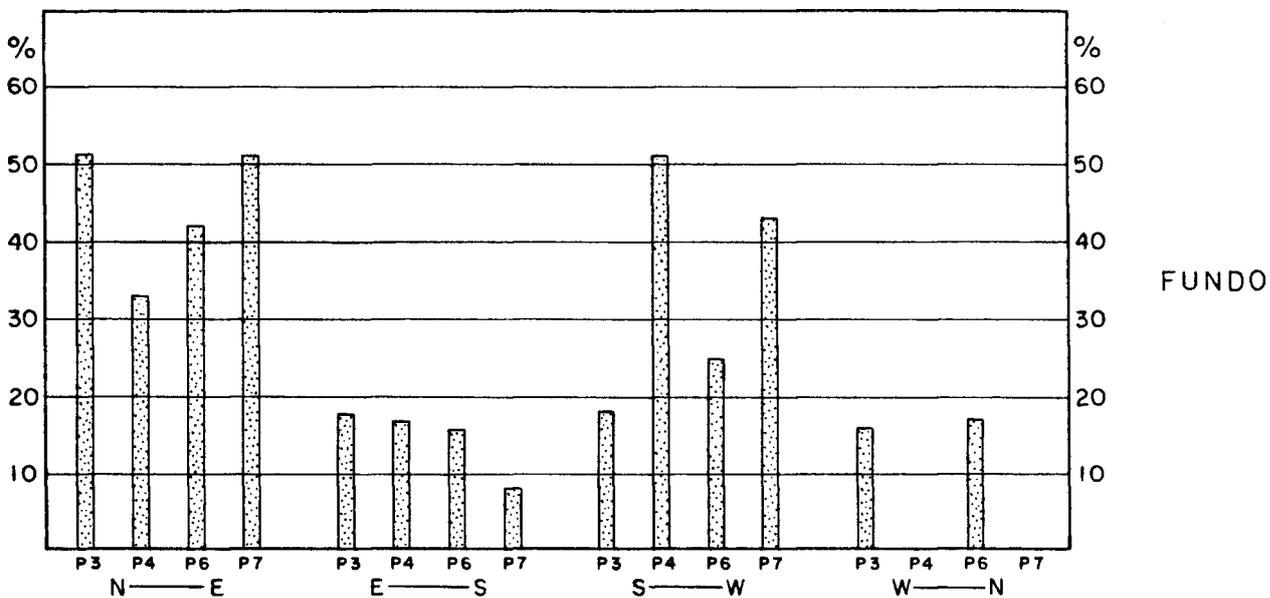
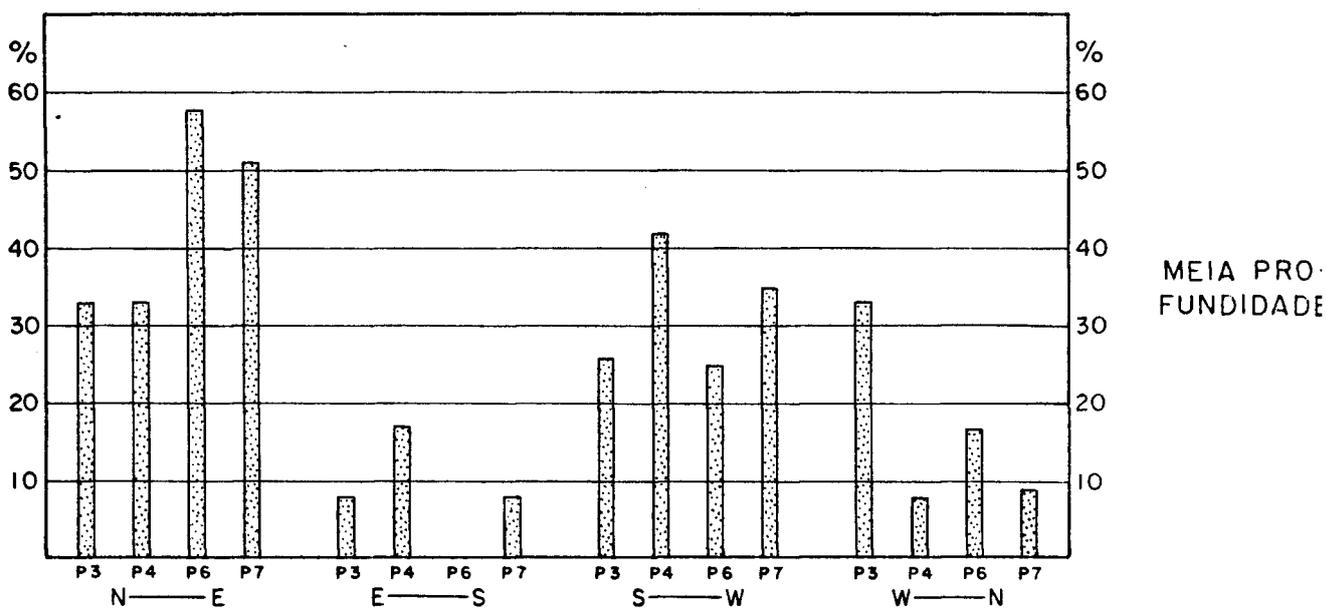
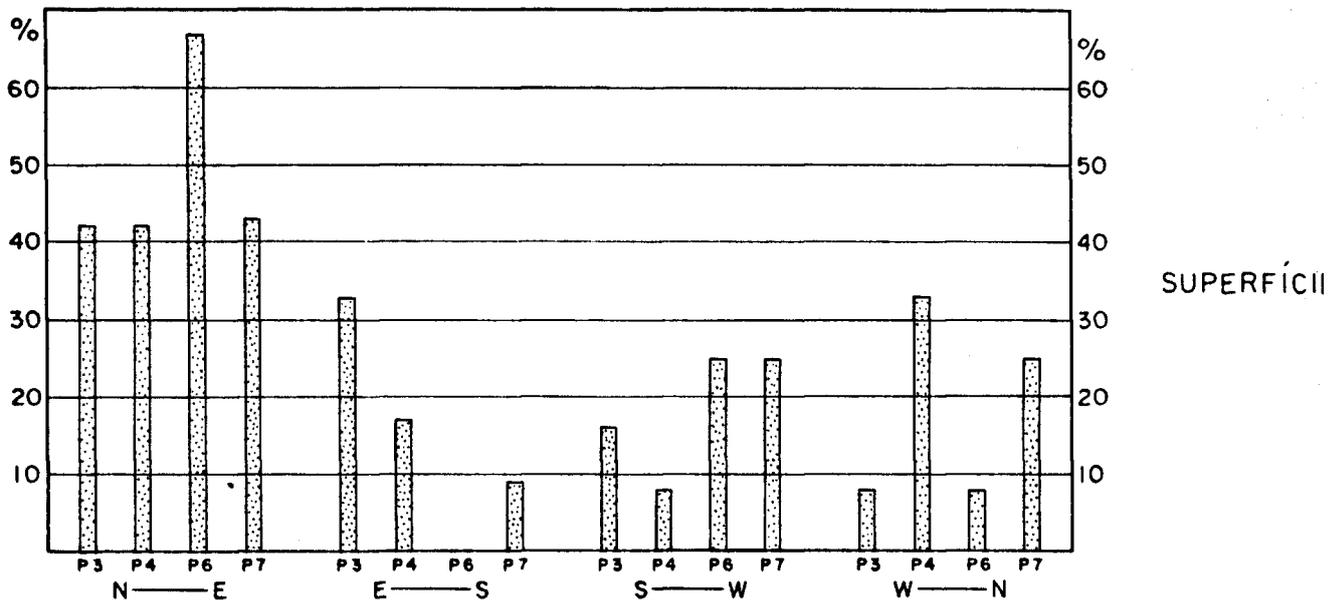


FIGURA 7.6 - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE DIREÇÕES INDEPENDENTEMENTE DA INTENSIDADE (OUTUBRO/82)

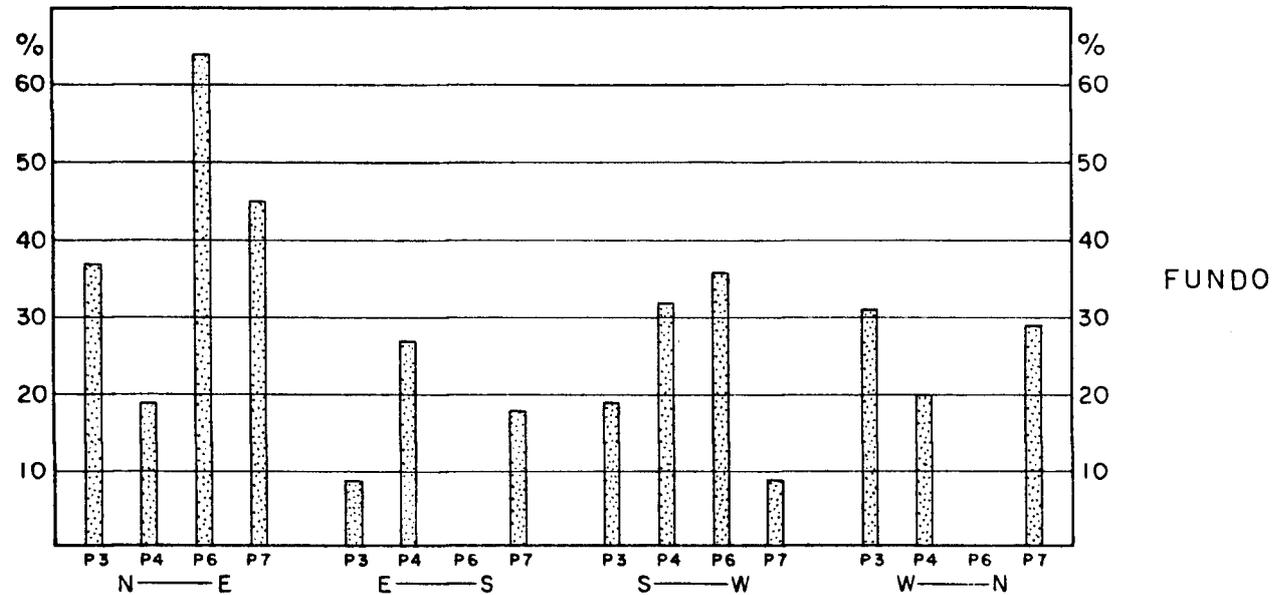
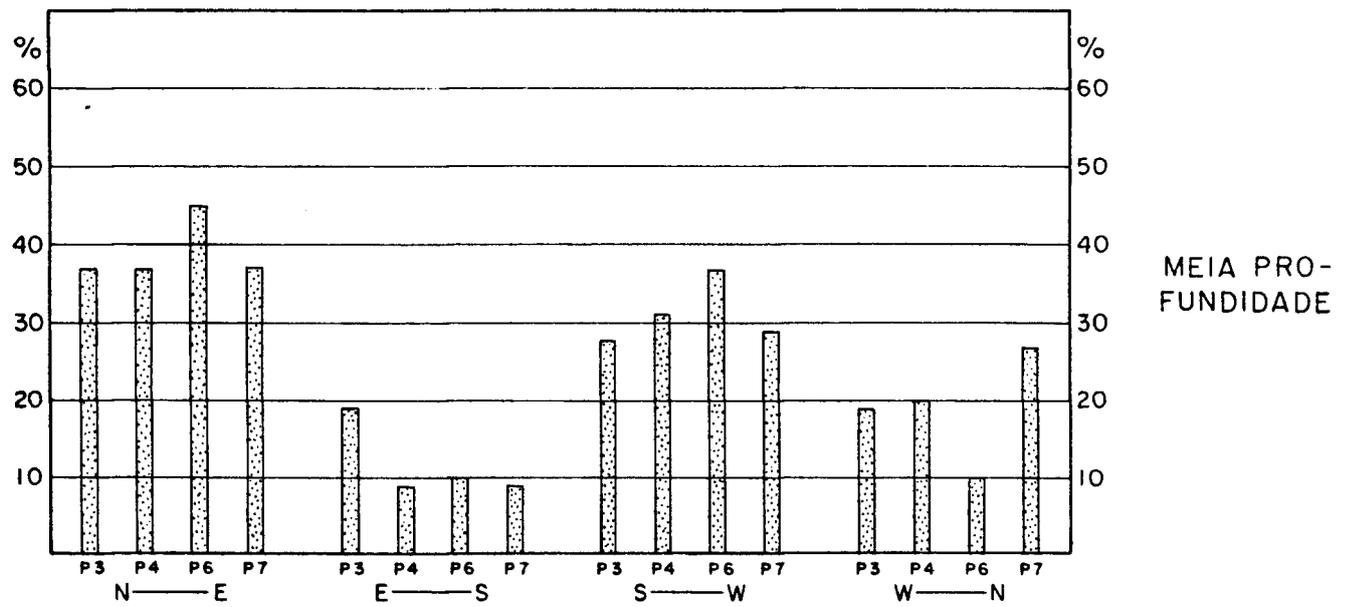
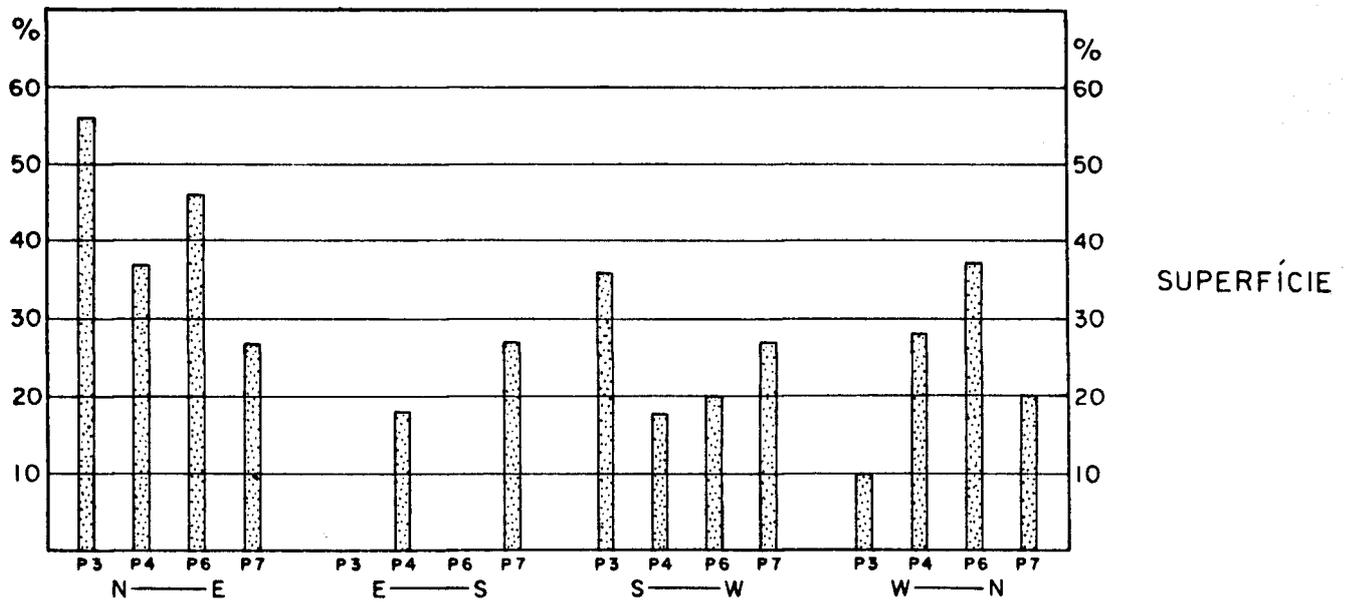


FIGURA 7.7 - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE DIREÇÕES INDEPENDENTEMENTE DA INTENSIDADE (NOVEMBRO/82)

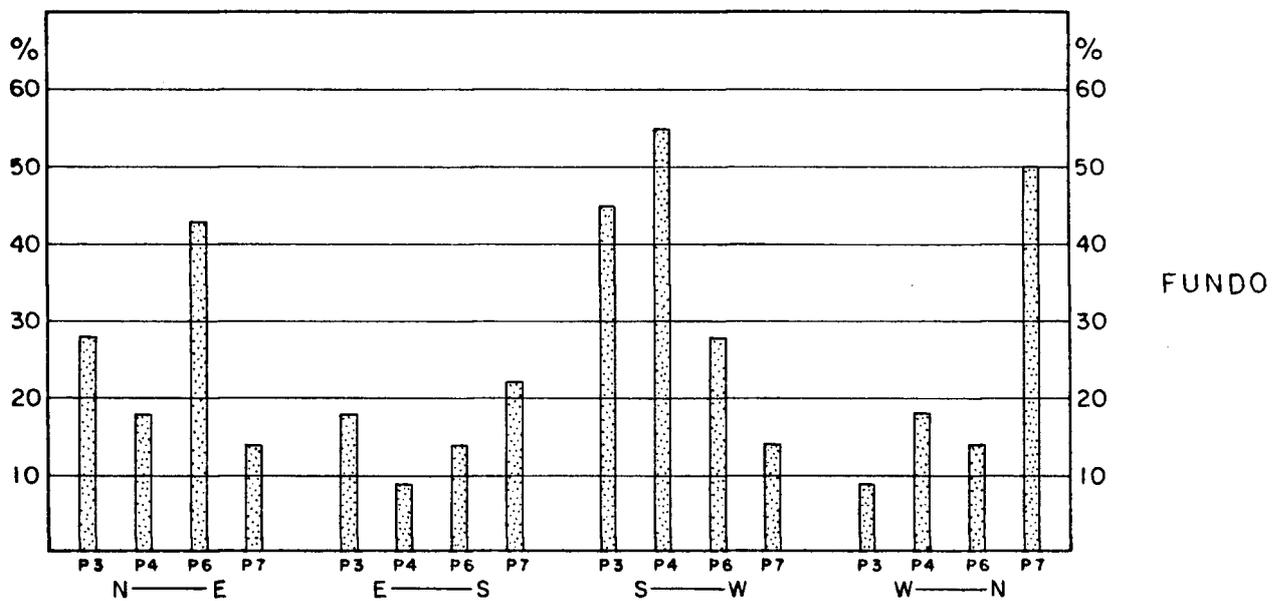
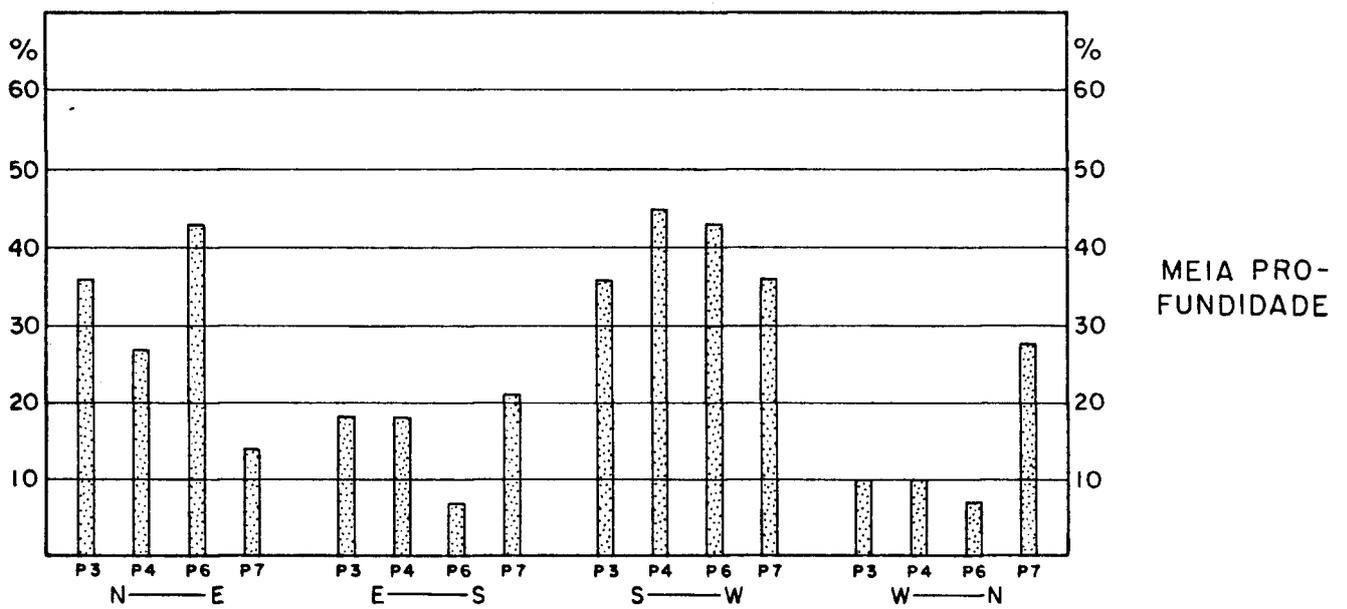
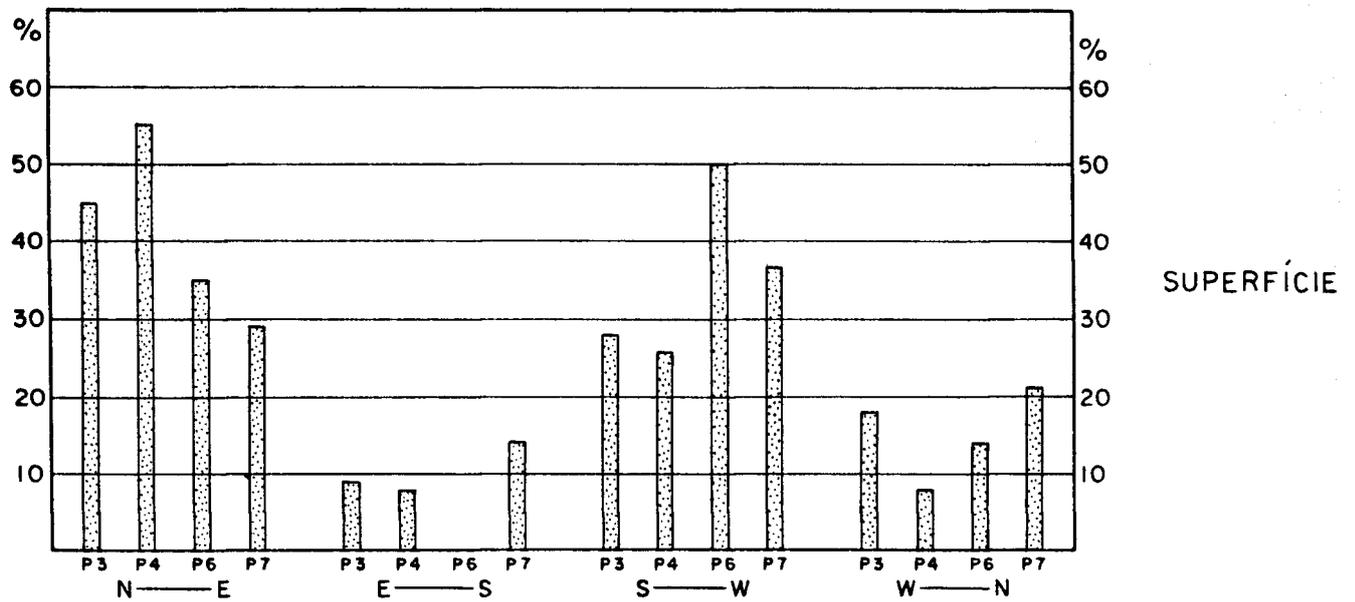


FIGURA 7.8 - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE DIREÇÕES INDEPENDENTEMENTE DA INTENSIDADE (DEZEMBRO/82)

Como as inversões da corrente para NE estão ligadas à passagem de frentes frias, e estas são mais frequentes no período de inverno, seria este um dos efeitos da sazonalidade sobre o padrão de circulação local.

As Figuras 7.1 a 7.8 apresentam, em bases mensais, a frequência de ocorrência de direções de correntes independentemente da intensidade. Representam um modo claro de se acompanhar, mês a mês, como a corrente se orienta nos diversos pontos e em cada nível.

Os histogramas mostrados nas figuras foram construídos considerando-se apenas os dias em que houve medições nos quatro pontos, com a finalidade de se representar, de maneira conjunta, as tendências de circulação de águas nos pontos estudados.

O Quadro 7.2 apresenta valores mensais mínimos e máximos de velocidade das correntes, ou seja, partindo-se dos valores obtidos para cada conjunto mensal de perfis foram separados o menor e o maior valor de intensidade, com a orientação correspondente, nos três níveis de profundidade.

Além de mostrar a faixa de variação dos valores de intensidade o quadro mostra também que, geralmente, as maiores intensidades estão associadas com os quadrantes SW e NE, este prevalecendo sobre aquele.

Quadro 7.2 - Valores mensais mínimos e máximos de velocidade da corrente - 1982

		P3		P4		P6		P7	
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Fev	S	-	-	-	-	15 ENE	24 NE	13 NNE	22 W
	M	-	-	-	-	11 E	18 ENE	12 SSW	20 E
	F	-	-	-	-	11 SSE	15 E	8 ENE	18 W
Mar	S	8 SE	14 SSE	8 WNW	18 S	5 WSW	30 SSW	7 N	28 SSE
	M	7 N	20 SSE	8 ESE	15 SE	7 NNW	17 S	8 ESE	17 SSE
	F	6 N	16 S	7 S	13 S	5 NE	17 S	8 S	18 NNW
Abr	S	10 NNE	16 WSW	10 E	20 NNE	9 ENE	18 NE	9 NE	20 NNE
	M	5 ESE	12 SSE	7 S	18 NNE	7 NNE	15 NW	7 NW	17 WNW
	F	3 ENE	8 SW	6 WSW	11 W	8 NNW	14 SW	5 ENE	13 NNW
Mai	S	9 WSW	46 NE	4 NNW	48 NE	10 WNW	40 NE	7 NNW	55 NE
	M	5 NNW	31 SW	4 NNW	33 NNE	4 NE	32 SW	7 SSW	28 SSW
	F	4 NNE	37 SW	4 NNW	32 SW	4 NNE	27 SW	4 NE	32 SW
Jun	S	12 SW	45 NE	10 NW	48 NE	9 WSW	34 NE	10 SW	42 NE
	M	9 WNW	30 NE	6 SW	23 SW	8 NNE	27 NE	7 S	35 N
	F	7 SW	20 SE	6 NNW	24 NE	8 NNE	23 NE	7 NE	18 ENE
Jul	S	12 ENE	34 SW	14 NW	38 NE	5 N	25 ENE	12 NW	35 NE
	M	2 NNW	28 W	8 NW	31 SW	7 ESE	26 SW	8 NNE	26 SW
	F	3 NW	28 W	7 WSW	28 SW	9 W	25 ESE	6 N	19 NE
Ago	S	16 S	38 ENE	8 SSW	35 ENE	10 W	60 NE	12 NNE	60 NNE
	M	11 NE	35 ENE	10 NE	32 NE	7 ENE	32 NE	4 NNE	35 NNE
	F	10 ESE	27 ENE	10 WNW	28 ENE	8 E	27 SW	10 NW	33 NE
Set	S	10 NW	35 WSW	13 W	43 WSW	14 NNW	30 W	14 W	38 WSW
	M	8 NNW	22 WSW	10 NNE	28 WSW	9 NNW	27 WSW	9 NE	32 WSW
	F	8 E	19 WSW	10 E	28 WSW	10 NW	20 WSW	8 NE	25 WSW
Out	S	17 SE	52 NNE	16 SE	64 E	13 NE	44 ENE	15 SSE	69 NE
	M	10 SW	31 WNW	12 SW	37 WSW	10 NNE	40 ENE	12 SE	44 ENE
	F	12 ENE	28 W	11 ENE	35 ENE	11 NNW	33 NE	9 E	29 ENE
Nov	S	11 W	43 ENE	12 NNW	49 E	10 NNW	47 ENE	13 NW	49 ENE
	M	6 NW	34 ENE	9 SSE	31 ENE	9 WNW	39 ENE	10 NW	41 NNE
	F	11 WNW	31 ENE	8 SSW	21 ENE	8 WSW	37 NE	8 SE	27 NE
Dez	S	16 SW	44 NNW	18 SW	70 NNE	14 W	60 NE	12 SW	70 ENE
	M	15 SW	40 NNW	15 WSW	36 WNW	8 WSW	34 WSW	8 WNW	35 WSW
	F	14 NW	39 NNW	10 WSW	33 NW	8 SE	32 ENE	9 N	28 W

S - superfície; M - meia-profundidade; F - fundo

As intensidades menores distribuem-se de modo irregular por quase todas as direções possíveis, muito provavelmente por estarem associadas com resolução pobre do aparelho que, equipado com leme direcional, apresenta instabilidade na medição da direção de correntes de baixa intensidade.

O Quadro 7.2 deixa ainda razoavelmente claro um segundo efeito da sazonalidade sobre as correntes, qual seja o fato de que as intensidades mínimas e máximas são, em média, um pouco maiores para o período de inverno que para os demais períodos do ano.

Variações do comportamento da corrente ao longo e ao largo da costa não foram observadas. Como a costa é aberta, há poucos acidentes, a declividade é pequena e as isóbatas são praticamente paralelas à linha de praia, torna-se pequena a probabilidade de alterações espaciais significativas, pelo menos numa área razoavelmente restrita como a que foi estudada.

Uma comparação entre as medições feitas nos quatro pontos mostra apenas uma tendência de que os pontos mais profundos, conseqüentemente mais afastados da zona de arrebentação, apresentem uma definição da orientação das correntes para NE um pouco melhor que a dos pontos mais à terra.

Outra observação interessante é que nas proximidades da Juréia as correntes tendem a ser defletidas para o largo pela presença do maciço rochoso; elas começam a divergir da costa em algum ponto a NE da embocadura do Rio Verde.

Ao longo de cada coluna, para cada ponto levantado, o comportamento da corrente também não apresenta surpresas.

As intensidades são geralmente maiores na superfície que no fundo, passando por valores intermediários à meia-profundidade.

A orientação das correntes para NE ou para SW é mais bem definida na superfície e no fundo.

Como as medições são discretas é difícil identificar o tempo gasto na orientação ao longo das colunas, de modo que, geralmente, toda a coluna dágua, ao serem feitas as medições, já se achava orientada numa só direção.

As marés têm importância muito pequena na circulação local. Comparações da intensidade e da direção das correntes com as fases de enchente e de vazante da maré mostram, conforme já antecipado, que a correlação entre estes parâmetros é praticamente inexistente.

Os agentes principais da circulação nesta área são as ondas e os ventos os quais, inclusive, têm papel fundamental na reorientação das correntes para NE pois, soprando de sul quando da passagem das frentes frias, amoldam a circulação costeira à sua feição.

Tanto o fato de que as correntes podem atingir intensidades bastante elevadas (80 cm/s), quanto o fato de que elas se invertem claramente para NE são importantes informações

para subsidiar os estudos de implantação das obras no local.

Associadas a intensidades altas e orientação crítica das correntes estão principalmente a navegabilidade nas áreas de acesso às instalações portuárias, a advecção de efluentes térmicos da região de descarga para a região de tomada de água e sua dispersão no corpo receptor. Tanto isto é verdade que estudos preliminares de dispersão no local mostraram que existe possibilidade de aderência da pluma de efluentes térmicos à praia (item 7.4).

Para concluir este item cabem ainda alguns comentários sobre as medições concentradas em dezembro de 82 e janeiro de 83 nos novos pontos de perfilagem (P10 a P15).

A partir de 11/12/82 passaram a ser executados, em dias alternados, perfis em P6, P7, P12 e P13, e em P10, P11, P14 e P15. As estações P3 e P4 foram desativadas (Figura 2.2). A partir de 28/01/83 deixaram de ser realizados os perfis diários; os levantamentos passaram a ser feitos com intervalos de tempo longos, geralmente coincidentes com os dias de manutenção dos correntógrafos (15 dias, em média).

Durante o período em que foram realizados perfis com maior frequência, e em número maior de pontos, não houve modificações em relação ao panorama já descrito.

Predominaram as correntes orientadas para SW, condição de tempo bom típica do período de verão.

Houve inversões de corrente para NE e o comportamento foi muito semelhante em todas as estações.

Ao longo das colunas as correntes superficiais foram geralmente maiores que as correntes no fundo, e o padrão de circulação é ligeiramente mais bem definido para as estações em pontos mais profundos.

7.3.2 - Resultados a correntôgrafo

O Quadro 4.1 (Capítulo 4) mostra que as medições de corrente a correntôgrafo foram realizadas em diversos pontos, reprogramados à medida que os trabalhos se desenvolviam.

Após a campanha preliminar de junho-julho de 81 as medições de corrente começaram a ser realizadas nos pontos P4 (profundidade de 8 metros) e P5 (profundidade de 6 metros). As medições foram realizadas entre 22/10 e 18/11/81, quando os aparelhos foram retirados por medida de segurança, devido à intensa atividade pesqueira na área.

A campanha recomeçou em fevereiro de 82, com aparelhos instalados apenas em P6 (profundidade de 5 metros) e P7 (profundidade de 10 metros), ao largo da estação do CDTN na praia, de onde poderiam ser mais facilmente vigiados.

O aparelho de P6 foi retirado em março. A pequena profundidade e a agitação do mar tornavam muito difícil e insegura sua manutenção. Portanto, de março a dezembro de 82 esteve em operação apenas o correntôgrafo de P7 (Figura 2.2). No

trimestre julho-agosto-setembro foi bom o rendimento das medições, tendo melhorado em outubro (70%), novembro (70%) e dezembro (82%).

Em 12/12/82 foi instalado um novo aparelho em P12 (profundidade de 6 metros) que, neste mês, operou com 80% de eficiência.

Os correntógrafos de P7 e P12 apresentaram defeitos em fevereiro de 83 e só o de P12 foi substituído prontamente. A partir de abril, até novembro, foram obtidos registros nos dois pontos novamente.

Em setembro de 83 o correntógrafo de P12 soltou-se das amarrações de fundeio e foi encontrado na praia, tendo sido recuperado com danos no leme e no rotor. Em novembro o correntógrafo de P7 foi arrastado por rede de paelha de pesca; partes d'ele (leme e eixo) foram encontradas em dezembro, junto à embocadura do Rio Verde.

Entre dezembro de 83 e junho de 84, mês em que a campanha foi paralizada, foram realizadas medições apenas em P12.

Cabe aqui uma constatação de ordem prática. Os equipamentos que apresentaram maior dificuldade de operação e manutenção, dentre todos os utilizados nos trabalhos de campo, foram os correntógrafos para registro autônomo de direção e intensidade de correntes.

Seja pela concepção dos aparelhos, seja pelas condições severas em que trabalham, seja por falta de equipamentos ou mesmo componentes para reposição em algumas etapas do trabalho, foi

necessário dedicar frequente atenção aos aparelhos.

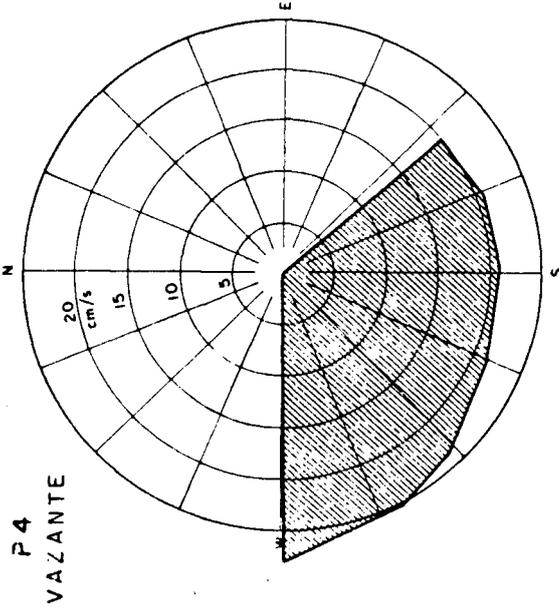
Os comentários sobre os resultados obtidos a correntôgrafo se concentrarão nos anos de 82 e 83, em especial no primeiro porque neste ano há também dados sistemáticos de corrente a correntômetro.

Começamos os comentários pelos dados registrados em outubro e novembro de 81.

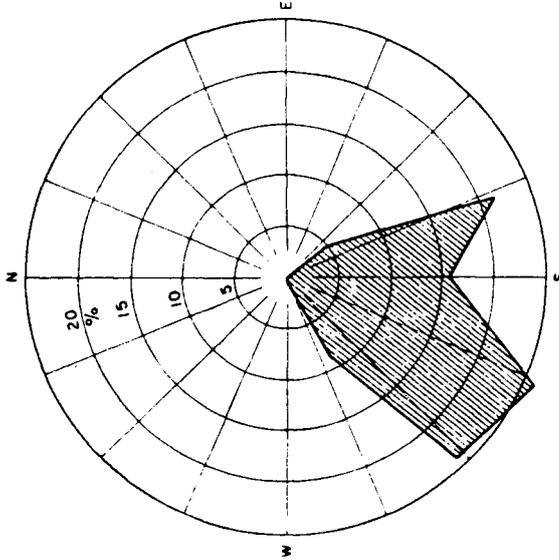
A observação das Figuras 7.9 e 7.10 mostra que é praticamente nula a influência da maré na circulação local, o que se constata comparando-se as velocidades ponderadas nas estações P4 e P5, quase idênticas para as fases de vazante e enchente podendo ser, assim, representadas pelas velocidades ponderadas calculadas para o ciclo completo (Figura 7.11).

Predominaram as correntes para SW, com intensidades na faixa de 18 a 30 cm/s (máxima). As maiores intensidades estão associadas com orientações para SW ou para NE.

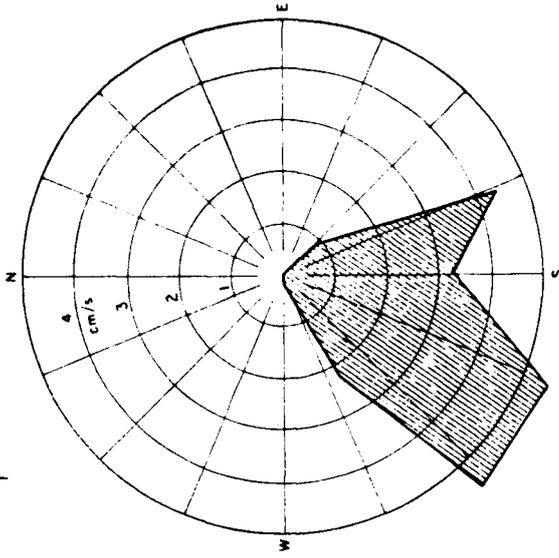
Durante seu curto período de operação - fevereiro e março de 82 - o aparelho de P6 registrou uma predominância de correntes orientadas para S a W, seguidas pelas correntes para N a E. As intensidades médias ficaram entre 9 e 17 cm/s, com um valor máximo de 29 cm/s.



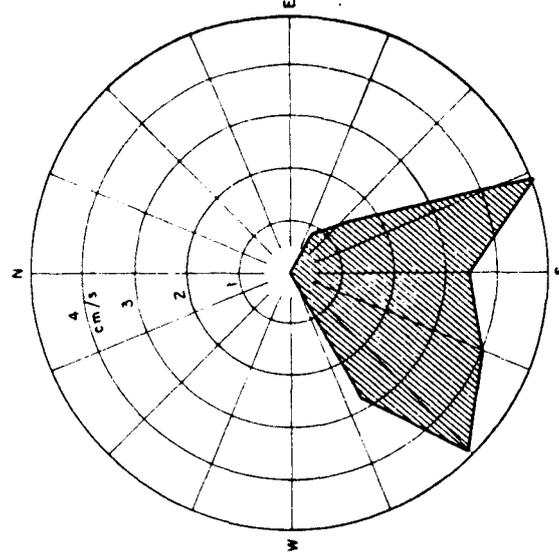
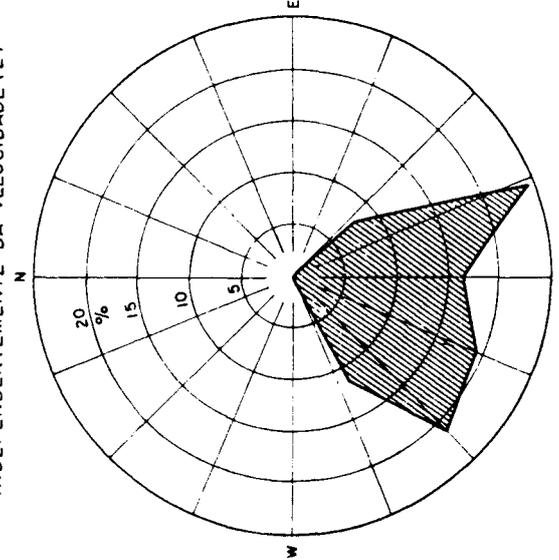
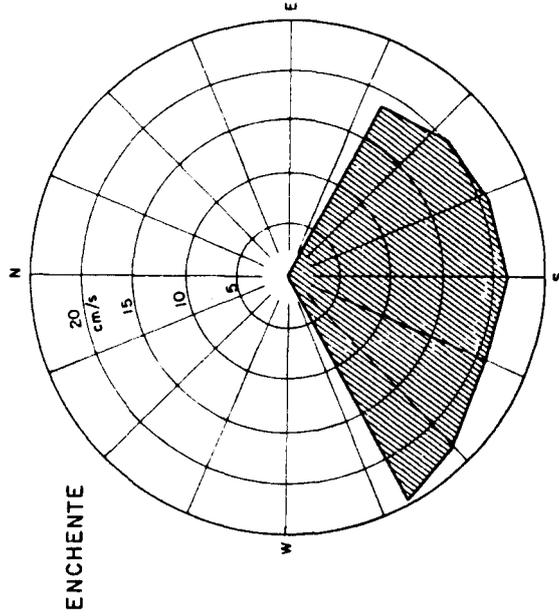
VELOCIDADE MÉDIA POR DIREÇÃO (1)



FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA
INDEPENDENTEMENTE DA VELOCIDADE (2)



VELOCIDADE PONDERADA POR DIREÇÃO (1) x (2)

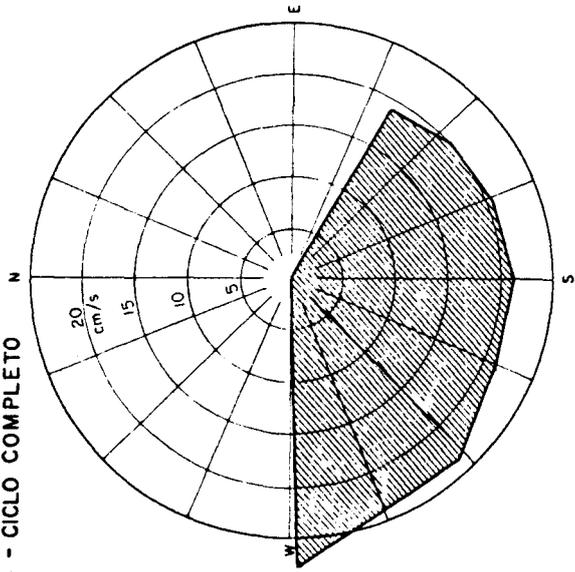


PERÍODO : 22/10/81 a 9/11/81

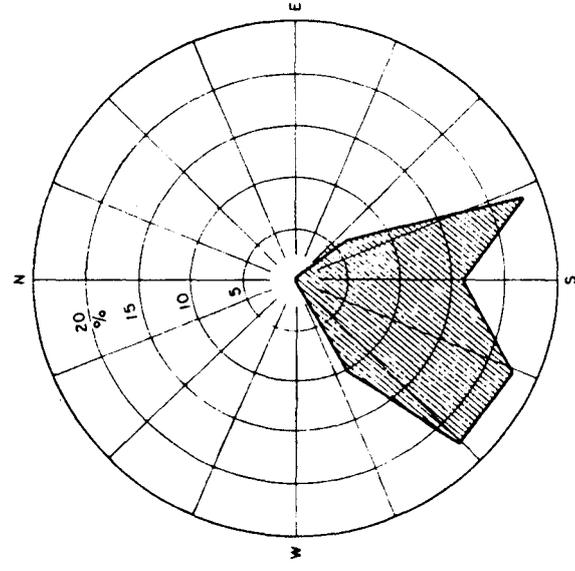
FIGURA 7.9 - DIAGRAMAS DE CORRENTES EM P 4
(VAZANTE E ENCHENTE)

(FONTE : REF. 13 , VOL. 1)

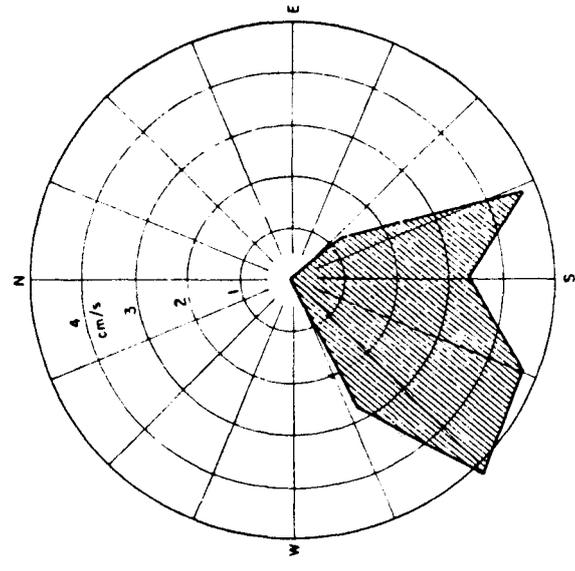
P4 - CICLO COMPLETO



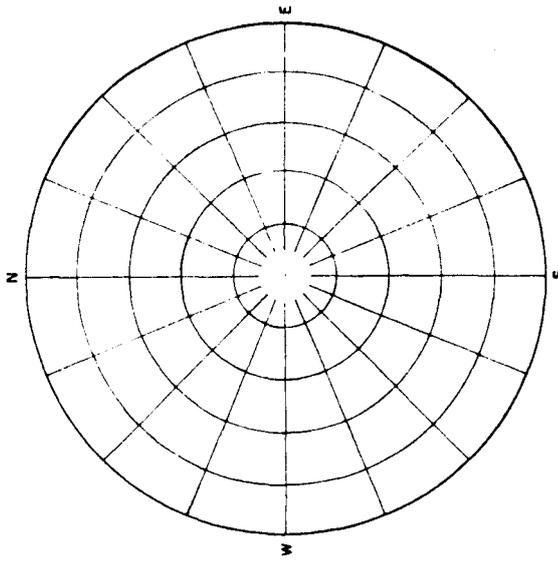
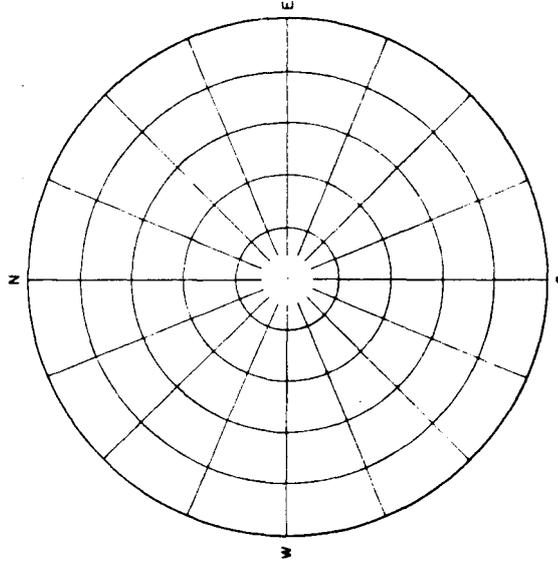
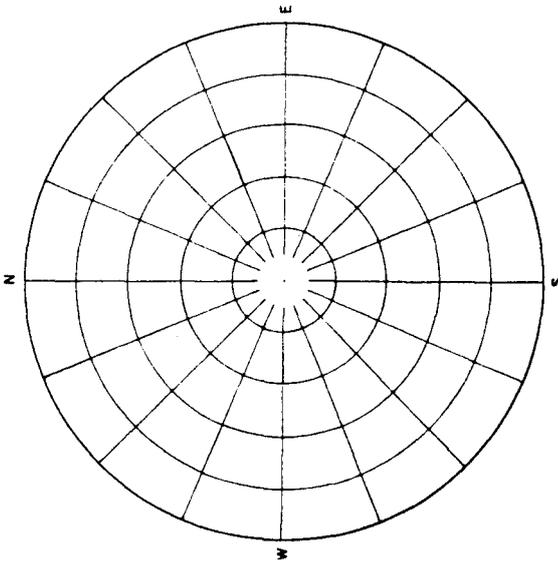
VELOCIDADE MÉDIA POR DIREÇÃO (1)



FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA INDEPENDENTEMENTE DA VELOCIDADE (2)



VELOCIDADE PONDERADA POR DIREÇÃO (1) x (2)

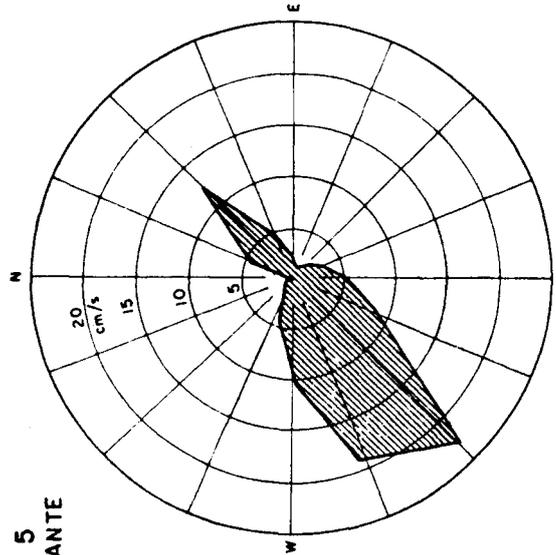


PERÍODO : 22/10/81 a 9/11/81

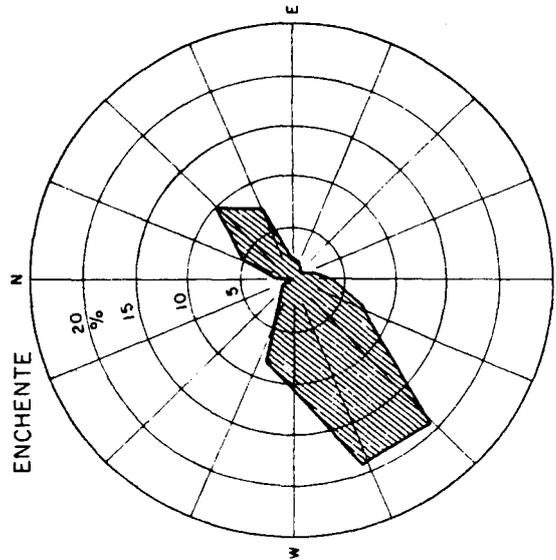
FIGURA 7.10 - DIAGRAMAS DE CORRENTES EM P4 (CICLO COMPLETO)

(FONTE: REF. 13, VOL. 1)

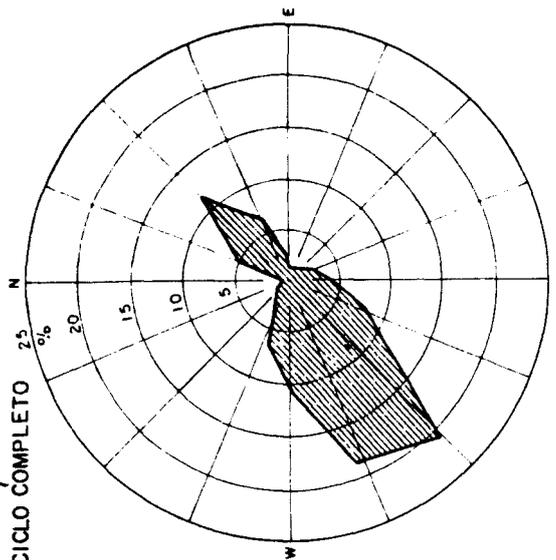
P 5
VAZANTE



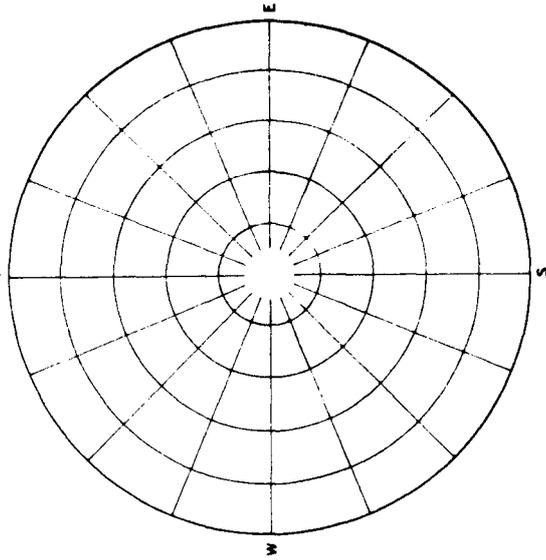
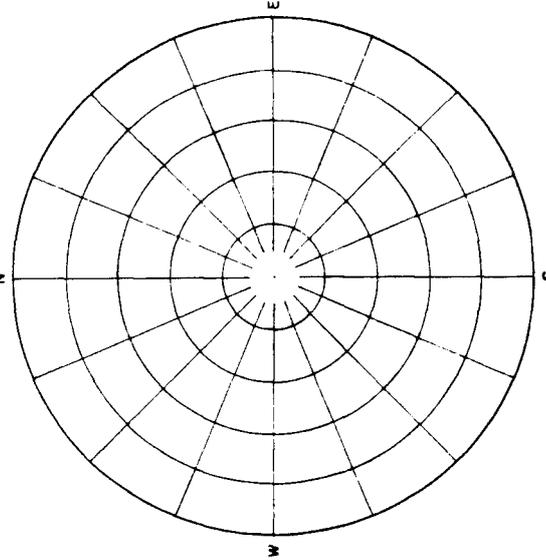
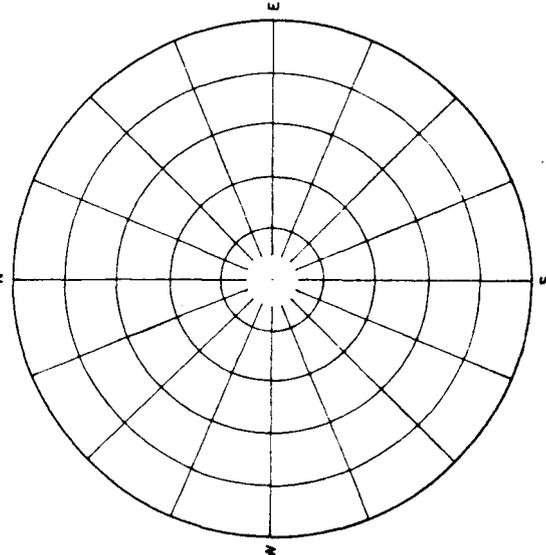
FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA
INDEPENDENTEMENTE DA VELOCIDADE (2)



FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA
INDEPENDENTEMENTE DA VELOCIDADE (2)



FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA
INDEPENDENTEMENTE DA VELOCIDADE (2)



PERÍODO : 22/10/81 a 18/11/81

FIGURA 7.11 - DIAGRAMAS DE CORRENTES EM P5
(VAZANTE, ENCHENTE E CICLO COMPLETO)

(FONTE : REF. 13, VOL.11)

O aparelho de P7, ao longo de todo o seu período de operação - fevereiro de 82 a novembro de 83 - vem confirmar as informações apresentadas pelas medições a correntômetro. Esta foi uma das estações em que houve medições de correntes com os dois tipos de instrumento.

As principais conclusões são as de que predominaram as correntes orientadas para SW, associadas com condições de bom tempo e, às vezes, com intensidades razoavelmente elevadas (40 a 50 cm/s).

Com a chegada de frentes frias as correntes se reorientam para NE, e as intensidades podem atingir 60 a 70 cm/s. Nos períodos de inverno chega a haver um equilíbrio entre a frequência com que as correntes se orientam num e noutro sentido.

Certeza quanto a este fenômeno pode ser adquirida através da comparação, ponto a ponto, dos parâmetros de corrente, nos horários em que foram registrados, com os horários em que foram detectadas as chegadas das frentes na região e registrada a ronda dos ventos para o quadrante sul.

O rumo que tomam as correntes é certamente determinado pela configuração da costa, seu alinhamento em relação ao norte, o paralelismo entre as isóbatas até 50 metros e a ausência de obstáculos/acidentes na região.

As fases da maré não causam alterações claras na intensidade e na direção das correntes.

Isto pode ser observado pela comparação dos diversos gráficos apresentados em 1131, reproduzindo valores das velocidades ponderadas por direção para fases de enchente, vazante e ciclo completo. Nota-se acentuada permanência daqueles valores para cada uma das situações de maré.

Outra maneira de se realizar esta comparação é o cotejo dos registros horários de corrente com os registros horários correspondentes das variações da maré, como foi mostrado no Capítulo 2 para os estudos preliminares.

Sendo a maré agente pouco importante na circulação local, destacam-se os ventos e as ondas como os agentes a considerar.

Os ventos, por seu papel óbvio de estimular as correntes superficiais de deriva e, em particular, por sua atuação no fenômeno de inversão das correntes para NE.

As ondas, pela formação das correntes de transporte de massa e pela geração das correntes litorâneas, quando de seu ataque oblíquo à praia. Pode-se adiantar que estudos feitos com traçador radioativo (Capítulo 8) mostraram que, nas profundidades em que foram registradas as correntes, 6 a 10 metros, achava-se o limiar, ao largo da arrebentação, do transporte litorâneo, associado àquelas correntes.

O aparelho de P12, ponto que foi monitorado entre dezembro de 82 e junho de 84, também não mostrou nenhuma novidade em relação ao panorama geral.

As informações obtidas dos registros em P12 indicam predominância de correntes orientadas para SW, em condições de tempo bom, e sua rápida inversão para NE com a chegada de frentes frias.

Também aqui é de pouca importância a ação da maré sobre as correntes, destacando-se como principais agentes controladores os ventos e as ondas.

Estudos de correlação mais detalhados entre estes agentes e as correntes geradas poderão, eventualmente, estabelecer quantitativamente as relações de causa e efeito entre os fenômenos.

O ponto P12 fica situado a meio caminho entre a Serra da Juréia e o Morro do Grajaúna. Observa-se que, quando as correntes se orientam para SW elas tendem a divergir da praia, especialmente nos níveis inferiores, ao invés de se manterem paralelas a ela, por provável efeito do maciço rochoso que penetra mar a dentro.

Esta seria, a rigor, a principal diferença de comportamento entre as correntes observadas em P7 e P12.

Conclui-se, assim, que houve boa concordância entre os resultados de corrente levantados a correntômetro e aqueles registrados a correntôgrafo e que os resultados obtidos são capazes de caracterizar de modo bastante compreensivo o panorama de circulação local.

7.3.3 - Resultados dos estudos com cartões de deriva

Durante os estudos com traçadores radioativos conduzidos na região imediatamente ao largo da arrebentação, na Praia do Rio Verde, para avaliação do coeficiente de dispersão horizontal na superfície do mar foram realizados também estudos do campo de correntes com a utilização da técnica dos cartões de deriva.

Estes trabalhos foram realizados em campanhas de verão (fevereiro e março de 83) e de inverno (agosto de 83). Foram utilizados cartões plastificados de 10x16,3 cm, com pequeno lastro para mantê-los na vertical. O cartão integra os primeiros 16 centímetros da superfície, praticamente sem sofrer o arraste direto do vento.

7.3.3.1 - Resultados da campanha de verão

O Quadro 7.3 apresenta um resumo dos trabalhos realizados nesta campanha, mostrando as datas dos lançamentos, os pontos de lançamento (PL), a distância de cada ponto à praia e o índice de recuperação por lançamento.

Tomando por base o índice de recuperação em estudos com derivadores encontrados na literatura (16 a 37%) foram utilizados cem cartões por lançamento, numerados de forma sequencial de modo a não se confundirem cartões de experimentos diferentes.

**Quadro 7.3 - Resumo dos experimentos com cartões de deriva
Campanha de verão**

Fonte: Ref. 1131 (Vol. V)

Lançamento	Coordenada UTM		Distância da Praia (m)	Recuperação (%)
	N	E		
26/02/83	7282773	275762	400	81
01/03/83	7281857	275641	1000	54
03/03/83	7284046	277725	530	46
05/03/83	7282013	275580	850	29

Os índices de recuperação elevados, mostrados no quadro, podem ser atribuídos ao fato de as correntes superficiais terem se apresentado convergentes à praia, à proximidade dos pontos de lançamento em relação à praia e ao esquema montado para recolha dos cartões, em que se empregou um certo número de pessoas com a finalidade de recolher os cartões em trechos pré-estabelecidos da costa, anotar seu número e hora da recolha.

A distância percorrida pelo cartão em sua trajetória aparente (estimada a partir do local de lançamento, o ponto de recolha na praia e a corrente superficial medida ao largo da arrebenção) e o tempo decorrido entre o lançamento e a recuperação foram usados para o cálculo da "velocidade aparente" de grupos de cartões. Somente os valores máximos das velocidades aparentes para cada lançamento têm significado.

Possíveis referências aos estudos simultâneos com traçadores radioativos serão detalhadas no item 7.4.

Os principais resultados de cada um dos experimentos desta campanha serão resumidos a seguir:

i - Experimento de 26/02/83

Os cartões foram lançados entre 11:45h e 11:48h (Figura 7.12). De manhã os ventos sopravam de NW, com 1 m/s, e as correntes superficiais orientavam-se para N (15 cm/s). O vento rondou para sul e, a seguir, para E, passando a intensidade para 2-3 m/s; neste período as correntes se reorientaram para S a W (intensidades de 18 cm/s).

A distribuição dos cartões ao longo da praia, agrupando-os junto aos marcos mais próximos da recolha e as velocidades aparentes máximas (VAM) para cada grupo são mostradas na Figura 7.13. Daí se observa que estas velocidades situam-se entre 13 e 19 cm/s, valores próximos aos medidos durante o experimento. Com base no maior valor da velocidade aparente máxima (19 cm/s) e na trajetória aparente descrita pelo grupo de cartões verifica-se que seu comportamento está de acordo com as condições de circulação medidas.

ii - Experimento de 01/03/83

Os cartões foram lançados entre 11:01h e 11:03h (Figura 7.14). Os ventos sopravam de SW, com intensidades entre 3 e 6 m/s, e as correntes superficiais orientavam-se para NE, com intensidades na faixa de 40-50 cm/s. Estava-se numa situação pré-frontal.

As velocidades aparentes máximas situam-se entre 28 e 41 cm/s (Figura 7.13).

A intensidade e a direção das correntes são confirmadas pela advecção da nuvem radioativa (43 cm/s) dos estudos simultâneos de determinação dos coeficientes de dispersão horizontais.

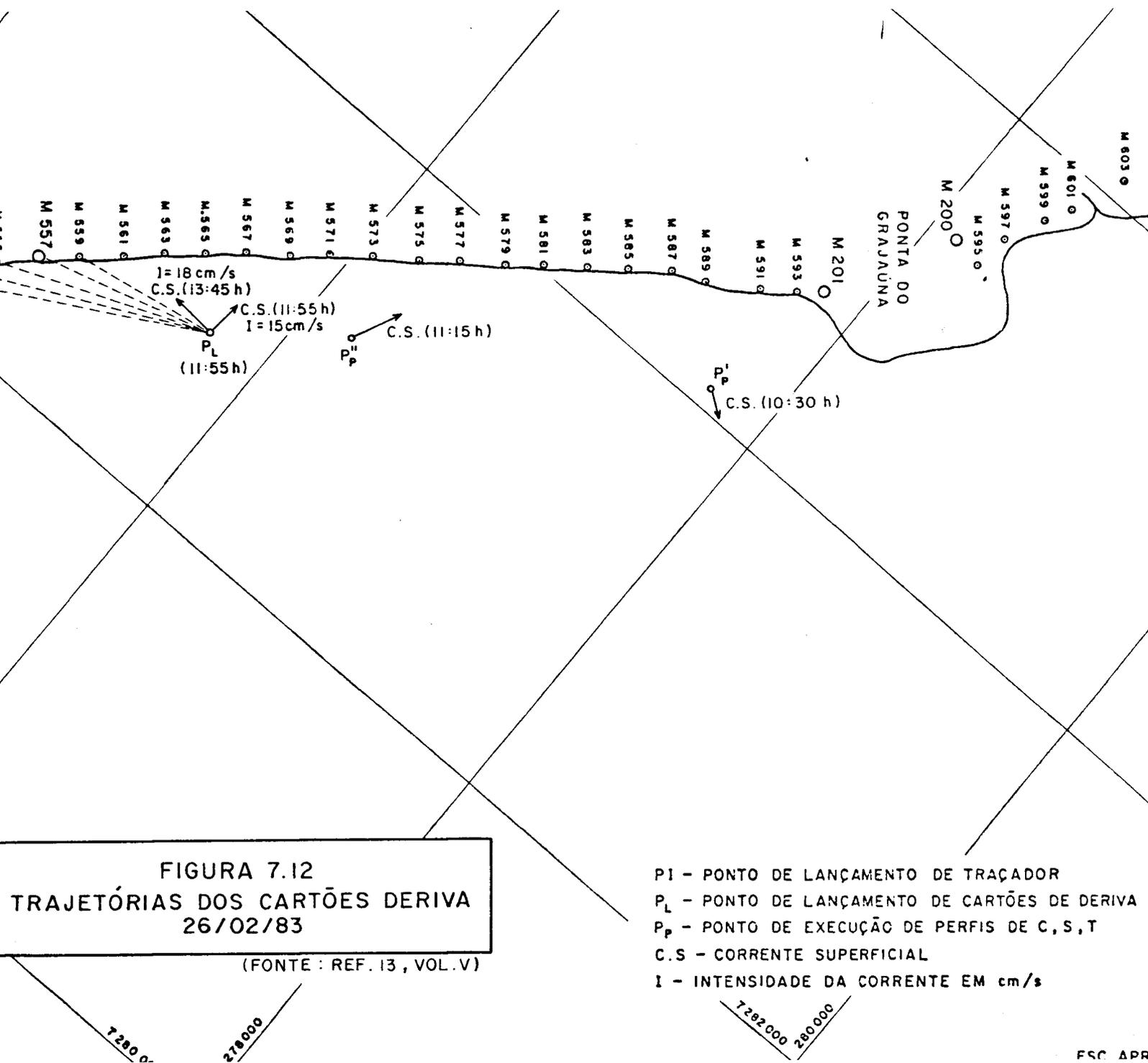
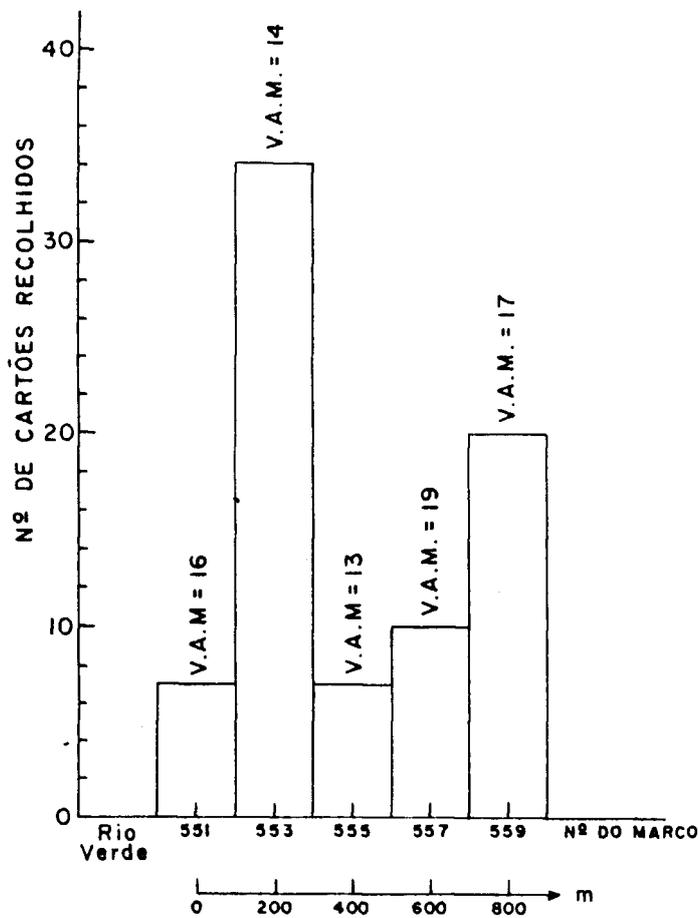


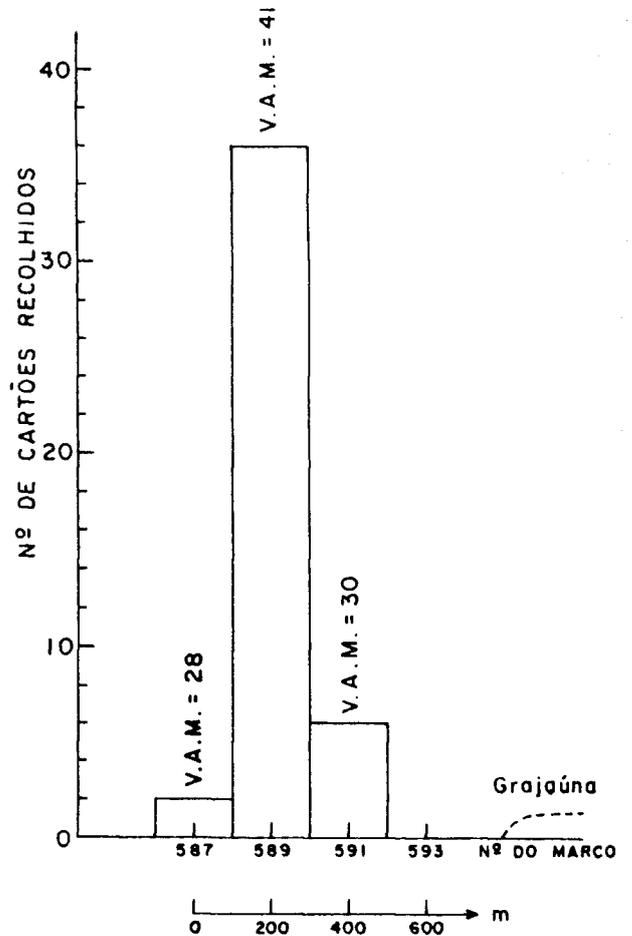
FIGURA 7.12
 TRAJETÓRIAS DOS CARTÕES DERIVA
 26/02/83

(FONTE : REF. 13 , VOL.V)

- PI - PONTO DE LANÇAMENTO DE TRAÇADOR
- PL - PONTO DE LANÇAMENTO DE CARTÕES DE DERIVA
- PP - PONTO DE EXECUÇÃO DE PERFIS DE C, S, T
- C.S - CORRENTE SUPERFICIAL
- I - INTENSIDADE DA CORRENTE EM cm/s

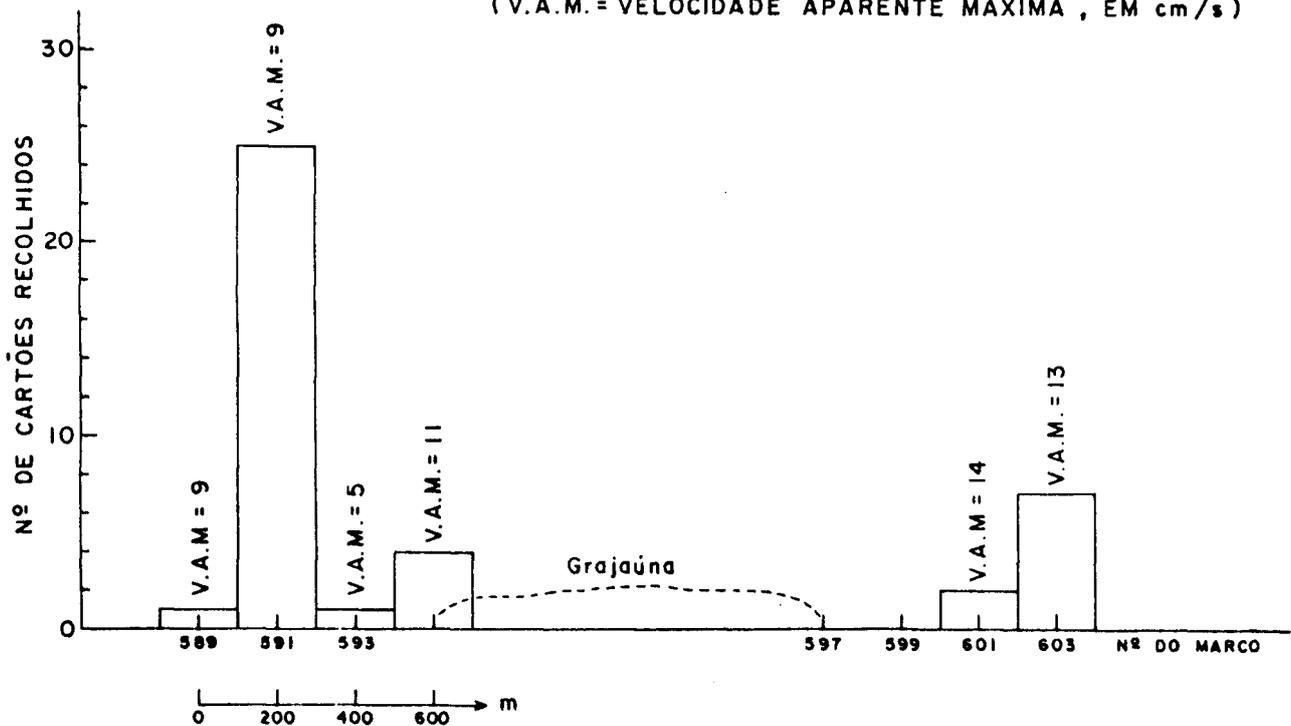


26/02/83



01/03/83

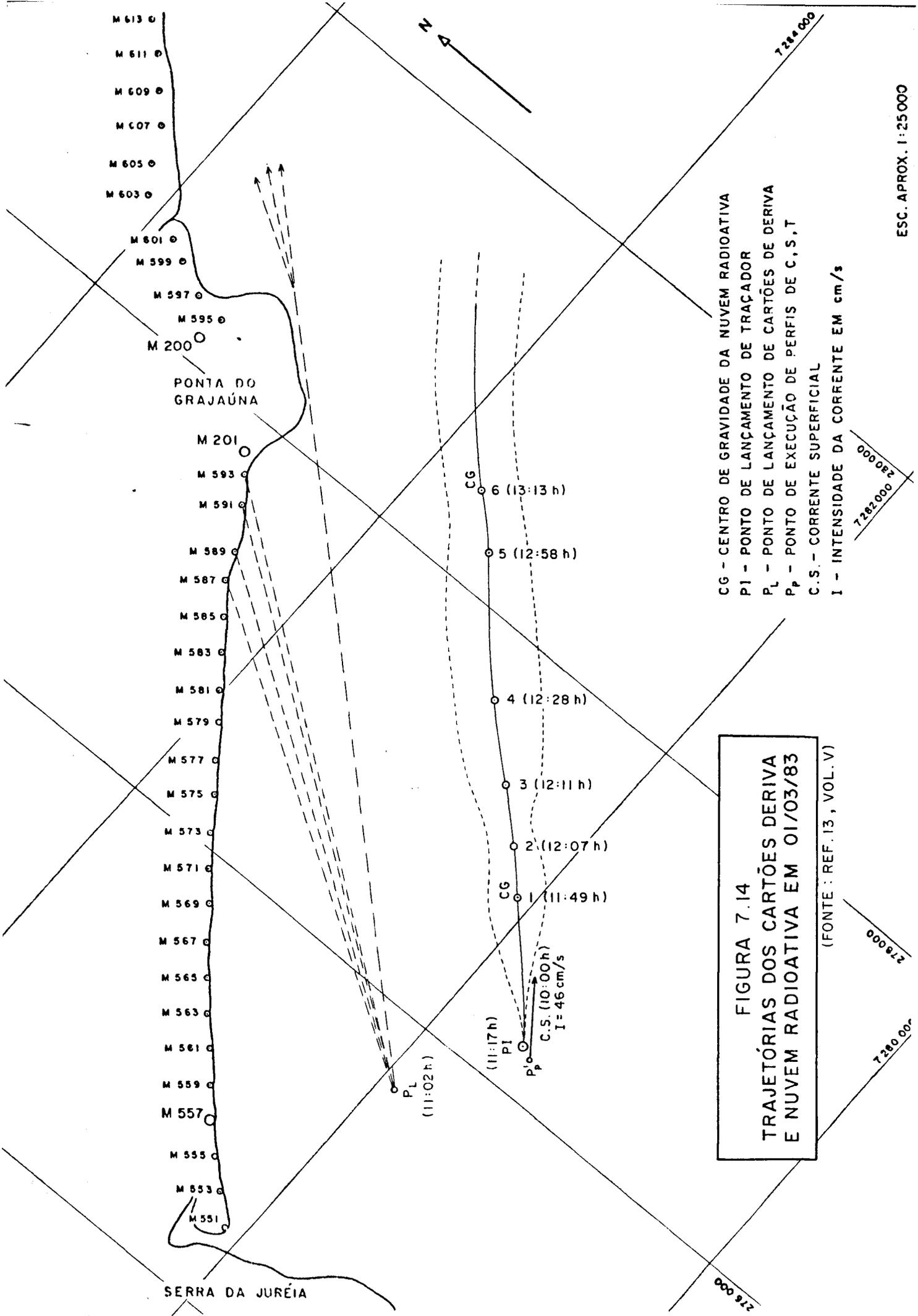
(V.A.M. = VELOCIDADE APARENTE MÁXIMA, EM cm/s)



03/03/83

FIGURA 7.13 - DISTRIBUIÇÃO DOS CARTÕES DERIVA LANÇADOS E RECOLHIDOS NA PRAIA NO MESMO DIA DO LANÇAMENTO - CAMPANHA DE VERÃO -

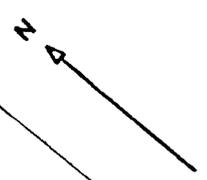
(FONTE: REF. 13, VOL. V)



M 613 ◉
M 611 ◉
M 609 ◉
M 607 ◉
M 605 ◉
M 603 ◉
M 601 ◉
M 599 ◉
M 597 ◉
M 595 ◉
M 200 ◉
M 201 ◉
M 593 ◉
M 591 ◉
M 589 ◉
M 587 ◉
M 585 ◉
M 583 ◉
M 581 ◉
M 579 ◉
M 577 ◉
M 575 ◉
M 573 ◉
M 571 ◉
M 569 ◉
M 567 ◉
M 565 ◉
M 563 ◉
M 561 ◉
M 559 ◉
M 557 ◉
M 555 ◉
M 553 ◉
M 551 ◉

PONTA DO GRAJAÚNA

SERRA DA JURÉIA



PL
(11:02h)

PI
(11:17h)

Pp
C.S. (10:00h)
I = 46 cm/s

CG
1 (11:49h)

2 (12:07h)

3 (12:11h)

4 (12:28h)

5 (12:58h)

CG
6 (13:13h)

276 000
7282 000
28000
7282 000
28000

ESC. APROX. 1:25000

iii - Experimento de 03/03/83

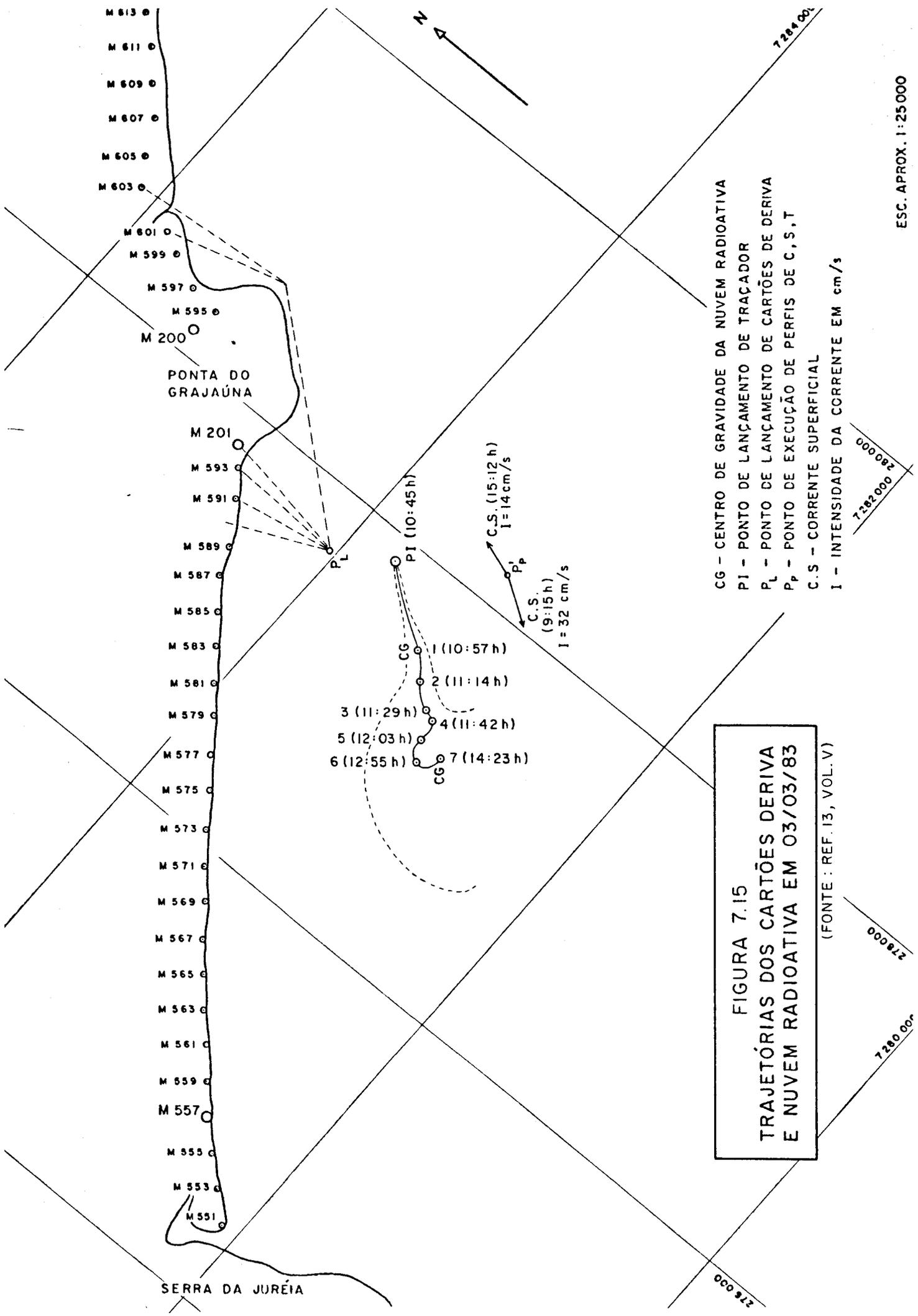
Os cartões foram lançados entre 10:25h e 10:27h (Figura 7.15). De manhã a situação era de calma e as correntes superficiais orientavam-se para SW, com intensidades na faixa de 30 cm/s; à tarde os ventos passaram a soprar de SW e a corrente se reorientou para NNE.

Devido a esta reorientação as velocidades aparentes máximas têm pouco significado (Figura 7.13), pois os cartões inicialmente se deslocaram lentamente para SW e se reorientaram para NE a seguir, após o que atingiram a praia.

iv - Experimento de 05/03/83

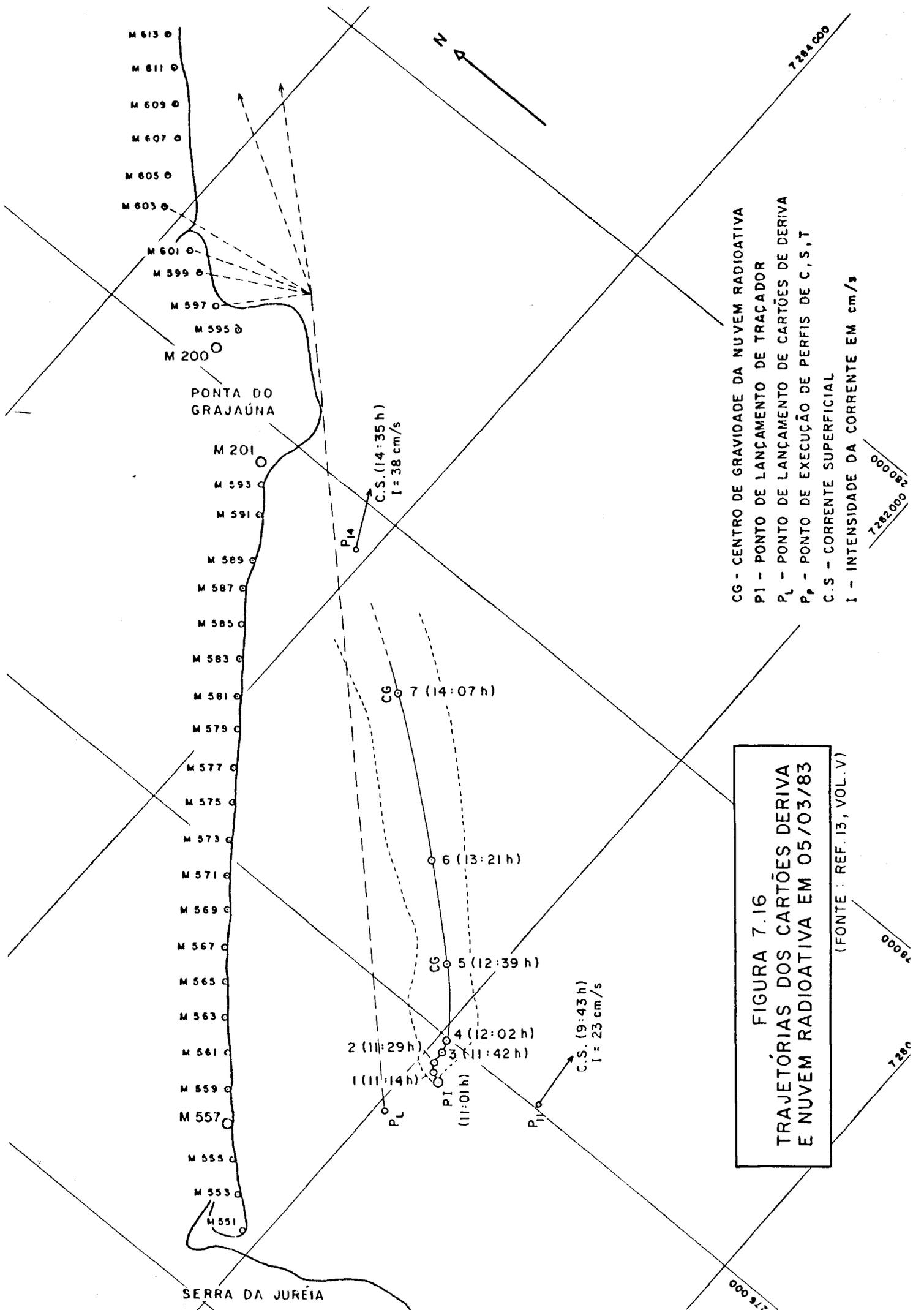
O lançamento dos cartões foi realizado entre 10:45 h e 10:47 h, de um ponto a cerca de 860 metros da praia (Figura 7.16). Os ventos sopravam de W a S, com intensidade de 6 a 8 m/s. As correntes orientavam-se para E (23 cm/s). À tarde já se mostravam orientadas para ENE, com intensidade de 38 cm/s. A nuvem radioativa apresentou advecção na faixa de 25 - 30 cm/s.

Como os cartões só foram recolhidos a partir do dia seguinte, e todos na Praia do Una, os cálculos de velocidade aparente ficam prejudicados.



CG - CENTRO DE GRAVIDADE DA NUVEM RADIOATIVA
 P_I - PONTO DE LANÇAMENTO DE TRAÇADOR
 P_L - PONTO DE LANÇAMENTO DE CARTÕES DE DERIVA
 P_P - PONTO DE EXECUÇÃO DE PERFIS DE C, S, T
 C.S. - CORRENTE SUPERFICIAL
 I - INTENSIDADE DA CORRENTE EM cm/s

FIGURA 7.15
 TRAJETÓRIAS DOS CARTÕES DE DERIVA
 E NUVEM RADIOATIVA EM 03/03/83
 (FONTE : REF. 13, VOL. V)



7.3.3.2 - Resultados da campanha de inverno

O Quadro 7.4 apresenta um resumo dos trabalhos realizados na campanha de inverno, em que se utilizou metodologia semelhante à da campanha de verão, exceto pelo fato de que dois dos experimentos foram realizados na zona de arrebentação.

O baixo índice de recuperação de 23/08/83 deve-se ao fato de que o conjunto de cartões, bem como a nuvem de traçador radioativo do experimento simultâneo, tiveram trajetória divergente à costa, até ultrapassarem o maciço da Juréia, em direção sul.

Não houve medições contínuas de vento na Praia do Una, pois o aparelho havia sido retirado para manutenção.

A seguir será apresentado um resumo dos principais resultados obtidos:

i - Experimento de 20/03/83

Os cartões foram lançados às 14:00 h, em número de 100 (Figura 7.17). O vento soprava de SW com intensidades em torno de 5 m/s e as correntes orientavam-se para NE a ENE, com intensidades na faixa de 30 - 35 cm/s.

A distribuição dos cartões por grupos de recolha e as velocidades aparentes máximas são mostradas na Figura 7.18.

Quadro 7.4 - Resumo dos experimentos com cartões de deriva
Campanha de inverno

Fonte: Ref. :13: (Vol. VII)

Lançamento	Coordenada UTM		Distância da Praia (m)	Recuperação (%)
	N	E		
20/08/83	7282268	275569	660	28
22/08/83*	-	-	-	-
23/08/83	7283797	277680	740	1
24/08/83*	-	-	-	-
27/08/83	7283521	277378	810	70

(*) Lançamento na zona de arrebentação

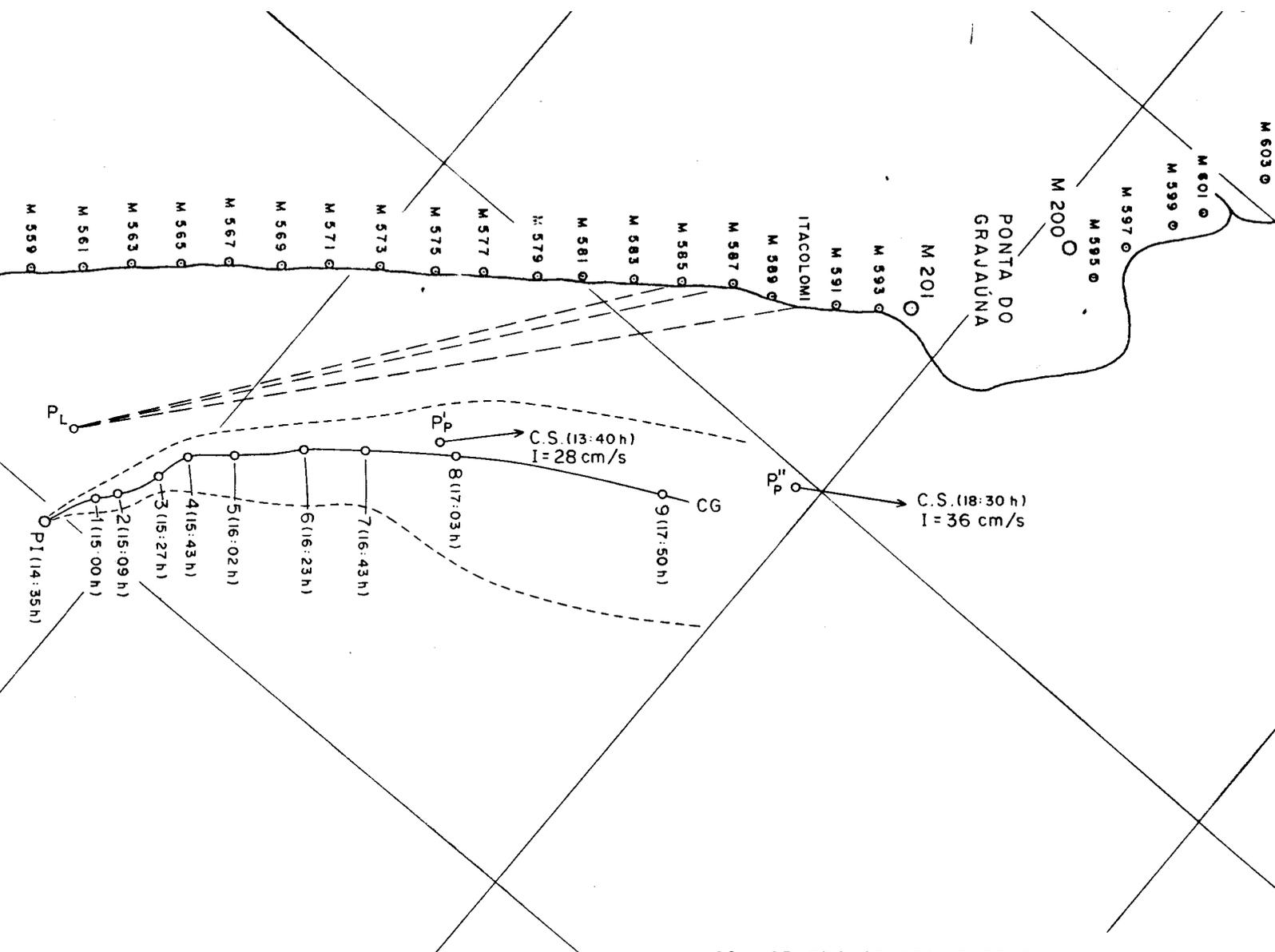
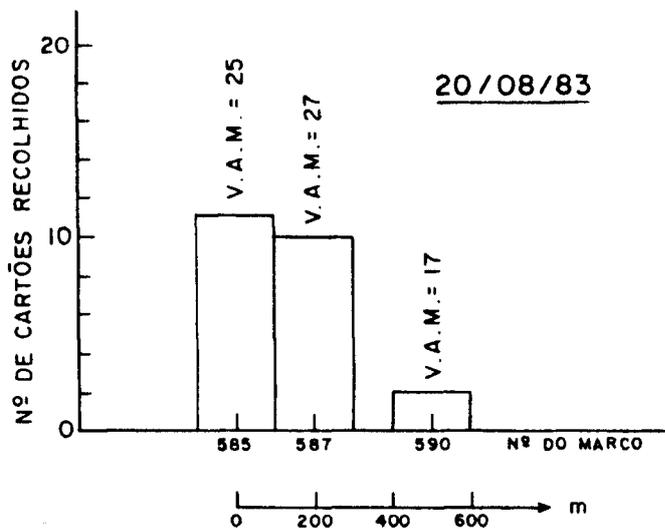


FIGURA 7.17
TRAJETÓRIAS DOS CARTÕES DERIVA
E NUVEM RADIOATIVA EM 20/08/83

(FONTE: REF. 13, VOL. VII)

CG - CENTRO DE GRAVIDADE DA NUVEM RADIOATIVA
 PI - PONTO DE LANÇAMENTO DE TRAÇADOR
 PL - PONTO DE LANÇAMENTO DE CARTÕES DE DERIVA
 Pp - PONTO DE EXECUÇÃO DE PERFIS DE C, S, T
 C.S. - CORRENTE SUPERFICIAL
 I - INTENSIDADE DA CORRENTE EM cm/s

1:282,000
 80,000



(V.A.M. = Velocidade Aparente Máxima, em cm/s)

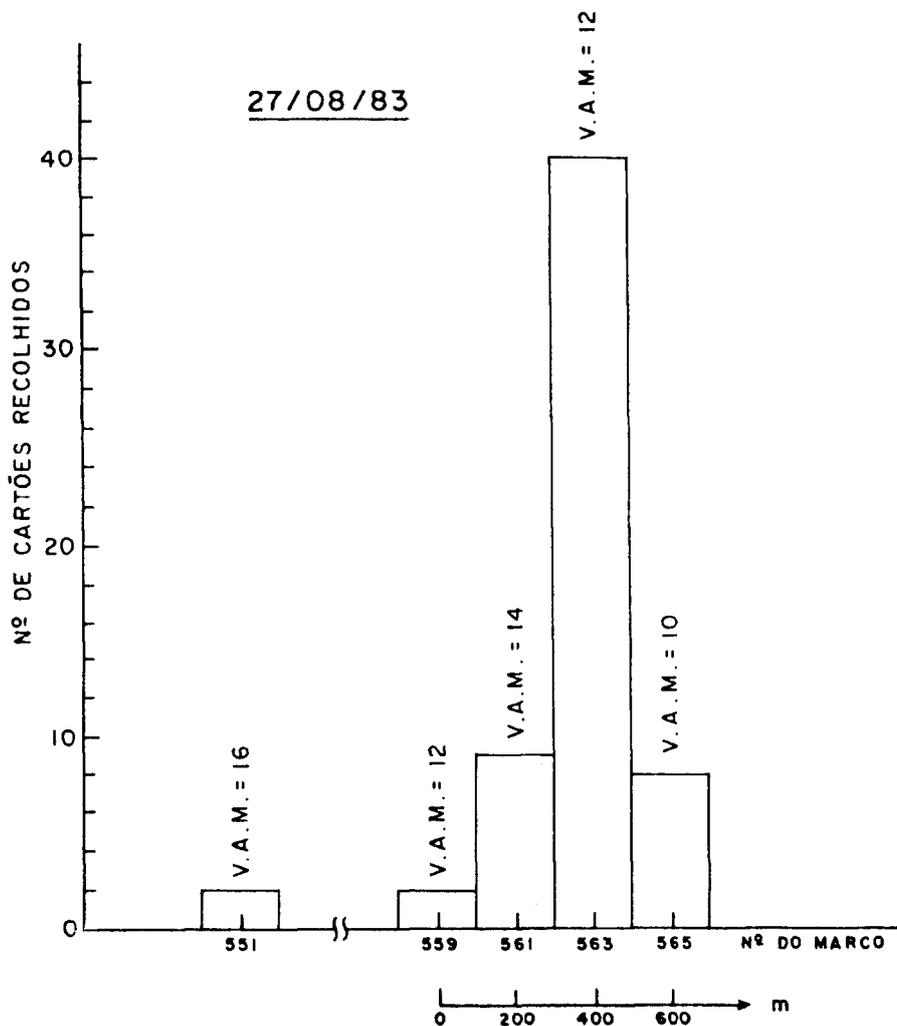


FIGURA 7.18-DISTRIBUIÇÃO DOS CARTÕES DERIVA LANÇADOS E RECOLHIDOS NA PRAIA NO MESMO DIA DO LANÇAMENTO. - CAMPANHA DE INVERNO -

Considerando-se a VAM do lançamento (27 cm/s) e a trajetória descrita pelos cartões verifica-se que seu comportamento médio está de acordo com as correntes superficiais medidas e também com a advecção da nuvem radioativa do experimento simultâneo com traçador.

ii - Experimento de 22/08/83

Foram lançados, em caráter experimental, dois cartões na região do estirâncio da praia. A corrente litorânea orientava-se para NE e os cartões se deslocaram acompanhando o fluxo ("up rush") e o refluxo ("back rush") das ondas em seu espraiamento, sem encalhar na areia.

O primeiro cartão, lançado em frente à estaca 557 foi acompanhado visualmente até a estaca 559, duzentos metros a NE, apresentando uma velocidade média de deslocamento de 28 cm/s.

O segundo cartão foi lançado em frente à estaca 561 e acompanhado até a estaca 563, também duzentos metros a NE, o que resultou numa velocidade média de deslocamento de 28 cm/s, a mesma do trecho mais ao sul, mostrando uma constância da corrente neste trecho da praia.

iii - Experimento de 23/08/83

Os cartões foram lançados de 09:23 h a 09:26 h (Figura 7.19). O vento soprava de E, com intensidade de 1,5 m/s e a corrente superficial orientava-se para SW, intensidade de 55 cm/s.

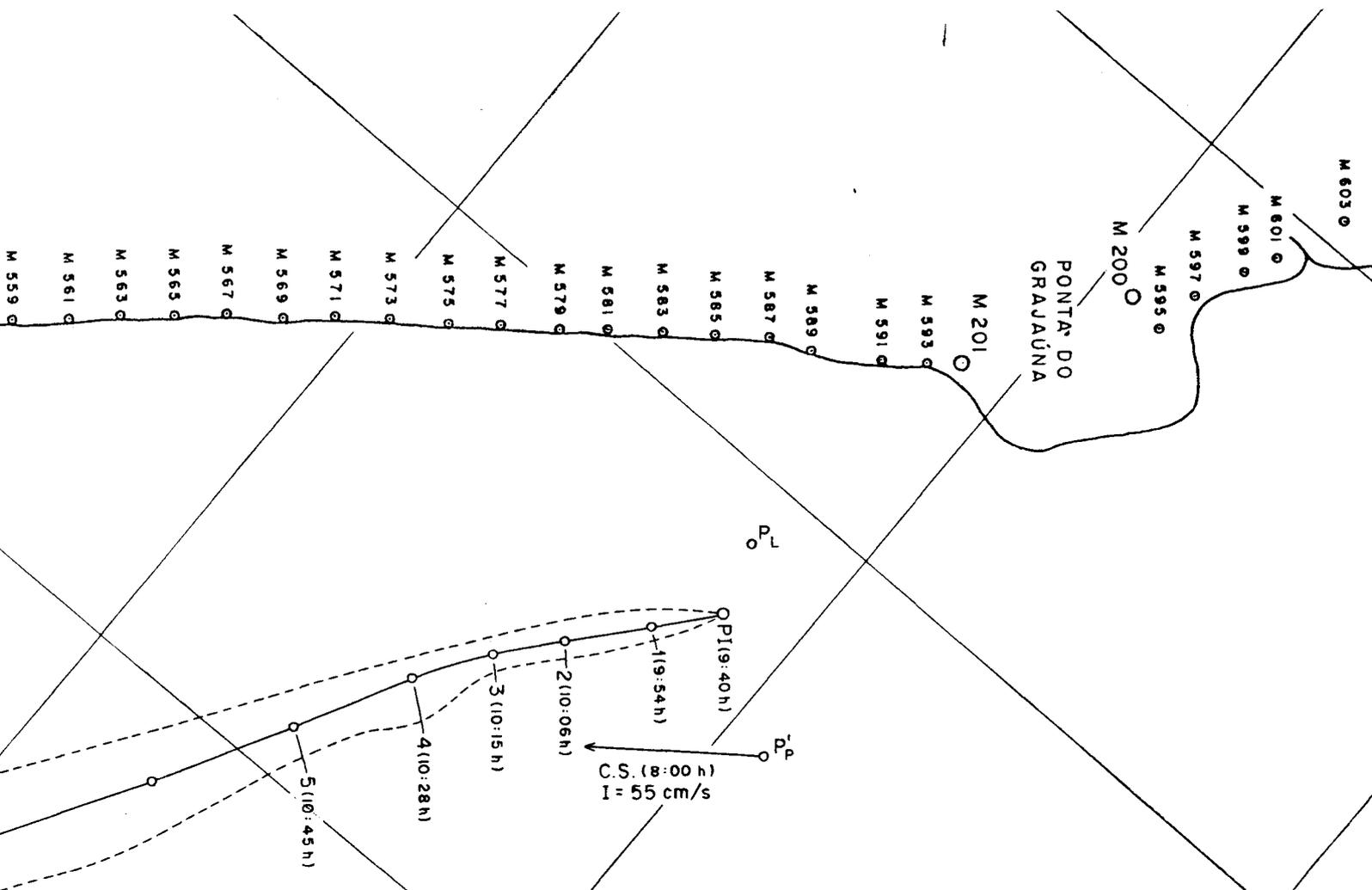


FIGURA 7.19
 ESTUDOS COM CARTÕES DERIVA
 E TRAÇADOR - 23/08/83

(FONTE: REF. 13, VOL. VII)

- CG - CENTRO DE GRAVIDADE DA NUVEM RADIOATIVA
- PI - PONTO DE LANÇAMENTO DE TRAÇADOR
- PL - PONTO DE LANÇAMENTO DE CARTÕES DE DERIVA
- Pp - PONTO DE EXECUÇÃO DE PERFIS DE C, S, T
- C.S. - CORRENTE SUPERFICIAL
- I - INTENSIDADE DA CORRENTE EM cm/s

Os cartões rumaram velozmente para SW, juntamente com a nuvem de traçador, e ultrapassaram a Serra da Juréia, divergindo da costa com intensidades em torno de 50 cm/s.

iv - Experimento de 24/08/83

Este foi o segundo experimento com cartões de deriva para estudo da corrente litorânea.

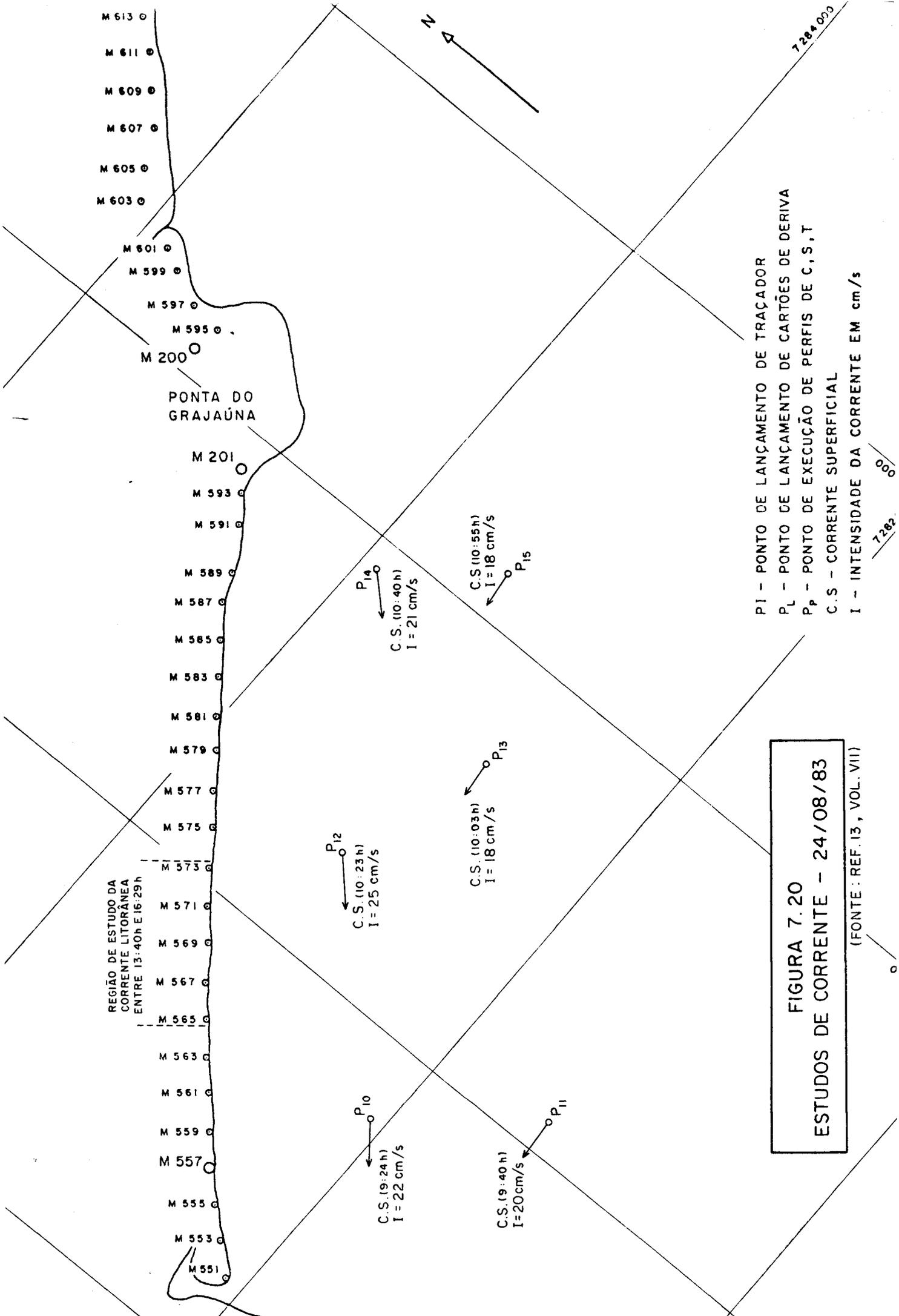
Trinta cartões foram lançados, às 13:40 h deste dia, em frente à estaca 573, no estirâncio da praia (profundidades entre 0,5 e 1,0 m - Figura 7.20).

As correntes ao largo orientavam-se para SW a W, com intensidades na faixa de 20 - 25 cm/s. Os ventos sopravam de E a S, com intensidades até 4,0 m/s.

Na figura 7.21 estão plotados os locais (estacas) de observação dos cartões e o tempo transcorrido entre a observação (de qualquer um dos 30 cartões) e o lançamento.

Esta curva apresenta dois trechos bem distintos: o primeiro trecho se estende do instante do lançamento até os primeiros 50 minutos de observação; o segundo, deste instante ao final das observações da passagem dos cartões.

No primeiro trecho, que cobre uma extensão de 800 metros, a intensidade média da corrente é de 28 cm/s, da mesma ordem de grandeza que os valores medidos a correntômetro, e a orientação é para SW, praticamente paralela à praia.



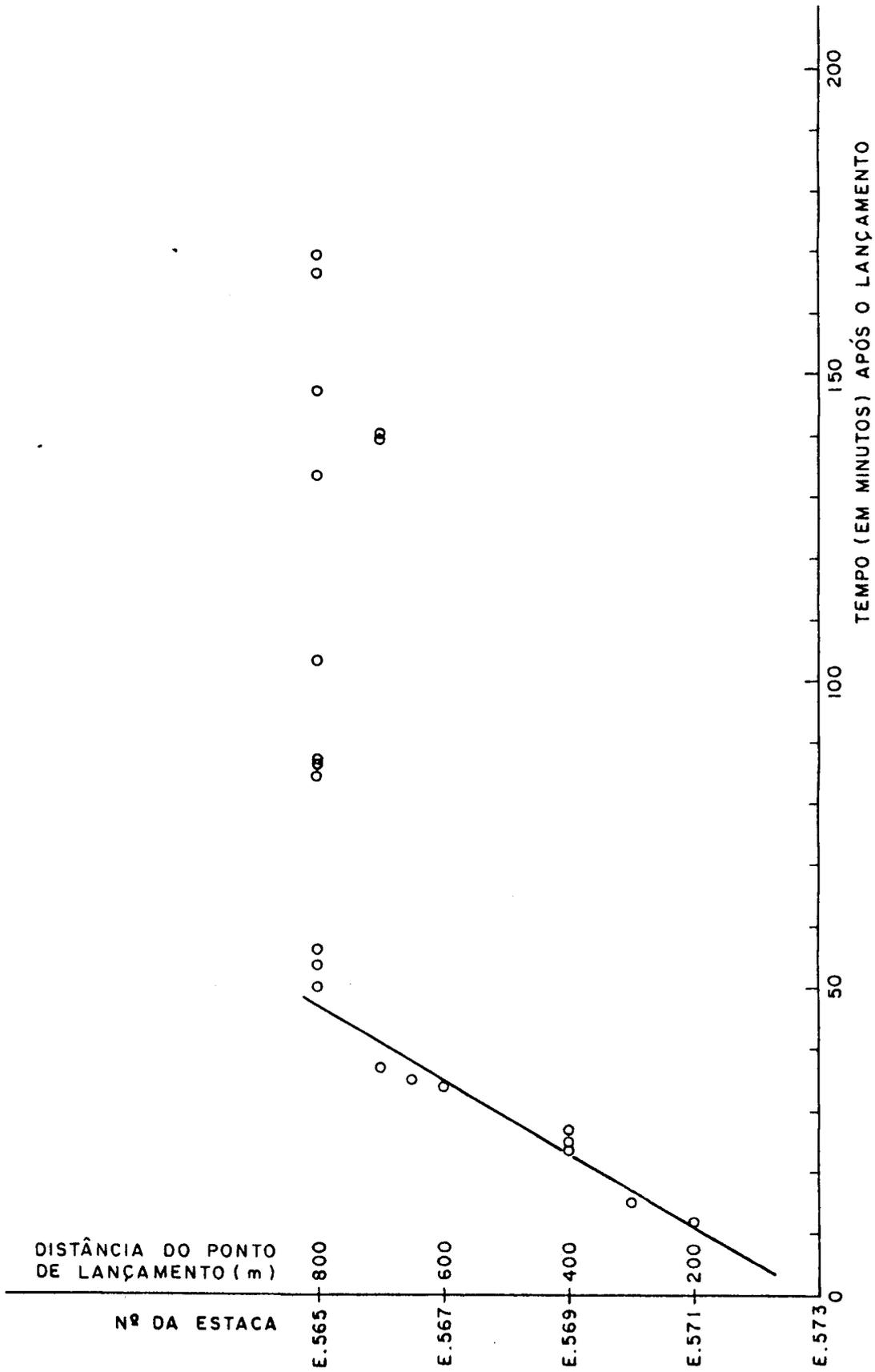


FIGURA 7.21 - ESTUDO DE CORRENTE NA ZONA DE ARREBENTÇÃO (24/08/83)

(FONTE: REF. 13, VOL. VII)

Do marco 565 para a embocadura do Rio Verde (marco 551) não se observou a presença de cartões na região do estirâncio, no período entre 50 e 170 minutos após o lançamento.

É muito provável que os cartões tenham se afastado para o largo, por uma deflexão imposta à corrente litorânea pela Serra da Juréia que dista 1.400 metros da estaca 565 e avança para o mar cerca de 1.000 metros em relação ao alinhamento das praias da Juréia e do Rio Verde.

v - Experimento de 27/08/83

Os cartões foram lançados entre 09:07 h e 09:09 h, de um ponto distante 810 metros da praia (Figura 7.22). Os ventos sopravam de NE a E, com intensidade de 2 m/s. As correntes superficiais eram fracas (7 cm/s) e orientavam-se de modo pouco definido para E.

As velocidades aparentes máximas dos grupos de cartões variaram entre 10 e 16 cm/s (Figura 7.18).

Cartões e nuvem de traçador radioativo tiveram, desta vez, comportamentos um pouco divergentes apesar do sentido geral do deslocamento ter sido aproximadamente o mesmo.

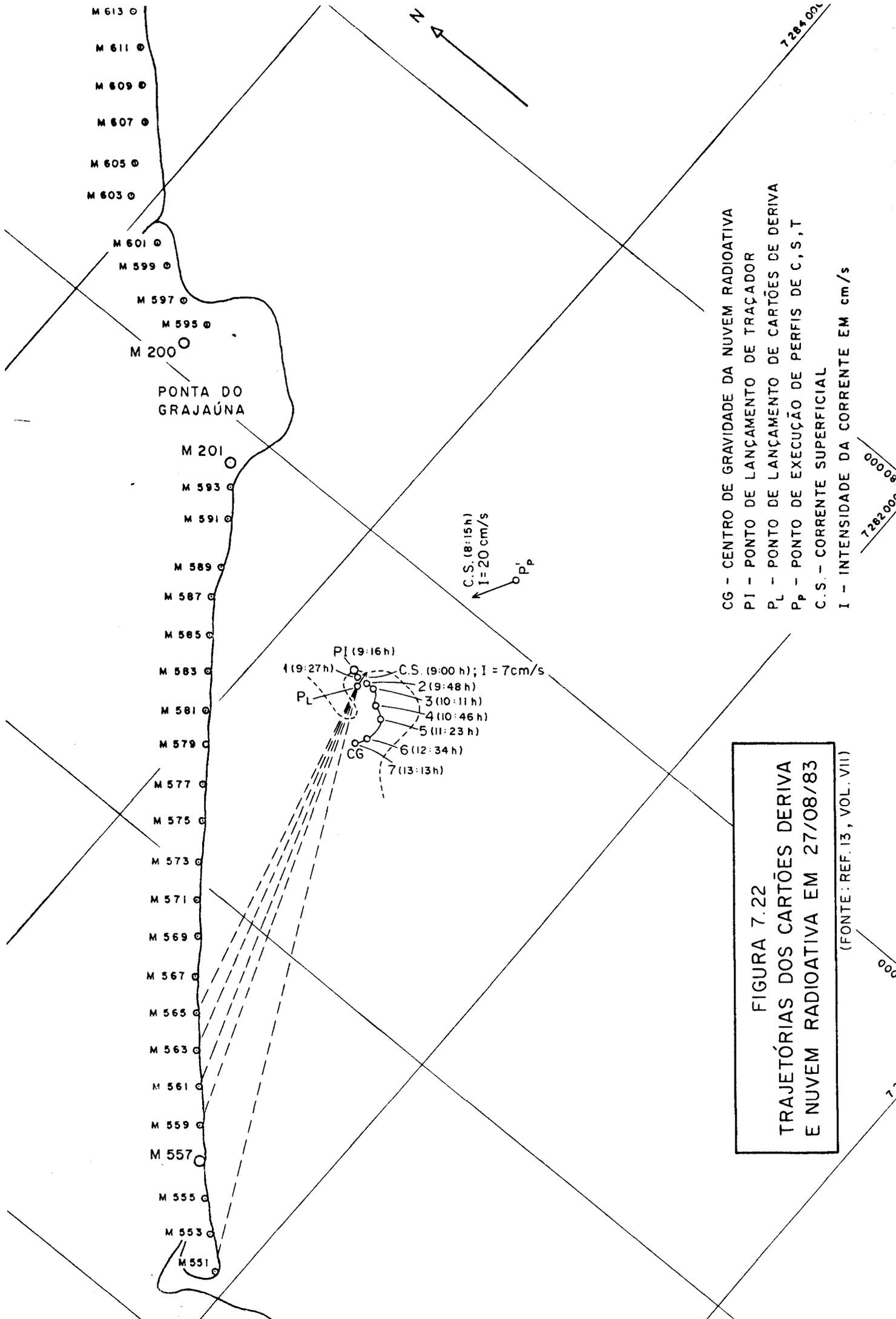


FIGURA 7.22
TRAJETÓRIAS DOS CARTÕES DERIVA
E NUVEM RADIOATIVA EM 27/08/83
(FONTE: REF. 13, VOL. VII)

7.4 - Estudo da dispersão oceânica

A dispersão no oceano dos efluentes térmicos de centrais nucleares constitui um parâmetro fundamental para o projeto do sistema de descarga da água de resfriamento dos condensadores.

O transporte e a diluição dos efluentes térmicos no corpo receptor são controlados pela ação das correntes, turbulência e gradientes de velocidade.

Os dois últimos parâmetros controlam diretamente a diluição e o decaimento da temperatura dos efluentes e podem ser quantificados por coeficientes de dispersão.

Estes coeficientes estão sujeitos a variações impostas pelos fatores ambientais como ventos, correntes, ondas, topohidrografia e, por este motivo, é extremamente importante sua avaliação "in-situ".

Simulações do efeito da descarga em Iguape-Peruibe haviam sido realizadas pelo CDTN utilizando coeficientes da literatura ou obtidos em experimentos anteriores na costa brasileira (27).

A teoria da dispersão oceânica prevê que a magnitude do coeficiente de dispersão cresce com o tamanho da pluma do efluente. De uma maneira muito simplificada este comportamento resulta do fato de vórtices ("eddies") cada vez maiores serem atingidos pela pluma à medida que ela se expande.

O coeficiente de dispersão pode ser então relacionado a uma dimensão característica da nuvem por uma expressão do tipo

$$D = A \sigma^n \quad (8)$$

onde

D - coeficiente de dispersão;

σ - desvio padrão da distribuição de concentrações dentro da nuvem (parâmetro que pode ser usado para caracterizar sua dimensão, além de ser mensurável com o uso de traçadores);

A e n - constantes.

A expressão acima pode ser incorporada ao desenvolvimento do modelo matemático utilizado para as simulações no campo afastado da descarga (aquele em que os parâmetros de advecção-dispersão, embora variáveis, são fixados pela natureza).

Para alimentar os modelos é portanto necessário obter-se os valores de A e n representativos do local da descarga e para isto se empregam os traçadores radioativos.

7.4.1 - Resumo da metodologia dos traçadores

Entenda-se por traçador um elemento que, introduzido no meio que se deseja estudar, apresente as qualidades:

- representatividade, ou seja, perfeita identificação com a população cujo comportamento se deseja estudar;
- detectabilidade, ou seja, deve ser possível, a cada ins-

tante, detectar a presença do traçador no meio de modo que, a partir de seu comportamento, seja possível inferir o comportamento da população como um todo;

- conservatividade, ou seja, é desejável que o traçador se mantenha estável ao longo de todo o experimento.

Um traçador perfeitamente miscível com a água é adequado para estes estudos de dispersão pois, no campo afastado, o efeito de flutuação do efluente causado por sua diferença de densidade em relação ao meio já está minorado.

Entre os traçadores radioativos destaca-se o bromo de número de massa 82 (Br-82) pelas propriedades: meia-vida adequada (36 horas); energia da radiação (fótons-gama com 0,55 a 1,48 Mev), boa solubilidade dos sais.

As injeções são pontuais e, em seguida a elas, são realizadas diversas varreduras da nuvem radioativa, até que as atividades registradas alcancem níveis próximos aos da atividade natural.

Os dados obtidos no campo sofrem correções e tratamento (processamento) em programas próprios. Entre estes se incluem:

- i - desconto da atividade natural ("background") e correção do decaimento radioativo;
- ii - eliminação ou correção de pontos espúrios;
- iii- determinação dos centros de gravidade, dos tempos médios de varredura e das velocidades de advecção das nuvens;
- iv - conversão das taxas de contagem em concentrações de traçador;

v - plotagem dos pontos ativos de cada nuvem e traçado das curvas de isocontagens (isoconcentração), que são as curvas que delimitam as zonas das nuvens, em planta, que apresentam faixas semelhantes de atividade.

O produto final deste processamento é um quadro "instantâneo" da conformação da nuvem radioativa no instante correspondente ao tempo médio de cada varredura. Como é suposição básica a equivalência traçador-efluente em termos de dispersão este quadro retrata o que sucederia ao próprio efluente se ele tivesse sido injetado no protótipo.

Existem técnicas de determinação dos coeficientes de dispersão a partir de injeções pontuais. Apesar destas requererem manipulação dos dados um pouco maior e gerarem portanto resultados um pouco menos precisos, são geralmente preferidas em relação às injeções contínuas, as quais implicariam em custos mais elevados e em problemas de proteção radiológica. Esta questão pode não ser tão importante devido a muitas outras fontes de erros experimentais e às frequentes flutuações nas condições ambientais, as quais inevitavelmente afetam os resultados experimentais.

O aspecto mais importante da injeção contínua é a possibilidade de se determinar a magnitude do meandramento da pluma e daí, da dispersão total relativa a um sistema fixo de referência. Isto também significa que os resultados de injeções pontuais, que são relativos a uma referência móvel, são conservativos.

7.4.2 - Redução dos dados

O coeficiente de dispersão está relacionado com as dimensões da nuvem através da equação (8), mas também se relaciona com a variação temporal da variância pela relação teórica fundamental

$$D = \frac{1}{2} \frac{d\sigma^2}{dt} = \frac{1}{2} \bar{u} \frac{d\sigma^2}{dx} \quad (9)$$

onde

x - coordenada no sentido do deslocamento da nuvem;

\bar{u} - velocidade do transporte advectivo.

As equações (8) e (9) podem ser, então, combinadas e o resultado integrado entre os limites da injeção ($\sigma = \sigma_0$) e da detecção, para se obter

$$\sigma = \left[(2-n)A \frac{x}{\bar{u}} + \sigma_0^{2-n} \right]^{\frac{1}{2-n}} \quad (10)$$

que pode ainda ser escrita de forma linearizada se se tomar $\sigma_0 = 0$ (aproximação razoável considerando-se as dimensões do fenômeno - injeção pontual):

$$\ln \sigma = \frac{\ln [(2-n)A]}{2-n} + \frac{1}{2-n} \ln \frac{x}{\bar{u}} \quad (11)$$

e os parâmetros A e n podem ser determinados por regressão linear entre os logaritmos do desvio padrão da nuvem e da distância por ela percorrida.

O valor de σ correspondente a cada nuvem pode ser determinado de diversas maneiras, aproximadas.

Uma delas é obtida utilizando-se a expressão

$$\sigma_y = \left(-\frac{1}{2\pi m} \frac{a_y}{a_x} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

onde

a_y e a_x - semi-eixo da elipse que limita a distribuição bi-dimensional de concentrações $c(x, y, t)$; supõe-se que as concentrações têm distribuição gaussiana;

m - parâmetro obtido da regressão linear entre c_i e A_i , respectivamente, as concentrações e as áreas envolvidas pela linha i da nuvem;

σ_y - desvio padrão na direção transversal ao transporte advectivo.

Outra seria pela suposição de que a dispersão seja aproximadamente isotrópica, caso em que σ será dado por

$$\bar{\sigma} = \sigma_x \sigma_y = \left(-\frac{1}{2\pi m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

A relação fundamental (9) permite ainda calcular o coeficiente de dispersão usando a aproximação

$$D_j = \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma_j^2 - \sigma_{j-1}^2}{\bar{t}_j - \bar{t}_{j-1}} \right) \quad (14)$$

em que \bar{t} designa o tempo no qual cada nuvem é "congelada" pela sistemática descrita em 7.4.1 (o tempo médio da nuvem) e o subscrito j designa o número da nuvem na sequência das varreduras efetuadas.

7.4.3 - Trabalhos de campo

Para atender à expectativa de variabilidade dos fatores ambientais controladores do processo de dispersão foram programadas duas campanhas de medições, uma em época de verão e outra em época de inverno.

A campanha de verão foi realizada entre os dias 25/02/83 e 05/03/83. Foram realizadas quatro injeções, cada uma de 1 Ci de Br-82, na forma de pastilhas de KBr, dissolvidas em dois litros de água do mar.

A campanha de inverno foi realizada entre os dias 20/08/83 e 27/08/83. Foram também realizadas quatro injeções, com os mesmos traçador e atividades da campanha de verão.

7.4.3.1 - Resultados da campanha de verão

A primeira injeção foi realizada às 11:15 horas de 25/02/83. A detecção prolongou-se até as 14:40 horas.

O mar estava calmo, as correntes dirigiam-se do Grajaúna para a Juréia (SW); sopravam ventos fracos.

Inicialmente a nuvem radioativa deslocou-se de E para W (convergente à praia), ainda muito concentrada. A seguir tomou um rumo paralelo à praia e se expandiu. Ao alcançar as proximidades da Ponta da Juréia, apresentou tendência de contorná-la e, a seguir, dispersou-se inteiramente. A velocidade de advecção variou pouco ao longo da detecção, mantendo-se em torno de 32 cm/s (Figura 7.23).

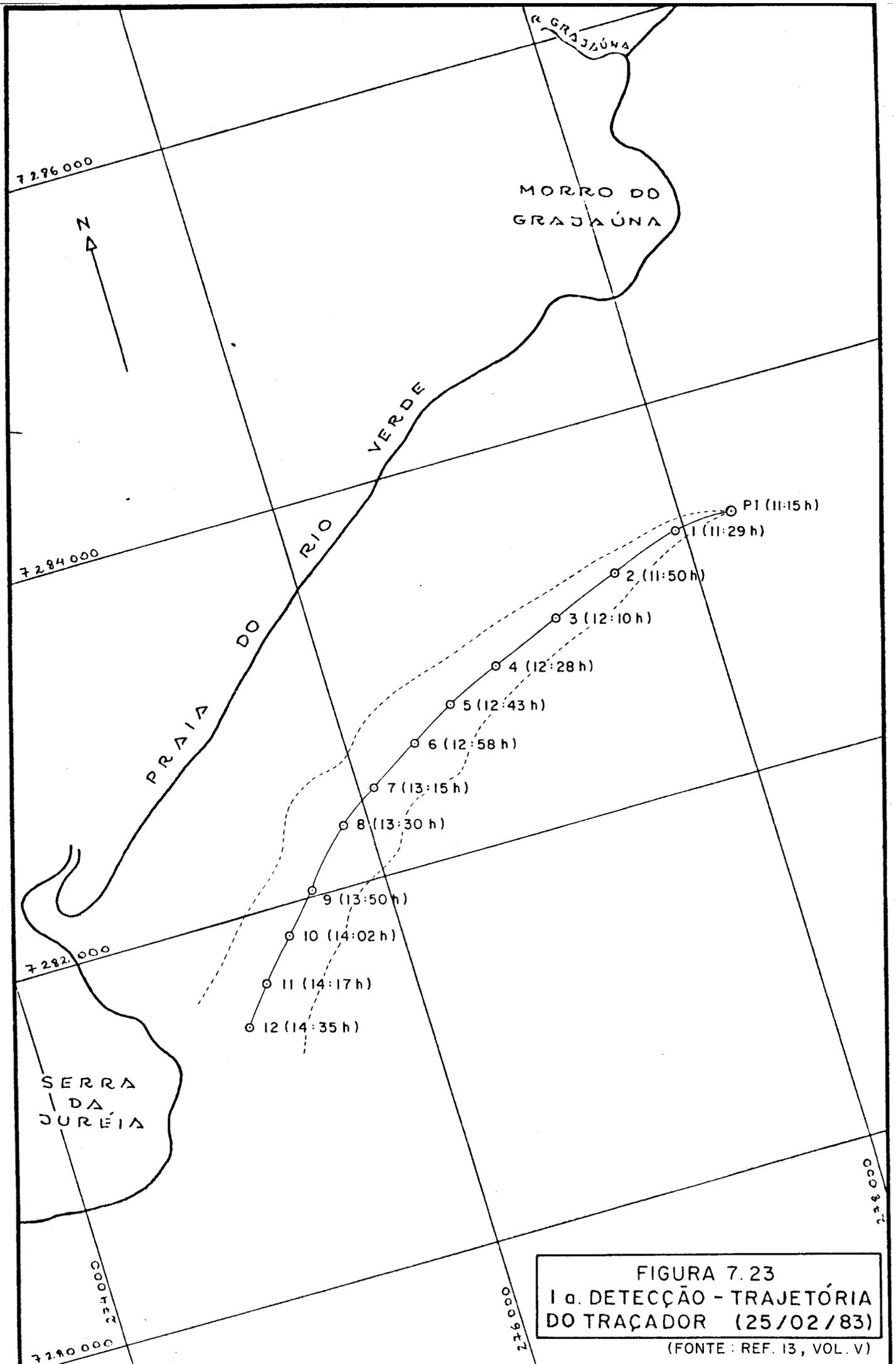


FIGURA 7.23
 1ª. DETECÇÃO - TRAJETÓRIA
 DO TRAÇADOR (25/02/83)
 (FONTE: REF. 13, VOL. V)

O segundo experimento foi realizado em 01/03/83. A injeção foi realizada às 11:17 horas e a detecção prolongou-se até as 15:17 horas.

O mar estava calmo, com ondas de altura inferior a um metro e períodos curtos (2 a 5 s). Soprava vento moderado e as correntes se dirigiam da Juréia para o Grajaúna (NE).

A nuvem caminhou paralelamente à praia, de SW para NE. Expandiu-se rapidamente e chegou a ultrapassar a Ponta do Grajaúna. A velocidade de advecção manteve-se próxima de 43 cm/s (Figura 7.24).

A terceira injeção foi realizada em 03/03/83, às 10:45 horas. A detecção terminou às 14:57 horas.

O mar apresentava-se muito calmo, as correntes dirigiam-se do Grajaúna para a Juréia (SW). No início dos trabalhos havia calma, mas os ventos passaram para brandos, soprando de SW, no decorrer da detecção.

A nuvem demorou a espalhar-se inicialmente, exibindo atividades muito altas em região confinada. A seguir começou a alongar-se. Numa terceira fase espalhou-se muito, atingindo 3.000 metros de comprimento e 500 metros de largura. Este comportamento pode ser atribuído à inversão da corrente para NE, e foi observado tanto com os cartões de deriva lançados na mesma ocasião quanto com os flutuadores que normalmente orientam visualmente a navegação. As velocidades de advecção variaram de 38 cm/s no início da detecção a 3 cm/s no final (Figura 7.25).

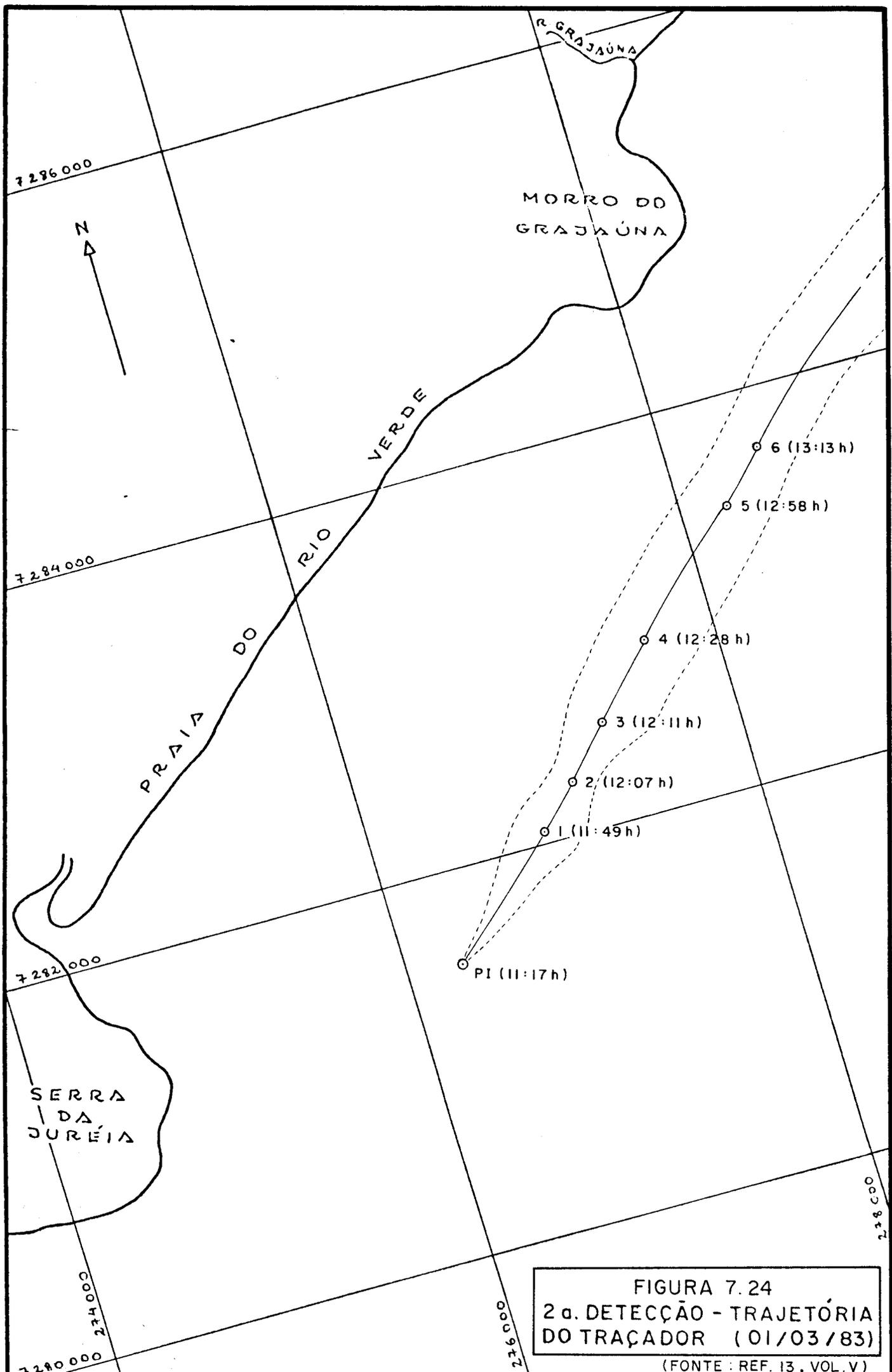
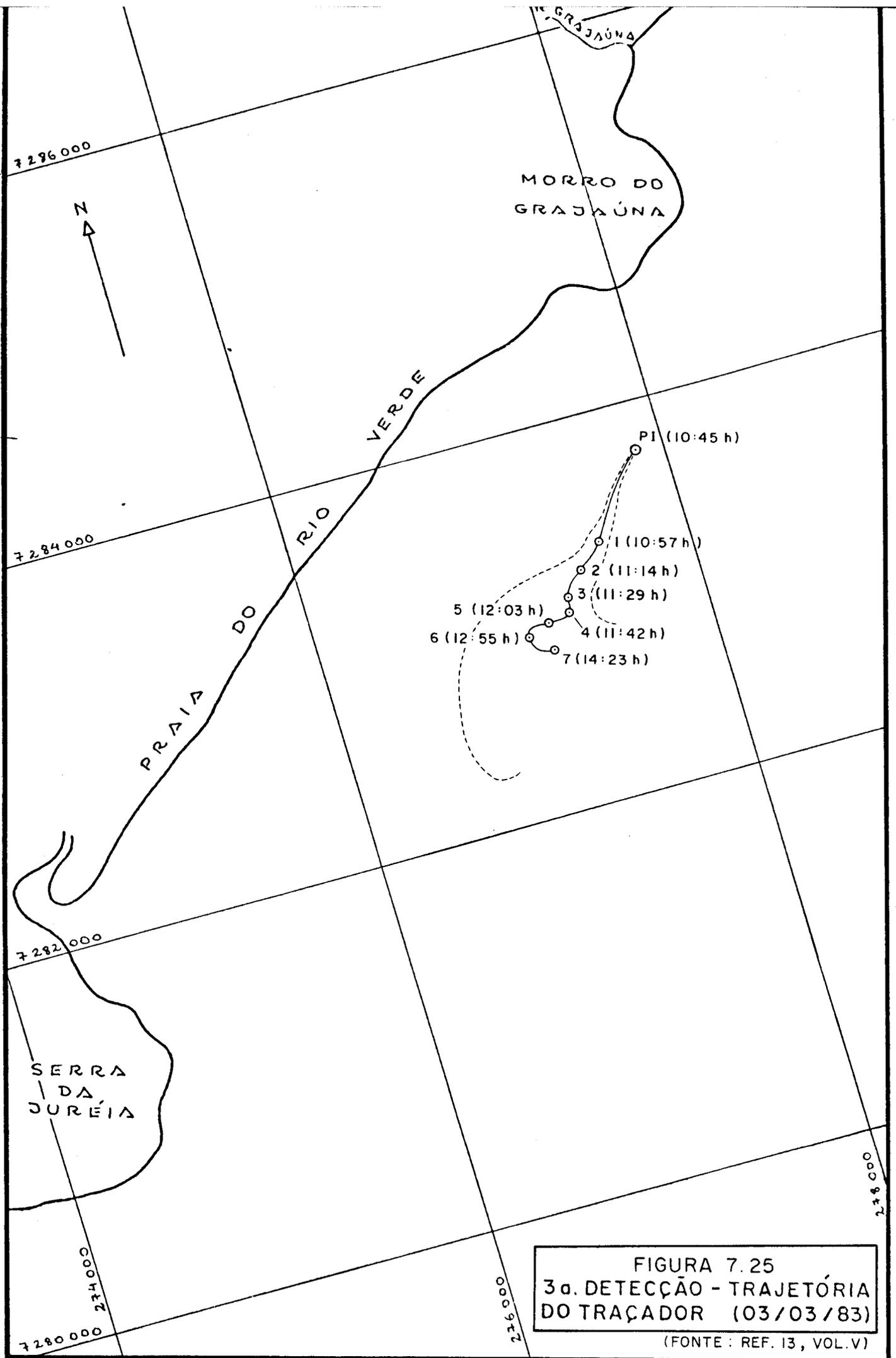


FIGURA 7.24
 2ª. DETECÇÃO - TRAJETÓRIA
 DO TRAÇADOR (01/03/83)
 (FONTE : REF. 13, VOL. V)



O último experimento da campanha de verão foi realizado em 05/03/83. A injeção foi realizada às 11:00 horas e a detecção terminou às 14:30 horas.

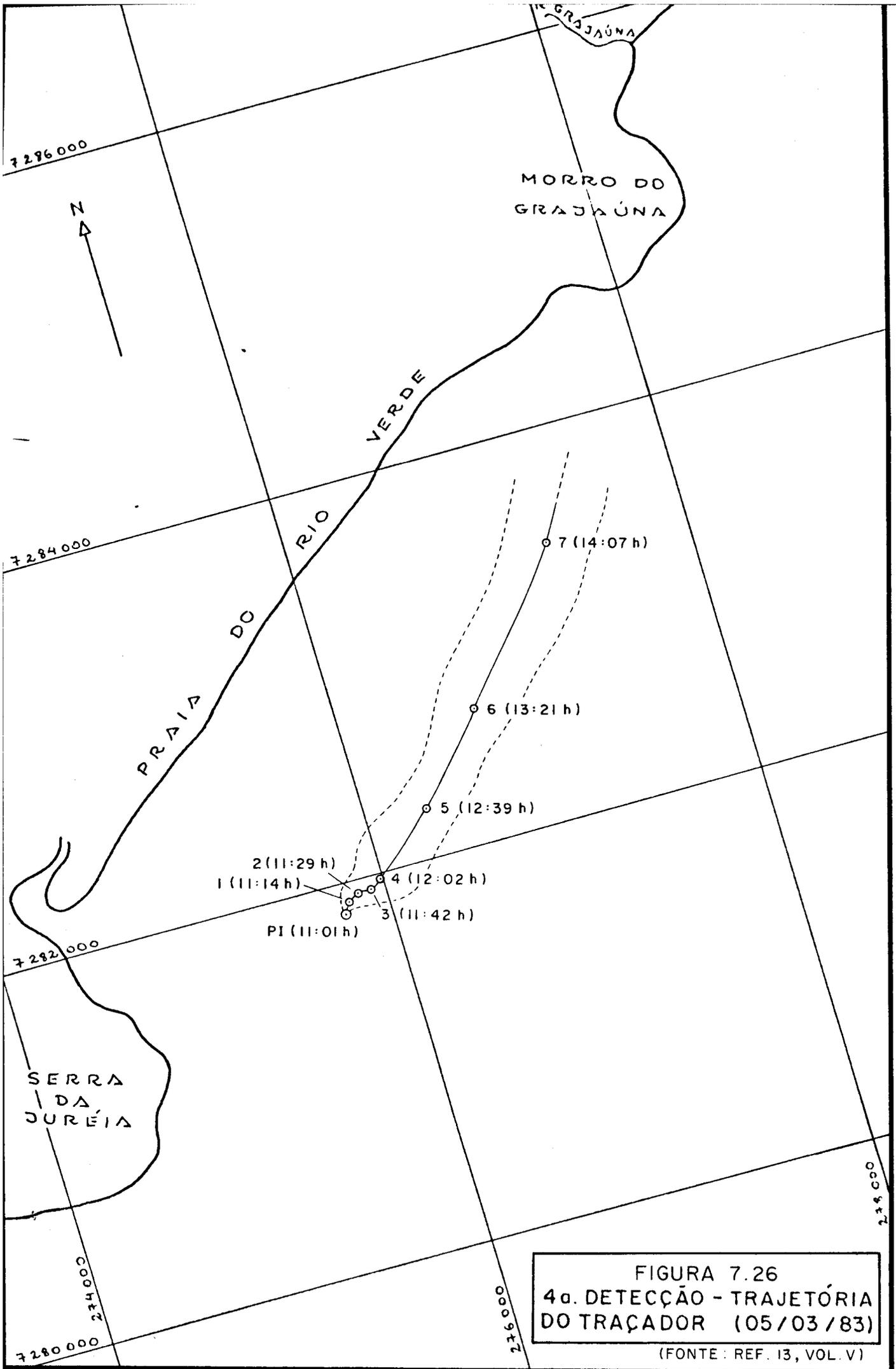
O mar apresentava-se calmo, as correntes dirigiam-se para NE e às vezes ocorriam rajadas de SW.

Desde o início a nuvem tomou o rumo da Ponta do Grajaúna, deslocando-se para NE, paralelamente à praia. Alongou-se bastante, chegando a atingir 1.000 metros de comprimento e 250 metros de largura. A velocidade de advecção cresceu durante o período, passando de 7 cm/s para 33 cm/s (Figura 7.26).

O Quadro 7.5 apresenta os parâmetros do transporte por dispersão. Os parâmetros \underline{A} e \underline{n} foram calculados por ajuste dos dados à equação (11). O valor de σ foi calculado por (12) e por (13). A qualidade do ajuste ao modelo proposto é dada por \underline{r} , coeficiente de correlação linear. O coeficiente de dispersão \underline{D} foi calculado por (14), na qual cada σ_j é, por sua vez, calculado por (12). No quadro aparecem os valores extremos para cada detecção.

Algumas conclusões puderam ser então adiantadas.

Os agentes físicos que regem a dispersão mostraram notável variação inter e intra-experimentos, o que significa ser necessário avaliar a influência desta variabilidade sobre modelos baseados em estado estacionário, como o que foi usado.



Quadro 7.5 - Parâmetros do transporte por dispersão
Campanha de Verão (Fev-mar/83)

Fonte: Ref. [13] (vol. V)

Data	D (m ² /s)	Ajuste com σ_y			Ajuste com $\bar{\sigma}$		
		R	n	r	R	n	r
25/02/83	0,03-2,16	0,004	1,24	0,94	0,005	1,12	0,89
01/03/83	0,09-1,39	0,016	0,81	0,96	0,010	0,99	0,98
03/03/83	0,03-1,73	0,003	1,32	0,94	0,002	1,48	0,86
05/03/83	0,01-0,36	0,002	1,07	0,72	0,002	1,33	0,84

Os valores dos parâmetros obtidos na campanha não diferem muito dos que vinham sendo utilizados anteriormente (A = 0,003 e n = 1,33).

O modelo $D = A \sigma^n$ representa os dados experimentais com uma relativa fidelidade, conforme se infere dos valores do coeficiente de correlação, sendo a segunda detecção a que apresentou a melhor qualidade de ajuste.

O transporte advectivo mostrou-se sempre aproximadamente paralelo à praia, ora orientado para NE, ora para SW. Isto representa uma constatação desfavorável do ponto de vista da recirculação descarga-tomada, especialmente no verão, quando as temperaturas da água são normalmente mais elevadas (Capítulo 4), são menores a dissipação térmica para a atmosfera e a eficiência do misturamento do efluente no corpo hídrico.

7.4.3.2 - Resultados da campanha de inverno

O primeiro experimento foi realizado em 20/08/83. A injeção foi realizada às 14:35 h e a detecção terminou às 18:08 horas.

O mar estava moderado, sopravam ventos brandos de SSW a WSW e as correntes, paralelas à praia, orientavam-se para NE.

A nuvem se deslocou, para a Ponta do Grajaúna, convergindo inicialmente para a praia e a seguir se reorientando paralelamente a ela. Nesta ocasião aumentaram a velocidade de deslocamento e o espalhamento,. A velocidade resultante do deslocamento foi de 21 cm/s (módulo da soma vetorial das

des medidas pelo deslocamento do traçador - Figura 7.27).

A segunda injeção foi realizada em 23/08/83, às 09:40 horas. A detecção terminou às 13:00 horas.

O mar apresentava-se calmo a moderado. Sopravam ventos fracos de E e SE. As correntes, bem velozes, orientavam-se para SW, paralelamente à praia.

A nuvem radioativa caminhou velozmente em direção à Juréia; inicialmente paralela à praia e a seguir defletida para o largo, quando o espalhamento aumentou notavelmente. A nuvem ainda podia ser nitidamente detectada ao largo da Praia da Juréia. A velocidade resultante do deslocamento foi de 40 cm/s (Figura 7.28).

O terceiro experimento foi realizado em 25/08/83, com mar muito calmo, quase sem ondulações, e ventos muito fracos. A injeção foi realizada às 17:40 horas e a detecção terminou às 22:00 horas.

A nuvem radioativa deslocou-se lentamente para o largo e espalhou-se muito desde o início, um comportamento que não fora observado em nenhuma outra ocasião. O espalhamento final foi considerável e a velocidade resultante do deslocamento foi de apenas 10 cm/s (Figura 7.29).

A última injeção da campanha de inverno foi realizada em 27/08/83, às 09:16 h, com a detecção se prolongando até as 13:40 horas.

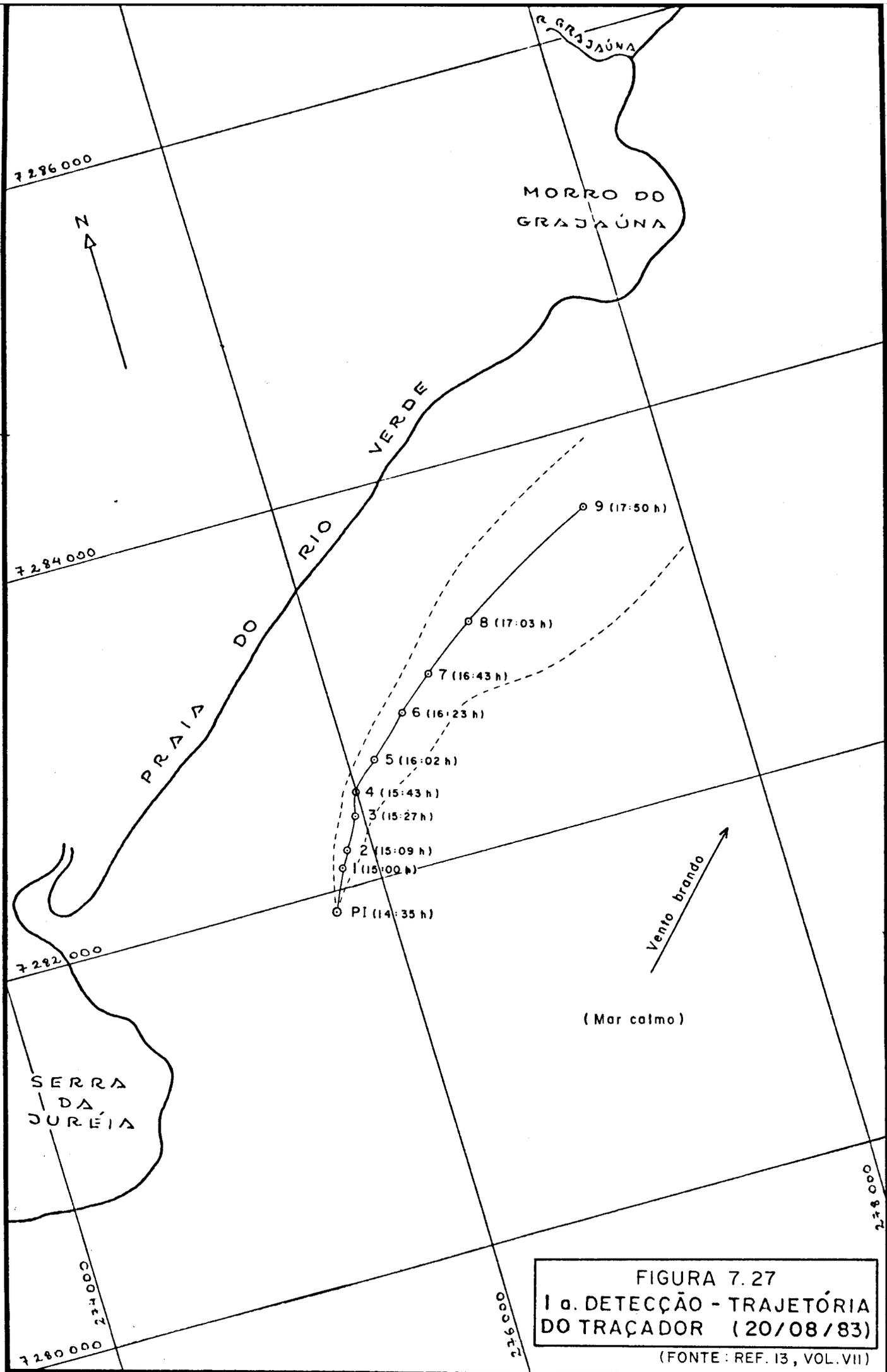


FIGURA 7.27
 1ª. DETECÇÃO - TRAJETÓRIA
 DO TRAÇADOR (20/08/83)
 (FONTE : REF. 13, VOL. VII)

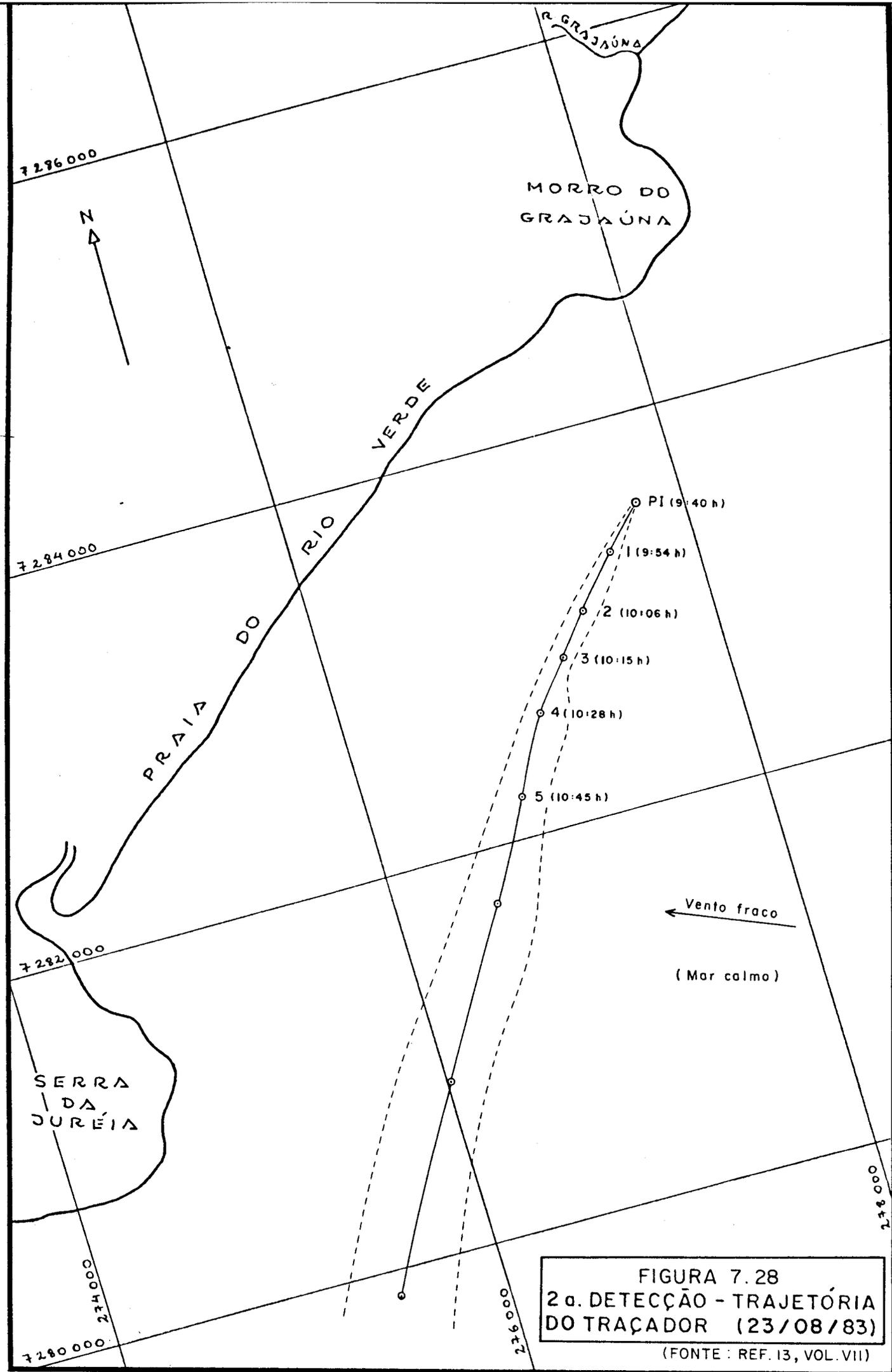


FIGURA 7.28
 2ª. DETECÇÃO - TRAJETÓRIA
 DO TRAÇADOR (23/08/83)
 (FONTE : REF. 13, VOL. VII)

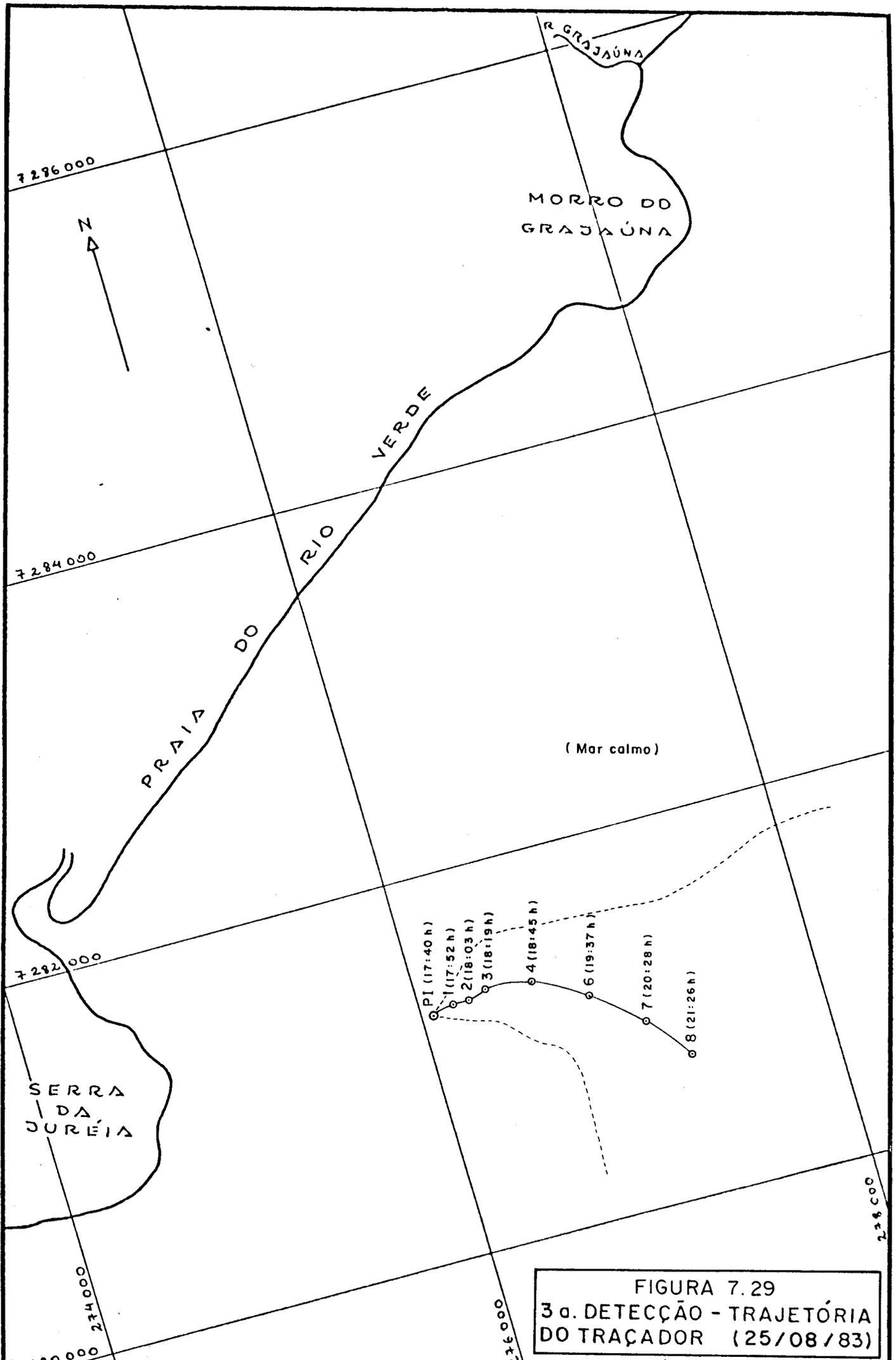


FIGURA 7.29
 3ª. DETECÇÃO - TRAJETÓRIA
 DO TRAÇADOR (25/08/83)

O mar apresentava-se muito calmo, os ventos sopravam fracos de NE e as correntes eram fracas, com orientação pouco definida.

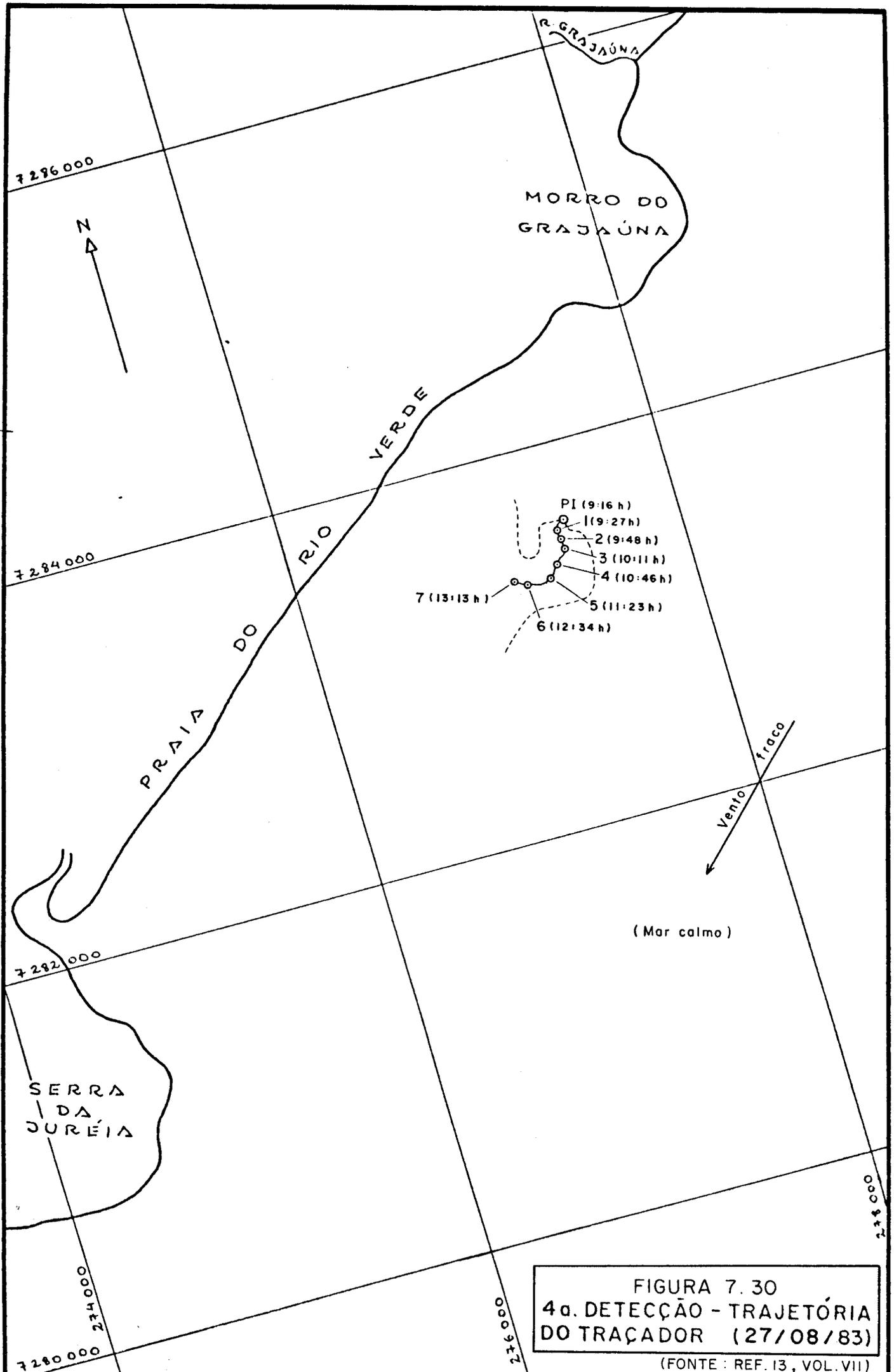
No início a nuvem radioativa, os cartões de deriva e o flutuador deslocaram-se conjuntamente, de modo lento, para SSW. Gradativamente a direção tornou-se paralela à praia e no final da detecção a nuvem se expandiu consideravelmente, tendo ocorrido muito mais dispersão que advecção (velocidade resultante de apenas 3 cm/s - Figura 7.30).

O Quadro 7.6 apresenta os parâmetros do transporte por dispersão, calculados segundo a sistemática mencionada no item anterior (7.4.3.1).

Estes resultados forneceram algumas conclusões importantes, algumas das quais serão resumidas a seguir.

Tal como na campanha de verão os comportamentos observados nas detecções individuais diferiram muito entre si. Foram observadas velocidades muito elevadas (23/08/83), advecção quase nula (27/08/83), deslocamento para o largo (25/08/83), dispersão intensa (25/08/83) e reversão do sentido da advecção (27/08/83).

No entanto houve menor variabilidade intra-deteções que no verão, ou seja, desafortunadamente as condições mais severas de inverno não se fizeram sentir, e os experimentos se realizaram em condições mais estacionárias que no verão. Prova disso é que os ajustes dos dados experimentais ao modelo proposto



Quadro 7.6 - Parâmetros do transporte por dispersão
Campanha de Inverno (ago/83)

Fonte: Ref. 1131 (Vol. VII)

Detecção	D (m ² /s)	Ajuste com σ_y			Ajuste com $\bar{\sigma}$		
		A	n	r	A	n	r
20/08/83	0,06-1,01	0,004	1,27	0,96	0,006	1,22	0,99
23/08/83	0,03-0,61	0,006	0,96	0,97	0,005	1,20	1,00
25/08/83	0,11-1,81	0,014	1,08	0,96	0,019	0,91	0,95
27/08/83	0,08-0,27	0,007	1,02	1,00	0,008	0,92	1,00

foram muito superiores, conforme o atestam os valores dos coeficientes de correlação r desta campanha e da anterior.

Os valores dos parâmetros \bar{A} e \bar{n} são da mesma ordem dos obtidos no verão e a Figura 7.31 mostra valores do coeficiente de dispersão obtidos em outros experimentos, para efeito de comparação (28).

Observa-se boa coerência entre os valores das várias origens, sejam de literatura, sejam de outros experimentos realizados pelo CDTN.

Como não se observaram as características de mar típicas de inverno, foi proposta nova campanha para esta ocasião, a qual, pelos motivos adiantados no Capítulo 2, não foi realizada.

8 - ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS

Quando do projeto de estruturas ou de obras costeiras, ou quando do estudo de medidas diversas de proteção a um determinado trecho da costa, além das ações hidrodinâmicas causadas por ondas e correntes é fundamental o entendimento da dinâmica dos sedimentos presentes para que a intervenção pretendida não se constitua num problema para a obra ou para as regiões vizinhas [24].

Isto implica no conhecimento da origem dos sedimentos, no seu comportamento sob a ação de agentes hidráulico-meteorológicos, na quantificação do sedimento transportado, na avaliação da capacidade de transporte oferecida pelo meio hídrico.

Este fato é muito importante pois a estabilidade relativa de um certo trecho de costa, dentro de uma determinada unidade fisiográfica, depende da existência do material e da energia disponível para movimentá-lo.

É conveniente lembrar que zonas costeiras e áreas estuarinas encontram-se normalmente em condições de equilíbrio dinâmico, entendido aqui como aquela condição em que a quantidade de sedimentos que deixa uma determinada unidade fisiográfica, ou trecho costeiro, em um certo intervalo de tempo, deve ser igual, em média, à quantidade que entra no sistema, no mesmo intervalo de tempo, e que este equilíbrio pode ser facilmente rompido por

ações estranhas ao sistema natural, daí podendo resultar graves consequências morfológicas em toda a área de influência do processo.

As principais estruturas marítimas previstas para a área em estudo eram estruturas de tomada e descarga de água de refrigeração, estruturas de proteção portuária, estruturas para atracação de embarcações de tamanhos diversos.

São todas de grande porte e sua implantação certamente causaria repercussões nas áreas vizinhas, especialmente devido à natureza desagregada do sedimento predominante no fundo - areia fina.

Por este motivo foi planejado pelo CDTN um amplo trabalho de identificação dos processos litorâneos locais, que contemplava o conhecimento da granulometria do material de fundo, em detalhe e em condições de inverno e de verão, a evolução dos perfis de praia em épocas distintas, o estudo do transporte de sedimentos por arraste junto ao fundo, ao largo da arrebenção, com a aplicação de traçadores radioativos, a estimativa do transporte litorâneo.

A análise dos resultados dos trabalhos efetivamente realizados forneceu um número significativo de informações qualitativas e quantitativas sobre a circulação de sedimentos na região, sobre os agentes causadores do transporte e sobre as prováveis mudanças na morfologia local.

8.1 Sedimentos de fundo

Além da campanha de coleta de amostras de sedimentos da superfície do fundo realizada junto com os outros estudos preliminares em junho-julho de 81, já comentada no Capítulo 2, foram realizadas mais duas campanhas deste tipo.

A primeira delas foi executada entre os dias 14 e 21 de dezembro de 81, em época de verão, portanto.

A segunda campanha de coleta de sedimentos foi realizada em agosto, setembro e início de novembro de 1982.

8.1.1 Campanha de verão

Nesta campanha foram colhidas 96 amostras do sedimento de fundo, numa área de 12,3 km x 8,5 km, estendendo-se da Serra da Juréia até 5 km a NE da Ponta do Grajaúna (Figura 8.1).

As amostras foram colhidas desde a isóbata de 0m (batente de preamar) até a isóbata de 15 m, excetuando-se a zona de arrebentação.

Para a coleta de amostras no estirâncio da praia foi utilizada uma pá de pedreiro, desprezando-se a camada logo à superfície e colhendo-se cerca de 500 g por amostra.

Nas coletas na parte mais profunda, feitas com auxílio de embarcação, foi utilizado o mesmo amostrador de copo da Figura 2.6 e, em algumas ocasiões, coleta direta feita por mergulhador.

O posicionamento dos pontos de coleta foi feito com o mesmo equipamento Motorola Mini-Ranger III utilizado nos estudos com traçador e demais levantamentos dependentes de posicionamento de precisão.

As amostras foram analisadas granulometricamente pelo processo clássico de peneiramento (fração não coesiva) e de pipetagem (fração silto-argilosa).

8.1.2 Campanha de inverno

Foi praticamente repetida a rede de coleta de amostras do verão, na mesma área anterior (Figura 8.1).

Os procedimentos de coleta também foram os mesmos, assim como a metodologia de análise das amostras colhidas.

8.1.3 Resultados

A partir das curvas granulométricas construídas para as quase 200 amostras das duas campanhas foram obtidos os diâmetros D_{10} , D_{50} e D_{84} , com base nos quais calcula-se o coeficiente de gradação, σ , conforme a expressão (1) apresentada no Capítulo 2.

Recorde-se que este coeficiente, que é associado ao desvio padrão de uma distribuição log-normal, indica o grau de triagem do sedimento, que será tanto mais bem triado quanto mais próximo da unidade for o valor do coeficiente de gradação.

Consultando-se as curvas granulométricas e as tabelas com os valores dos coeficientes apresentadas em [13], volumes I e

IV, verifica-se que a maioria dos valores de σ está próxima da unidade, indicando que quase todas as amostras apresentam-se muito bem triadas, exceção feita àquelas colhidas no estirâncio da praia.

Verifica-se também que, tanto no verão como no inverno, a maioria das amostras ao largo da arrebentação apresenta diâmetros medianos entre 0,088 e 0,125 mm, ou seja, diâmetros na faixa de areia fina.

As amostras da praia, apesar de serem também predominantemente de areia fina, são mais grosseiras que as amostras colhidas ao largo, apresentando diâmetros medianos entre 0,125 mm e 0,500 mm, já na faixa das areias grossas.

Alguns valores de D_{50} foram ainda maiores que 0,500 mm, representando circunstâncias especiais como, por exemplo, coletas na praia após ressacas.

Resultados semelhantes aos acima mencionados já haviam sido observados quando da coleta preliminar e foram também reportados pela DHN, que colheu algumas amostras durante a realização de trabalhos de batimetria em 81 e 82.

A grande maioria das amostras é constituída apenas por areia. Somente sete das amostras colhidas no verão (B9, B11, D5, D7, I11, L11, L13 - Figura 8.1) e sete das amostras colhidas no inverno (ID5, IE5, IE13, IH15, IK9, IK11, IL11 - Figura 8.1) apresentaram teores de finos, de 10 a 15 por cento.

Ao largo da Ponta do Grajaúna, e dela distando cerca de 2200 m na direção SE foi detectada uma espécie de lente de material mais grosseiro que a média da região, com uma área aproximada de 20 km², em cujo interior os diâmetros medianos são geralmente superiores a 0,125 mm (Figura 8.1).

As informações apresentadas neste item confirmam que o fundo, nesta faixa da costa, é constituído principalmente por areia, fina e bem triada, de origem marinha. A presença de material coesivo de origem continental é muito pequena.

Material sedimentar com esta granulometria, estando sujeito a agentes hidrodinâmicos bastante severos como acontece frequentemente na região, tende a apresentar grande mobilidade, seja junto ao fundo, seja em suspensão.

8.2 Perfis de praia

A região que se estende da linha de costa para o largo, até atingir a borda da plataforma continental é dividida, para fins de Engenharia Costeira, em 1251:

- i) perfil de praia ("beach profile");
- ii) perfil intermediário ("nearshore profile");
- iii) perfil da plataforma continental ("shelf profile").

O perfil de praia abrange do início da faixa costeira ao nível médio das baixamares; deste nível até profundidades de cerca de 10 m tem-se os perfis intermediários; a partir daí, até a borda da plataforma continental desenvolvem-se os perfis da

plataforma, que se limitam com a região de início do talude continental ("continental slope").

Esta não é uma divisão rígida : características de um trecho frequentemente se impõem a outro.

Em combinação com os perfis de praia, perfis intermediários podem ser usados para estimativas de erosão e assoreamento ao longo de trechos costeiros e, sob condições favoráveis, até mesmo para estimativa de valores de transporte litorâneo.

Alguns erros, no entanto, sujeitam estes cálculos a críticas por parte de alguns especialistas. Os principais erros são de sondagem, de espaçamento entre seções, de fechamento e outros, devidos a variações temporais sofridas pelo perfil, as quais podem ser muito rápidas.

Os perfis podem mudar rapidamente em resposta a mudanças nas condições ondulatórias, de modo que diferenças que apareçam entre levantamentos sucessivos de perfis podem simplesmente refletir diferenças temporárias na elevação do fundo, causadas por mudanças sazonais, ou de duração curta, no padrão ondulatório.

B.2.1 Metodologia

Os perfis de praia foram levantados de acordo com o seguinte esquema:

- nove seções desde o Porto do Prelado (estaca 504) até 4 km a

NE, espaçadas de 500 metros;

- quatorze seções, do fim do trecho anterior até o costão rochoso da Jurêia, espaçadas de 200 metros;
- vinte e duas seções ao longo da Praia do Rio Verde, espaçadas de 200 metros;
- dezesseis seções do Morro do Grajaúna até 3 km a NE, na Praia do Una, espaçadas de 200 metros;
- vinte e nove seções, do final do trecho anterior até o costão rochoso do Morro da Pescaria, completando o trecho NE da Praia do Una, espaçadas de 500 metros (estaca 682).

Os perfis foram levantados em época de verão, nos meses de novembro e dezembro de 81, e em época de inverno, entre agosto e outubro de 82.

As seções, por motivos práticos, foram levadas apenas até a isóbata de 1,0 m, ou seja, foram levantados apenas perfis de praia, a considerar a divisão proposta por 125'.

Para se calcular as declividades dos perfis foram usados como limites duas verticais passando pelo encontro do plano do nível médio das baixameres de sizigia (MLWS) e do plano do nível médio das preameres de sizigia (MHWS) com o traçado de cada perfil. Foram adotados os planos de MLWS e MHWS obtidos da análise harmônica dos dados de maré colhidos pela DHN em junho-julho de 82 na Ilha do Guaraú (Capítulo 6).

Para a cubatura do volume de material assoreado ou erodido foram usadas como limites uma vertical passada pela linha

do jundu (que marca o ponto mais alto na linha de costa galgado pelo espraiamento das ondas) e outra vertical passada pelo encontro do plano do MLWS com os traçados dos perfis de inverno e de verão (Figura 8.2).

As áreas compreendidas por estes limites foram planimetradas; conhecida a distância entre estacas, o volume de material contido em cada trecho, para cada época, pode ser estimado. Assim, as diferenças entre volumes representam a alteração ocorrida no perfil - erosão ou assoreamento.

8.2.2 Resultados

As áreas dos perfis, assoreadas ou erodidas, foram representadas em gráficos como os das Figuras 8.3, 8.4, 8.5 e 8.6.

Nestas figuras as ordenadas são proporcionais às áreas assoreadas - ordenadas positivas - ou erodidas - ordenadas negativas. As abcissas são o próprio espaçamento entre as seções.

Unindo-se ordenadas de seções consecutivas e calculando-se a "área" sob a curva assim construída obtém-se o volume que se estima ter sido assoreado ou erodido entre estas seções.

Tratemos das variações dos perfis trecho a trecho, para maior clareza, começando com o trecho de praia que vai do Porto do Prelado até o lado SW da Ponta da Juréia (estacas 504 a 548 - Figura 8.3).

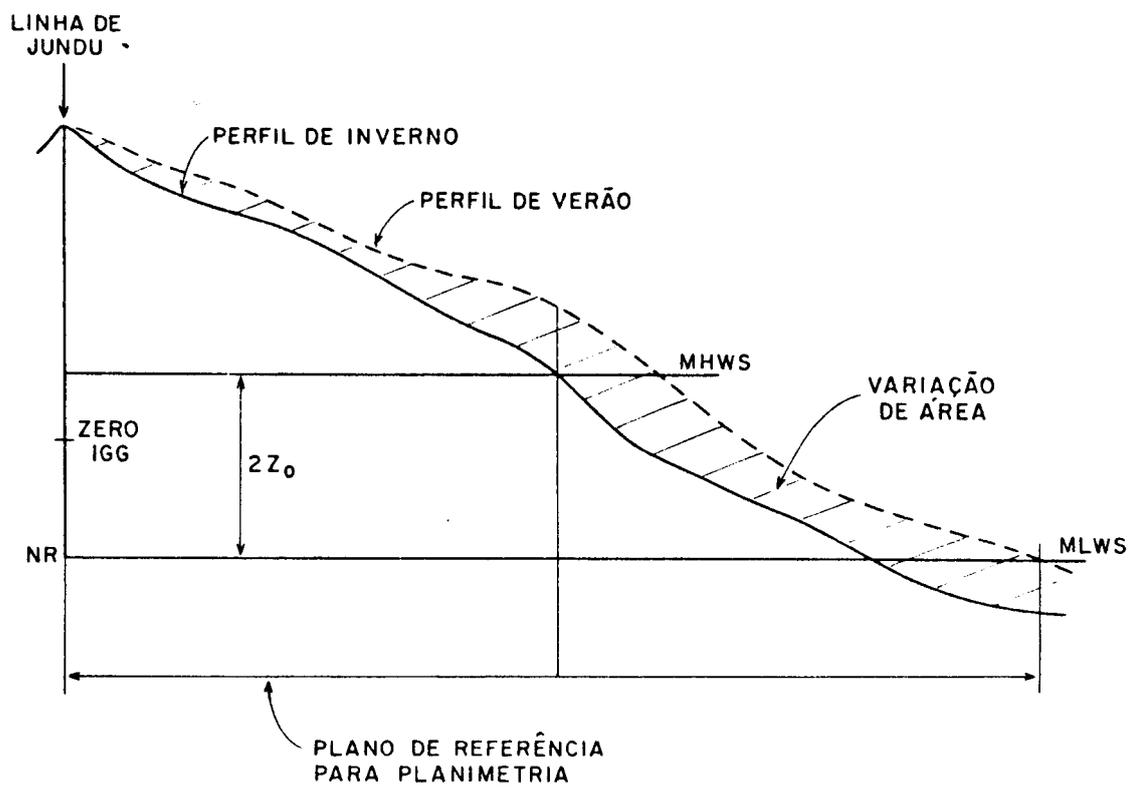
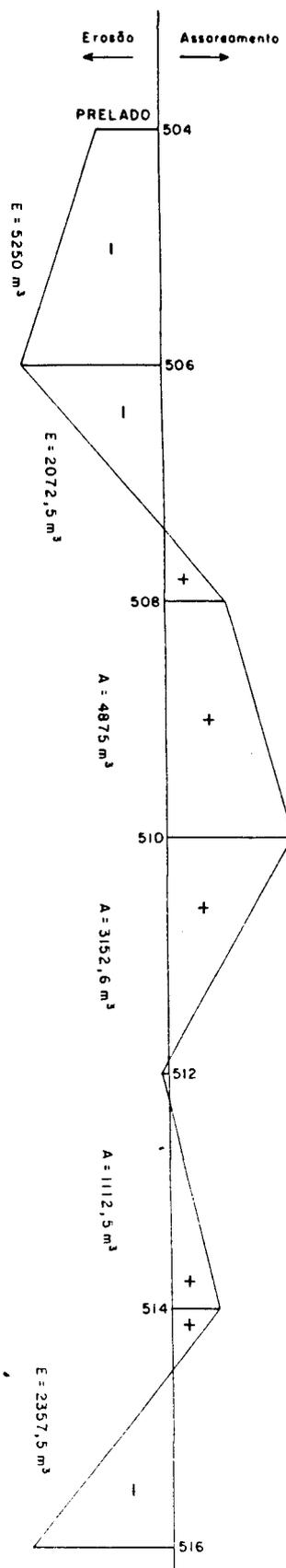
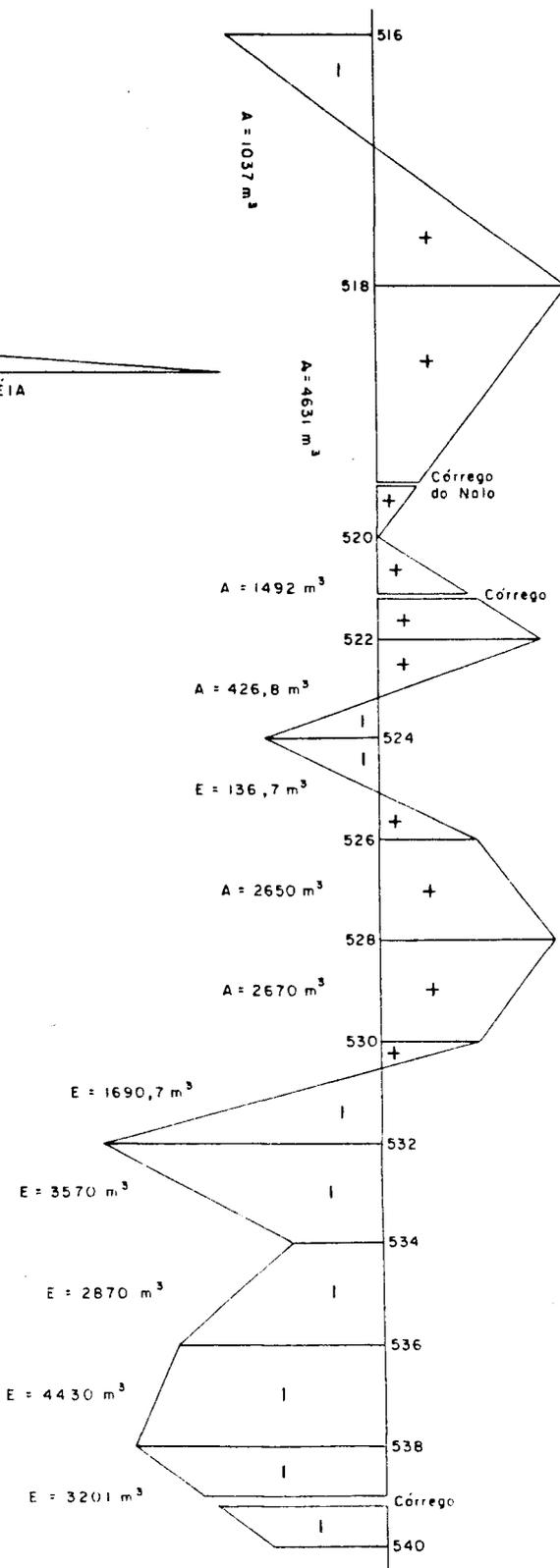
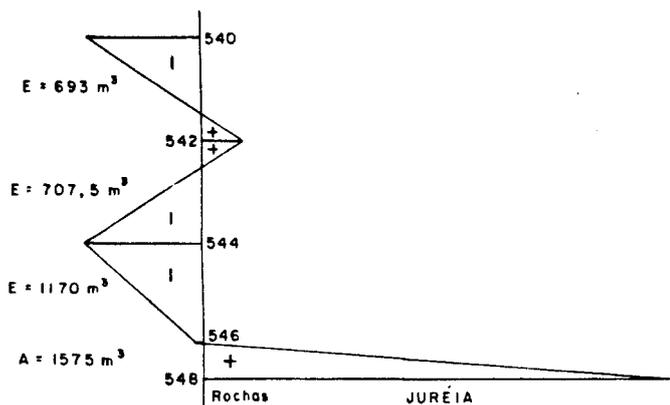


FIGURA 8.2 - LIMITES GEOMÉTRICOS PARA CÁLCULO DE DECLIVIDADES DE PERFIS DE PRAIA E PARA CUBATURA DE VOLUMES ASSOREADOS OU ERODIDOS (SEM ESCALA)

(FONTE : REF. 13, VOL. IV)



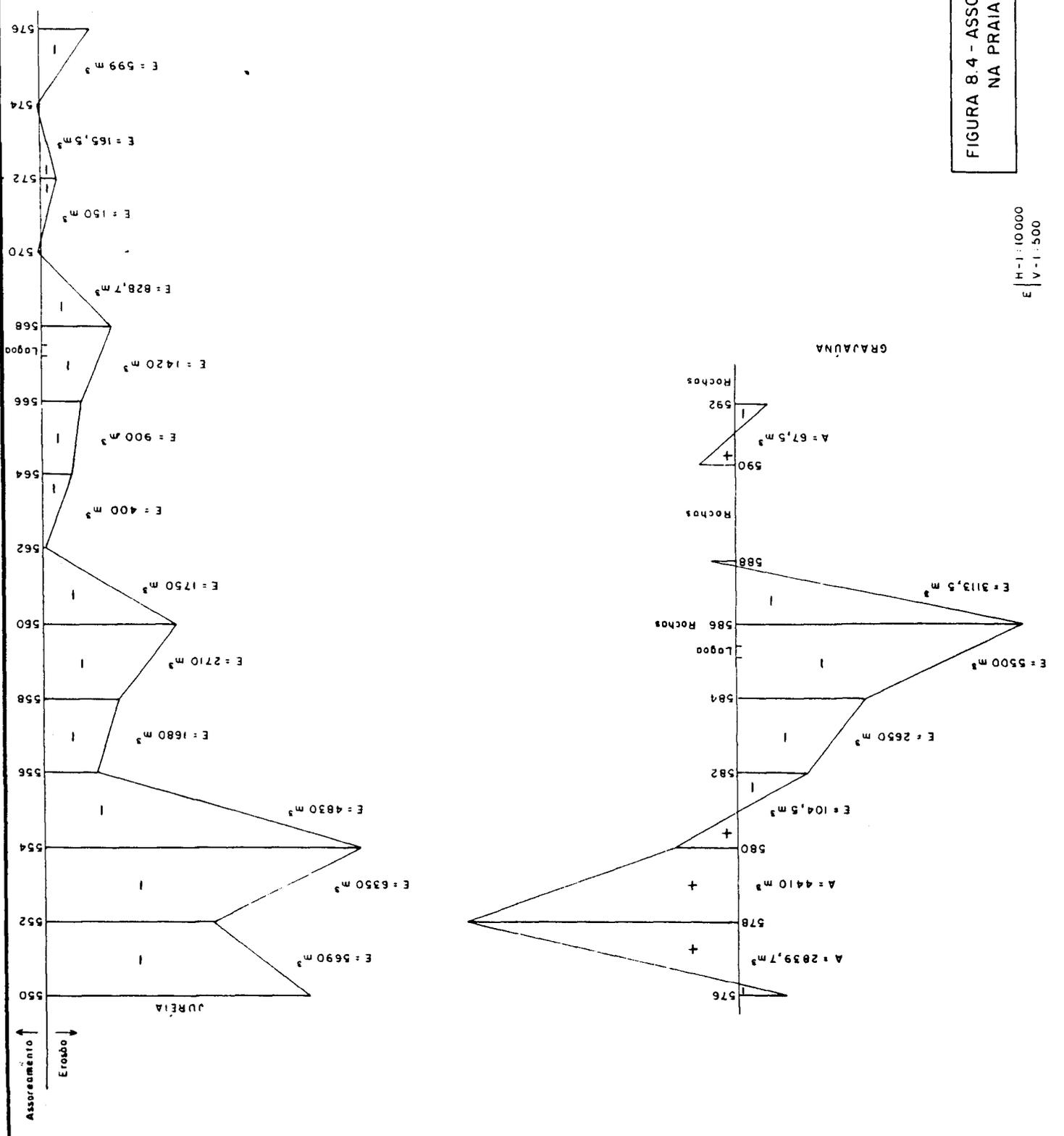
E | H - 1 : 10000
V - 1 : 500

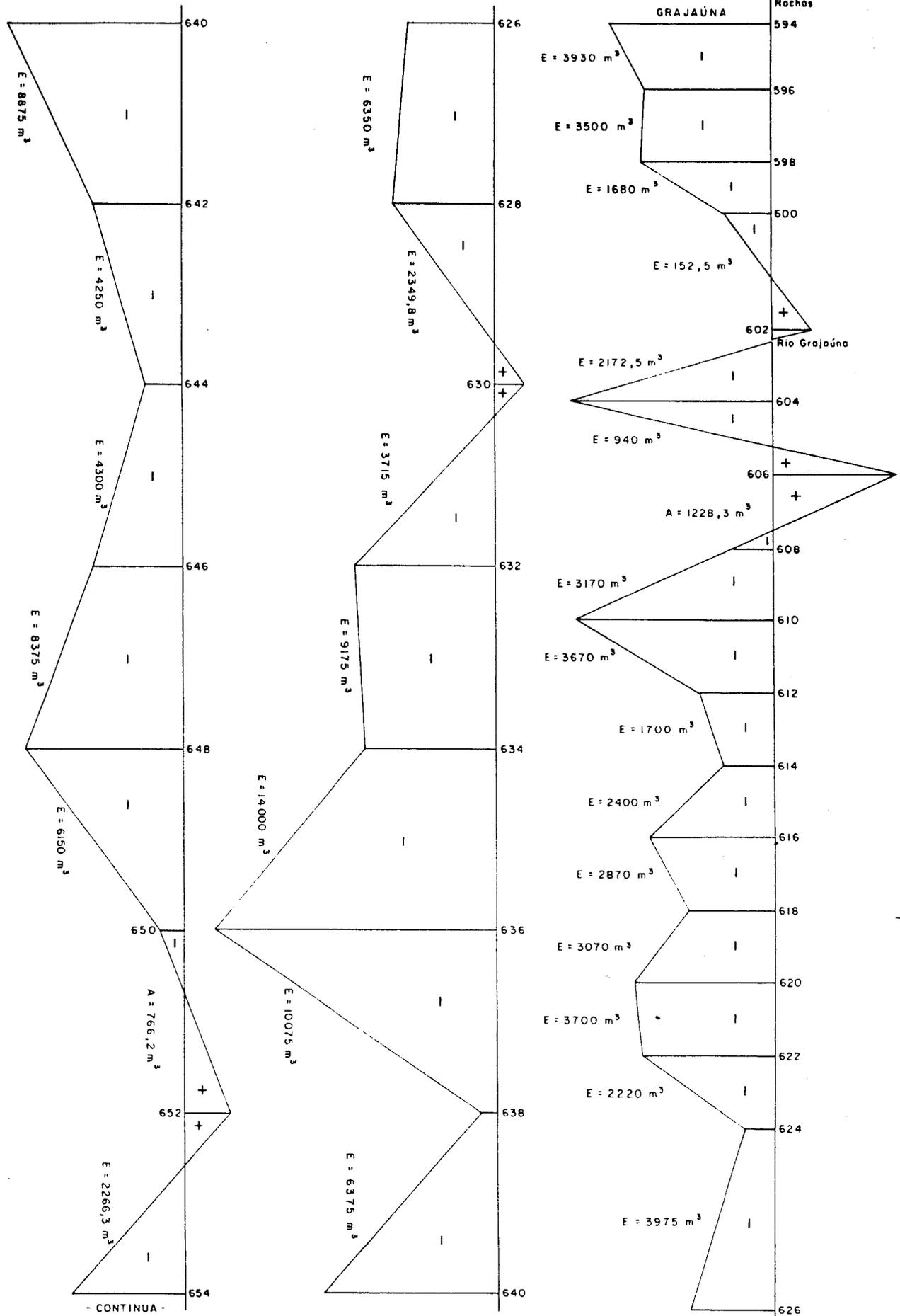
FIGURA 8.3 - ASSOREAMENTO E EROSIÃO NA PRAIA DA JURÉIA

(FONTE: REF. 13, VOL. IV)

FIGURA 8.4 - ASSOAREAMENTO E EROSÃO NA PRAIA DO RIO VERDE

H-1 : 10.000
V-1 : 500



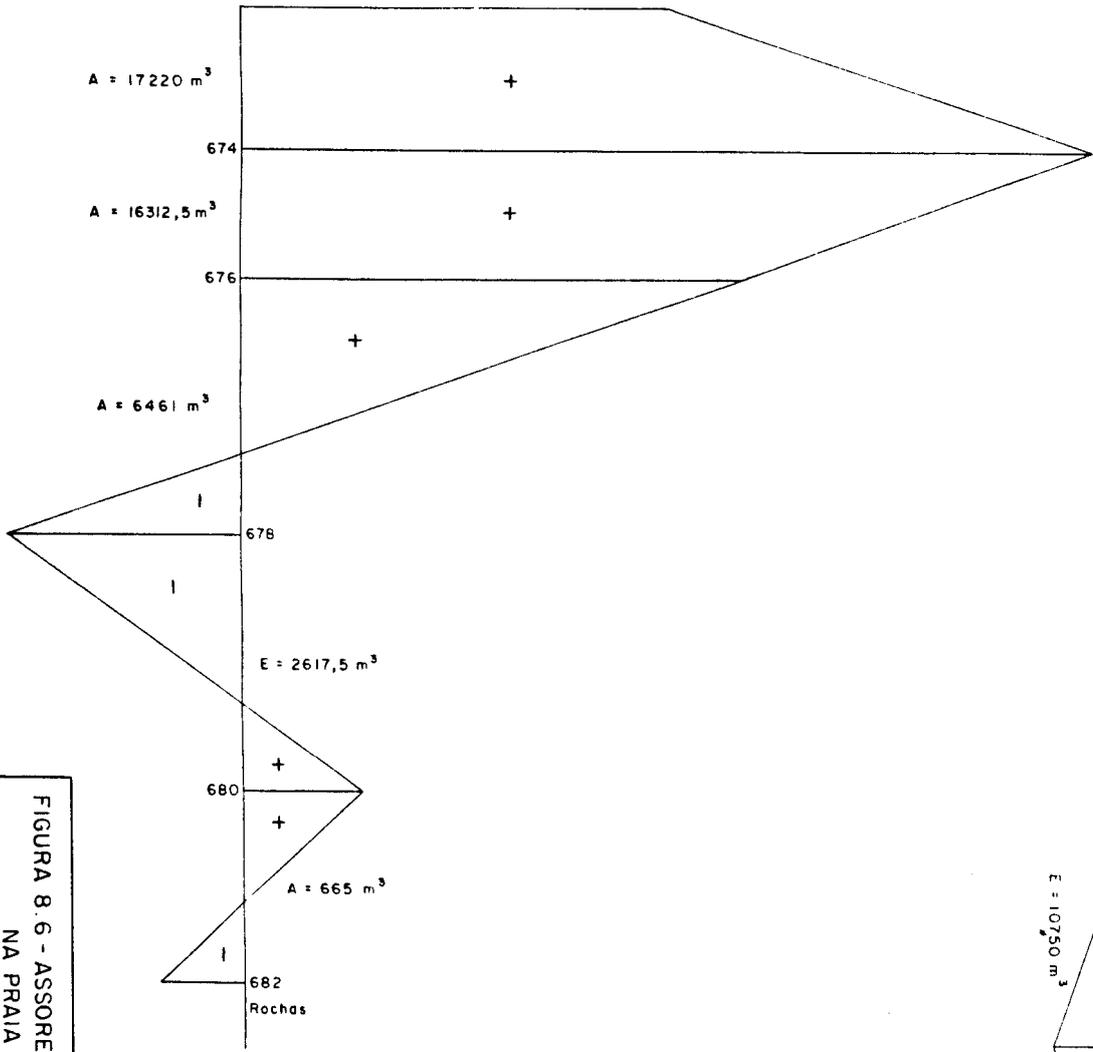
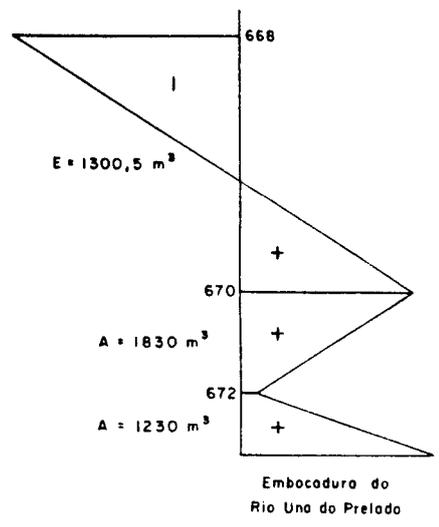
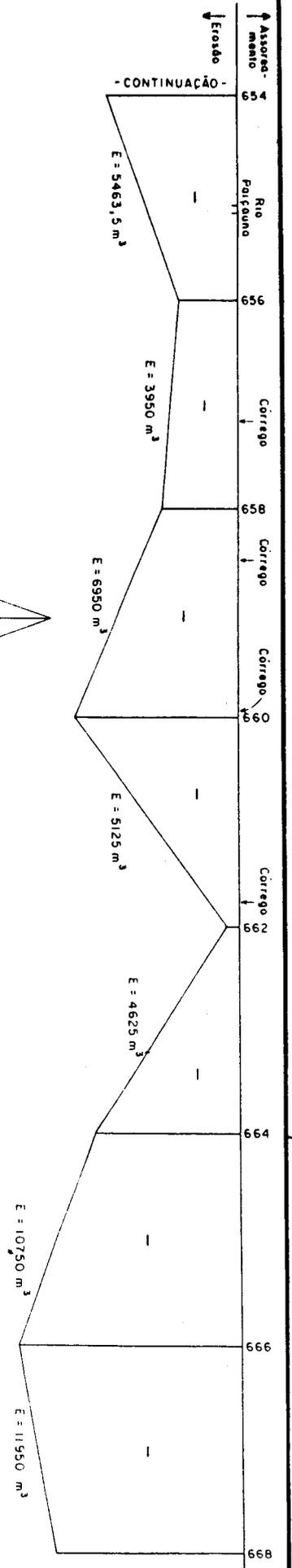


E | H - 1 : 10000
V - 1 : 500

FIGURA 8.5 - ASSOREAMENTO E EROSIÃO NA PRAIA DO UNA

(FONTE : REF. 13, VOL. IV)

- CONTINUA -



$E \left| \begin{array}{l} H-1:10.000 \\ V-1:500 \end{array} \right.$

FIGURA 8.6 - ASSOREAMENTO E EROSAO NA PRAIA DO UNA (FONTE: REF. 13, VOL. IV)

O volume de material erodido estimado para este trecho é de 28100 m³, enquanto o volume de material assoreado é estimado em 23600 m³. Disto resulta, ao fim do balanço, uma erosão no trecho, entre o verão de 81 e o inverno de 82, pequena, da ordem de 4500 m³.

Distribuindo-se este valor igualmente ao longo de todo o trecho (6670 m) obtém-se uma erosão média de 0,67 m³ por metro de praia.

Como este trecho apresenta três pequenos cursos d'água e uma parte final em terreno rochoso estes números podem apresentar erros.

Na Figura 8.3 verifica-se que há um razoável equilíbrio entre erosão e assoreamento no trecho entre as estacas 504 e 512; a SW da embocadura do Córrego do Nalo aparece uma região assoreada, que se prolonga até meio caminho entre as estacas 522 e 524; o trecho seguinte, de 550 m, apresenta-se nitidamente assoreado. A partir daí a erosão torna-se bastante expressiva até atingir a estaca 546; entre esta e o costão rochoso da Juréia observa-se um assoreamento localizado.

O Quadro 8.1 apresenta os valores de declividade das 23 seções levantadas, tanto no verão como no inverno.

Quadro 8.1 - Declividade dos perfis de praia em verão e inverno - Praia da Juréia

Fonte: Ref [13] (Vol.IV)

Seção	Declividade (%)	
	Verão	Inverno
504	1,7	2,3
506	3,2	2,1
508	3,2	2,1
510	2,3	2,1
512	2,7	1,5
514	1,7	2,7
516	1,7	2,0
518	1,8	2,0
520	1,7	1,9
522	2,7	1,3
524	2,1	2,1
526	2,7	2,5
528	2,8	2,5
530	2,4	2,3
532	1,2	1,8
534	2,0	1,8
536	1,1	1,5
538	1,1	1,8
540	1,8	1,6
542	1,6	1,5
544	1,3	1,5
546	1,5	1,0
548	1,0	1,3

Dai se observa que dez seções apresentam declividades maiores no inverno que no verão, mas que as variações entre as duas épocas são pequenas. A destacar, o maior valor de declividade, 3,2% , obtido no verão, nas estacas 506 e 508, e o menor valor, 1% , obtido no verão (estaca 548) e no inverno (estaca 546).

Em resumo, neste trecho há grande equilíbrio entre os perfis de verão e de inverno. As declividades são baixas e variam pouco nas duas ocasiões.

O segundo trecho em consideração começa a NE da embocadura do Rio Verde (estaca 550) e se estende até a face SW do Morro do Grajaúna (estaca 592) compreendendo toda a Praia do Rio Verde (Figura 8.4).

O primeiro sub-trecho (estacas 550 a 576) apresenta uma erosão expressiva, de 27470 m³ que, distribuída pelos seus 2600 metros, resulta num valor médio de 10,6 m³ por metro linear de praia, quase dezesseis vezes maior que o valor observado na Praia da Juréia.

No sub-trecho compreendido pelas estacas 576 a 588 observa-se cerca de 11370 m³ de material erodido e cerca de 7250 m³ de material assoreado, com uma resultante de 4120 m³ de material erodido que, distribuído pelos 1180 m do trecho, representa uma erosão média de 3,5 m³ por metro de praia, aproximadamente.

O Quadro 8.2 apresenta as declividades das 22 seções

Quadro 8.2 - Declividade dos perfis de praia em verão e inverno - Praia do Rio Verde

Fonte: Ref 1131 (Vol.IV)

Seção	Declividade (%)	
	Verão	Inverno
550	1,2	1,2
552	3,3	4,4
554	1,8	1,8
556	1,5	2,2
558	3,4	2,3
560	4,6	4,6
562	3,6	5,7
564	4,5	6,2
566	5,8	8,8
568	5,2	5,1
570	8,5	7,2
572	7,3	5,5
574	8,1	4,5
576	5,6	6,7
578	2,4	4,8
580	4,3	6,9
582	5,6	5,1
584	3,1	4,5
586	3,7	4,7
588	5,5	4,1
590	2,1	3,6
592	11,5	7,7

levantadas no verão e no inverno e mostra que há nove delas com declividades maiores no inverno que no verão, apesar da variação entre um período e outro ser pequena.

Mostra ainda que, a partir da estaca 560 para NE, até o fim da praia, as declividades, em ambas as ocasiões, são bem maiores que no primeiro sub-trecho (estacas 550 a 558) ou seja, a declividade média no primeiro sub-trecho é cerca da metade da declividade média no segundo (a partir da estaca 560).

O terceiro trecho de praia a considerar se estende da face NE do Morro do Grajaúna até o Morro da Pescaria (estacas 594 a 682 - Figuras 8.5 e 8.6).

No primeiro segmento, entre as seções 594 e 600 ocorreu uma erosão de 9100 m³. A margem SW da embocadura do Ribeirão Grajaúna apresenta um pequeno assoreamento, enquanto em sua margem direita (NE) aparece uma erosão de 3100 m³.

Novo assoreamento aparece entre as seções 604 e 608 e daí em direção NE, até meio caminho entre as seções 668 e 670 ocorre um acentuado processo erosivo, com volume da ordem de 163150 m³ que, distribuídos pelos 12670 metros de extensão do trecho, resulta num valor médio de cerca de 13 metros cúbicos de material erodido por metro de praia, comparável à erosão média obtida para o primeiro sub-trecho da Praia do Rio Verde.

Quanto às declividades das seções (Quadro 8.3) pode-se observar que 24 das 45 seções apresentaram declividades um pouco maiores no inverno. Os valores de declividade são francamente

inferiores aos valores obtidos para o segundo trecho da Praia do Rio Verde e semelhantes aos obtidos para o primeiro trecho desta praia e para a Praia da Jurêia, caracterizando-se assim como praias mais baixas com faixas de areia (estirâncio) mais largas.

Uma observação importante deve ser ressaltada. Entre a embocadura do Rio Una do Prelado e uma distância de 540 m para SW houve um assoreamento de cerca de 4900 m³. Da margem NE desta embocadura até a estaca 678 houve um grande assoreamento de 40000 metros cúbicos, quase 89% do total acumulado na embocadura, que corresponderia a um assoreamento médio de 46 m³ por metro de praia, na faixa por onde se estende a embocadura.

Este valor é quase quatro vezes maior que os valores médios de erosão observados entre as seções 608 e 670 da mesma praia, e é um importante indicativo da existência de transporte litorâneo predominante para SW neste trecho da costa. O escoamento do Rio Una atuaria como uma espécie de espigão hidráulico, capaz de interferir no transporte de sedimentos e causar sua sedimentação junto à embocadura.

As informações apresentadas neste item permitem concluir que, no período decorrido entre o verão de 81 e o inverno de 82, nove a dez meses, os processos erosivos foram mais atuantes que os processos de assoreamento. Apesar disto as declividades dos perfis não variaram muito entre o verão e o inverno, o que pode significar que o material sedimentar retirado da praia o foi igualmente de toda a faixa, e não apenas das partes mais baixas, mais diretamente atingidas pelo espraiamento das ondas.

Quadro 8.3 - Declividade dos perfis de praia em verão e inverno - Praia do Una

Fonte: Ref 1131 (Vol.IV)

Seção	Declividade (%)	
	Verão	Inverno
594	2,6	2,5
596	1,5	2,4
598	2,4	2,1
600	2,5	2,5
602	1,6	1,4
604	1,7	1,8
606	2,1	2,2
608	1,7	2,3
610	2,1	3,2
612	2,8	3,9
614	3,7	4,6
616	2,1	3,1
618	2,3	2,2
620	2,2	3,4
622	2,6	3,4
624	1,3	1,4
626	2,3	1,9
628	2,0	2,4
630	1,5	1,7
632	3,0	2,9
634	2,0	1,7
636	2,3	1,5
638	1,8	1,3

Seção	Declividade (%)	
	Verão	Inverno
640	1,6	1,7
642	1,5	1,6
644	0,9	1,9
646	2,1	1,7
648	1,5	1,6
650	1,4	1,6
652	1,3	1,6
654	1,2	1,6
656	0,8	1,8
658	2,5	1,6
660	1,4	1,4
662	1,5	1,7
664	1,7	1,5
666	2,0	1,0
668	1,8	1,3
670	1,0	0,7
672	0,5	0,6
674	2,8	1,8
676	0,7	1,5
678	1,4	1,3
680	1,6	2,1
682	1,7	1,2

O trecho NE da Praia do Rio Verde tem declividades bem mais altas que as declividades médias do restante da faixa costeira. A formação de depósitos de material sedimentar a NE das embocaduras dos cursos d'água que desembocam nos trechos de praia estudados, em especial o assoreamento observado a NE da embocadura do Rio Una, o maior da região, é um forte indicativo de que a direção predominante do transporte litorâneo é para sudoeste.

Os resultados acima apresentados cobriram um período curto de tempo e não se pode, com certeza, garantir que o comportamento dos perfis seria o mesmo para estudos de prazo mais longo.

8.3 Transporte de sedimentos

Os sedimentos, excluído o transporte eólico, podem ser transportados em direção à praia, ao longo da praia, para o largo, em suspensão ou junto ao fundo, pela ação das correntes e das ondas [24].

As ondas atuam de maneira direta e indireta. No primeiro caso atuam pelas forças hidrodinâmicas exercidas sobre os sedimentos de fundo, geradas pelas velocidades orbitais oscilatórias das partículas de água. Atuam indiretamente pela ação das correntes por elas induzidas:

- a) correntes de transporte de massa, geradas pelo fato de as órbitas descritas pelas partículas de água sujeitas à passagem

das ondas não serem fechadas;

b) correntes de retorno ("rip currents");

c) correntes litorâneas, paralelas à costa, produzidas pelo ataque oblíquo das ondas.

Deste modo as principais características do transporte de sedimentos na zona costeira são [24]:

- colocação de grandes quantidades de sedimento em suspensão pela ação turbulenta da arrebentação das ondas;
- transporte em suspensão, de modo a acompanhar o transporte de massa fluida;
- transporte por arraste junto ao fundo.

O transporte em suspensão pode ser feito em direção à costa, pela corrente de transporte de massa; em direção ao largo, pela corrente de compensação de transporte de massa ou corrente de retorno ("rip current"); ao longo da costa, pela corrente litorânea.

O transporte por arraste junto ao fundo, devido geralmente à ação das ondas, também pode ser em direção à costa ("onshore"), em direção ao largo ("offshore") e ainda apresentar uma componente litorânea.

A quantidade de material transportado ao longo da costa é geralmente mais importante que o material transportado frontalmente a ela. A maior parcela do transporte longitudinal ocorre entre a zona de arrebentação e a praia. Uma quantidade menor de material movimenta-se ao largo da arrebentação.

As obras hidráulicas previstas poderiam interferir com os processos naturais existentes nas áreas de construção, desequilibrando um sistema que vinha se sustentando de forma natural.

A intensidade e a direção predominante do transporte devem ser, portanto, muito bem conhecidas, de modo a que as obras pretendidas possam ter sua interferência minimizada ou contornada por algum tipo de artifício construtivo ou de posicionamento.

Os trabalhos desenvolvidos em Iguape-Peruibe, com a aplicação de traçadores radioativos, contemplaram o estudo da movimentação dos sedimentos por arraste junto ao fundo, ao largo da arrebentação.

Foi apresentada também uma estimativa do transporte litorâneo, feita com dados de onda de Paranaguá transpostos para a região de Peruibe.

8.3.1 Transporte junto ao fundo

A determinação da vazão mássica de material em movimento junto ao fundo, em qualquer corpo d'água, é um problema bastante complexo.

Diversos processos têm sido aplicados, teóricos (baseados em modelos de transporte de diferentes graus de complexidade) e experimentais.

Comumente, o CDTN utiliza a técnica de medição no

protótipo, com o uso de traçadores radioativos, que também é empregada em outros países, com resultados geralmente satisfatórios.

Além dos radioativos, podem ser ainda usados traçadores fluorescentes que, apesar de também produzirem resultados satisfatórios, apresentam como principais desvantagens a necessidade de grandes quantidades por experimento e o modo de avaliação do transporte, feito por amostragem na nuvem e posterior contagem dos grãos marcados.

Em experimentos de sedimentologia de duração longa o traçador mais empregado no Brasil é o Iridio de número de massa 192 (Ir-192), emissor de radiação gama complexo (fótons de 0,296 a 0,885 Mev de energia), 74,4 dias de meia-vida (tempo no qual a atividade cai à metade do valor inicial).

Este material é incorporado a grãos de vidro que simulam em tamanho, forma e densidade o material natural constituinte do fundo da região em estudo, previamente colhido e analisado granulometricamente, conforme será detalhado adiante.

8.3.1.1 Cálculo da vazão mássica

Os resultados quantitativos que se procura obter a partir de uma série de experimentos com traçador podem ser conseguidos com a utilização de um método de integração espacial no qual se tenta, em cada experimento de rastreamento do traçador injetado, determinar a distribuição completa do mesmo no fundo.

Por este método a vazão sólida do material é dada por:

$$Q = \rho V_m L E$$

(15)

onde:

Q - vazão mássica de sedimento junto ao fundo (t/dia);

ρ - massa específica do sedimento submerso (t/m³);

L - largura da faixa do fundo onde se dá o transporte (m);

V_m - velocidade média de deslocamento da nuvem radioativa (m/dia);

E - espessura da camada em movimento (m).

A largura L da faixa de transporte pode ser obtida da disposição em planta da nuvem radioativa, ou pode ser tomada unitária.

A velocidade média V_m, que representa a velocidade com que a camada de sedimento se desloca junto ao fundo, pode ser obtida do deslocamento do centro de gravidade da nuvem radioativa, conforme observado em detecções consecutivas para um mesmo experimento.

A maior dificuldade reside no cálculo do parâmetro E, a espessura da camada em movimento.

Alguns dos métodos utilizados para o cálculo de E são:

- amostragens efetuadas no interior da nuvem radioativa;
- considerações sobre o modo de transporte obtidas a partir de sondagens com ultra-som;
- aplicação do método conhecido como de balanço das taxas de contagem [26], que tem sobre os demais a vantagem principal de

poder ser utilizado diretamente sobre os dados obtidos durante as detecções do material radioativo.

8.3.1.1.1 Método do balanço das taxas de contagem

O método do balanço das taxas de contagem, desenvolvido por Sauzay [26], baseia-se numa idéia simples.

Suponham-se duas nuvens de material radioativo, contendo a mesma atividade total, enterradas a profundidades diferentes, ou recobertas por camadas de material inativo de diferentes espessuras.

A nuvem mais enterrada oferecerá maior dificuldade de detecção, não só pela absorção de parte da radiação pela camada sobrejacente como também pela geometria mais desfavorável (distância fonte-detector maior).

Deve, portanto, existir algum tipo de relação entre a espessura da camada e o número de contagens observado.

O balanço das taxas de contagem faz-se, então, pelo cálculo de uma integral do tipo

$$N = \int n ds \quad (16)$$

onde:

N - número total de contagens que foram observadas (função da espessura E);

n - taxa de contagem em um ponto;

ds - área elementar.

A equação do balanço das taxas de contagem também pode ser escrita:

$$N = \int_0^E f(z)\Gamma(z)dz \quad (17)$$

onde:

E - espessura máxima da nuvem em toda a área coberta pelo traçador;

f = f (z) - resposta do sistema de detecção em número de contagens por segundo, por unidade de atividade e por unidade de área, a uma profundidade z;

$\Gamma(z) = \iint c(x,y,z)dx dy$ - atividade presente em toda a nuvem, na camada à profundidade z ;

C(x,y,z) - representa a lei de repartição da concentração do radioisótopo em função da profundidade.

Verifica-se experimentalmente que, em geral, a resposta do detector a uma atividade unitária é da forma exponencial:

$$f(z) = f_0 \exp(- \alpha z) \quad (18)$$

onde:

α e f_0 - coeficientes de calibração do sistema de detecção, determinados em ensaios de laboratório;

z - as diversas profundidades para as quais é avaliada a resposta do sistema de detecção.

O cálculo da espessura da camada em movimento E pode finalmente ser feito utilizando-se a equação transcendental.

$$\frac{1}{\beta} \frac{\alpha N}{f_0 A} E = 1 - e^{-\alpha E} \quad (19)$$

onde:

$$\beta = \frac{\Gamma_M}{\Gamma_m}$$

$$\Gamma_M = \frac{\int_0^E \Gamma(z) f(z) dz}{\int_0^E f(z) dz} - \text{concentração uniforme equivalente que, repartida na espessura E, daria a mesma taxa de contagens N}$$

que a repartição real;

$$\Gamma_m = \frac{\int_0^E \Gamma(z) dz}{\int_0^E dz} = \frac{A}{E} - \text{concentração média de atividade;}$$

A - atividade total injetada;

N - atividade total recuperada, calculada a partir das medições no campo.

8.3.1.1.2 Trabalhos de campo e tratamento dos dados

Neste item será feito um resumo das técnicas de injeção, detecção e tratamento dos dados, de modo a se poder calcular os parâmetros L, Vm, E da equação (15).

O primeiro aspecto a considerar é a composição física e granulométrica do material de fundo. Para tanto é instituída uma rede de coleta de amostras que são analisadas de modo a se poder compor artificialmente uma amostra representativa do fundo da

área em estudo.

Nesta fase é calculada a quantidade de material a injetar, a atividade necessária e o tipo de radioisótopo, cuja escolha dependerá, entre outros fatores importantes, da duração prevista para o experimento.

Já no campo, com o mesmo sistema de detecção calibrado no laboratório, e que será descrito a seguir, é feito um levantamento da atividade natural do fundo, chamado de detecção do "background" radioativo, para que estes valores possam ser descontados dos valores da atividade artificial no tratamento futuro dos dados. Os materiais coesivos (silte - argila, sob a denominação genérica de vasa) geralmente apresentam atividade natural maior que as areias. Quanto a estas é às vezes possível separar a fração mais grosseira da fração mais fina pelo levantamento da atividade natural de cada grupo.

A etapa seguinte é a injeção do traçador junto ao fundo, de uma altura tal (10 a 15 cm) a evitar que se espalhe muito ou que fique muito concentrado. Este trabalho geralmente é feito com o uso de injetores mecânicos, operados de bordo da embarcação. Retiram-se aliquotas do material injetado para a determinação da atividade presente na injeção (A).

Começa a seguir o trabalho de detecções do material colocado sobre o fundo.

Uma detecção radioativa consiste na determinação da extensão da área sobre a qual o material se espalhou, por efeito

das ações hidrodinâmicas que passa a sofrer juntamente com o material naturalmente existente no fundo, e na análise do modo como o traçador se moveu e se espalhou.

A navegação é feita em linhas retas, próximas e paralelas entre si, perpendiculares a uma certa direção, chamada direção de transporte, que é estabelecida na primeira detecção após a injeção (detecção de "mise-en-place"). Nem sempre é possível atender a este procedimento para a navegação, que é bastante dependente das condições de agitação e de incidência de ondas. O posicionamento da embarcação é feito por métodos visuais (teodolitos ou sextantes, por exemplo) ou eletrônicos, como é o caso do sistema Motorola Mini - Ranger III. A cada 30 segundos, normalmente, plota-se num mapa apropriado a posição da embarcação e os valores de taxas de contagem associados, obtidos por um sistema de aquisição de dados de atividade que funciona em sincronismo com os dados de posição.

A sonda de detecção, frequentemente um detector de cintilação composto por um cristal de iodeto de sódio (NaI), com tálio, uma fotomultiplicadora e uma fonte de alta tensão, viaja sobre a superfície do fundo presa a um trend especial.

A cadeia de detecção, que inclui os registradores, contadores de impulso digitais, impressora mecânica, sistema automatizador, quadros de alimentação e controle, e o console do sistema de posicionamento, viajam em local abrigado dentro da embarcação e são geralmente alimentados por gerador a gasolina.

É importante observar que durante todo o experimento, que pode ser composto de diversas campanhas, cada uma delas formada por várias detecções, as condições ambientais são monitoradas permanentemente, de modo a se identificar os agentes importantes no processo em estudo (ventos, ondas, correntes, marés). Os parâmetros a serem monitorados são decididos caso a caso.

Os dados recebidos do campo devem ser depurados antes de se proceder à análise dos mesmos, que consiste, basicamente, na atribuição de uma certa taxa de contagens à posição exata na qual foi registrada.

Os dados brutos de atividade são corrigidos da atividade natural do fundo, do decaimento radioativo, da eficiência da sonda de detecção, da perda de contagens por saturação do sistema de detecção.

Correções adicionais precisam ser realizadas. O sistema de posicionamento marca a posição do barco e não a do trenó que ele reboca; portanto, a primeira correção a fazer é estabelecer a posição do trenó a partir da posição conhecida do barco, a cada instante.

O método de análise supõe que o barco mantenha uma velocidade constante, o que dificilmente acontece; a normalização da velocidade do barco para o valor de 1 m/s é outra correção importante.

Também é muito difícil obter-se linhas paralelas, como o

exigido para a construção do diagrama de transportes que será apresentado a seguir. Por esta razão é definida a melhor paralela possível a todas as linhas, e todas elas têm sua inclinação referida a esta paralela, trecho a trecho.

Todo o trabalho conduz à construção das curvas de isocontagens, ou de isoatividades, e dos diagramas de transporte.

Centenas, ou milhares, de pontos representando diversos níveis de atividade são plotados em mapas próprios, de acordo com as posições em que foram obtidos durante as detecções. Unindo-se os pontos de mesma atividade obtém-se as curvas de isocontagens.

Estas são semelhantes a curvas de nível de levantamentos topográficos e informam o resultado da atuação dos agentes hidrodinâmicos sobre o fundo, de forma qualitativa.

Entre estas informações estão a qualidade da detecção realizada, a extensão do espalhamento do traçador, a direção de transporte, o comportamento da nuvem em relação à deposição no fundo.

No decorrer da detecção são construídas curvas deste tipo, para orientação do trabalho, nas quais não se introduzem as correções mencionadas.

A construção dos diagramas de transporte é fundamentada na integração da atividade sobre cada uma das trajetórias paralelas percorridas pelo barco. Cada paralela terá o valor Nt (cps x m) lançado no eixo das ordenadas de um sistema cartesiano em cujo eixo de abscissas se marcam as posições em que cada

paralela cortou a direção de transporte. No decorrer de cada detecção também são construídos diagramas de transporte para orientação do trabalho.

Unindo-se os pontos assim obtidos estará construído o diagrama de transporte, que fornecerá informações tais como a concentração do material em torno do ponto de injeção, representada por picos agudos com caudas curtas, direção preferencial de espalhamento da nuvem, tendência de partição da nuvem.

Fornecerá ainda duas informações quantitativas de grande importância:

- a área compreendida entre a curva que encerra o diagrama e o eixo das abcissas representa o valor N de atividade total recuperada, em unidades de $\text{cps} \times \text{m}^2$, e será usado na equação (19) para o cálculo da espessura de transporte. O valor total da atividade recuperada também pode ser obtido da integração do conjunto das curvas de isocontagens;
- a determinação do centro de gravidade destes diagramas, de modo consecutivo para várias detecções, permitirá calcular a velocidade V_m com que a nuvem se desloca, que será usada na equação (15) para o cálculo da vazão mássica.

O cálculo do centro de gravidade feito deste modo se justifica porque, se projetado sobre o eixo das distâncias (entre paralelas), que é paralelo à direção de transporte, corresponde à projeção sobre esta direção do próprio centro de gravidade da

nuvem.

8.3.2 Resultados

O estudo do transporte de sedimentos por arraste junto ao fundo, ao largo da arrebentação, constou de três injeções de material radioativo.

Em cada uma delas foram utilizados trezentos gramas de vidro moído marcado com Ir-192, com 300 mCi de atividade total.

A primeira injeção foi realizada em 23/02/82, no ponto Piverão (Figura 8.7). Daí resultaram as seguintes detecções: 25/02, 27/02 (1a. campanha); 15/04, 18/04 (2a. campanha); 08/06 (3a. campanha); 18/07 (4a. campanha).

A segunda injeção foi realizada em 23/08/82, no PI_{INVA} (Figura 8.7). Daí resultaram as detecções: 23/08, 25/08 (1a. campanha); 26/09 (2a. campanha).

A terceira e última injeção foi realizada em 25/08/82, no PI_{INVB} (Figura 8.7). Daí resultaram as detecções: 27/08 (1a. campanha); 26/09 (2a. campanha).

A primeira injeção foi realizada em época de verão e as duas últimas, em época de inverno.

O Quadro 8.4 apresenta um resumo das campanhas realizadas.

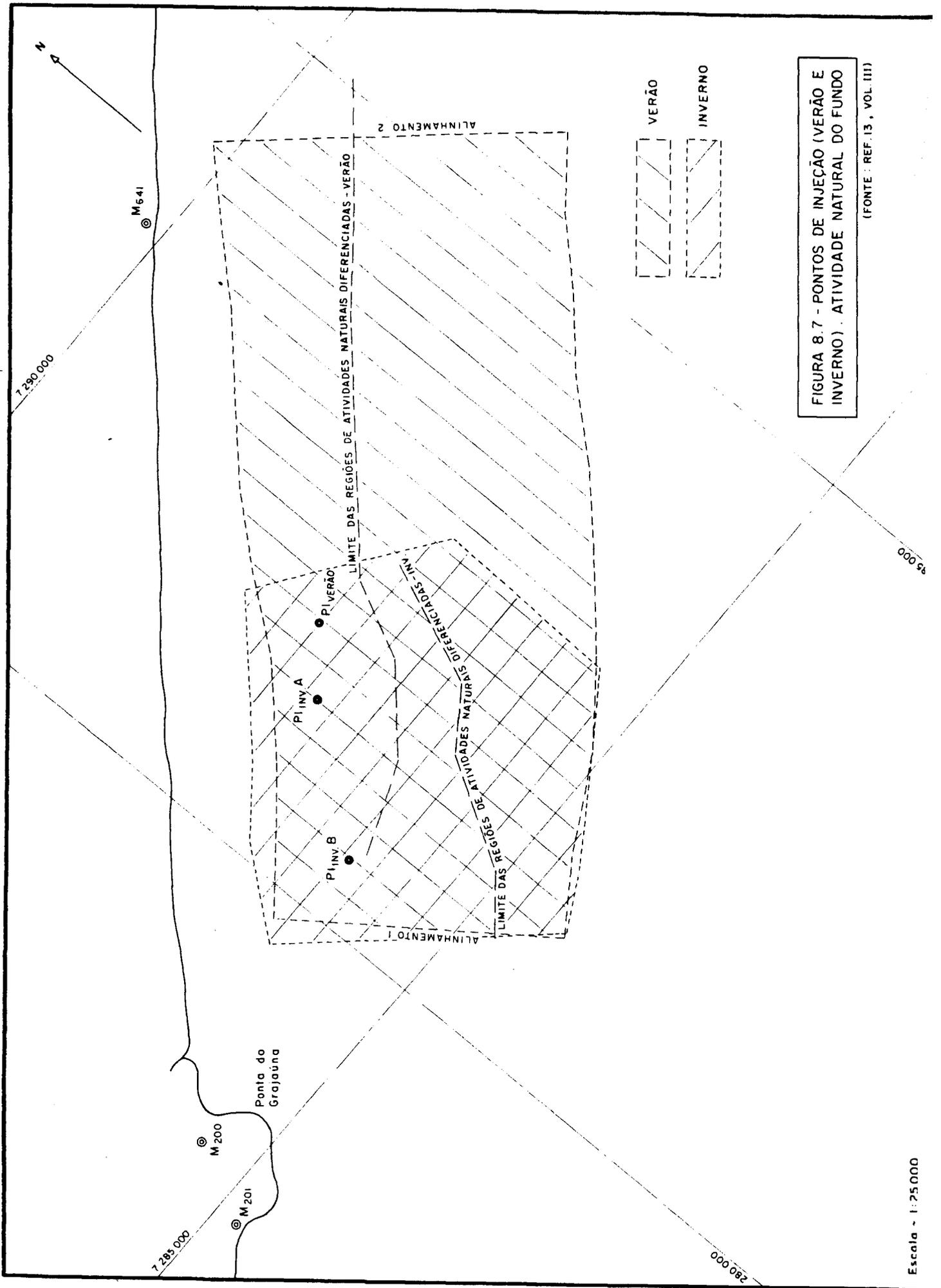


FIGURA 8.7 - PONTOS DE INJEÇÃO (VERÃO E INVERNO) . ATIVIDADE NATURAL DO FUNDO

(FONTE : REF. 13 , VOL. III)

Quadro 8.4 - Resumo do trabalho de campo com traçador radioativo para o estudo da movimentação de sedimentos junto ao fundo

Injeções	Detecções					
	1	2	3	4	5	6
23/02/82 (V)	25/02/82	27/02/82	15/04/82	18/04/82	08/06/82	18/07/82
23/08/82 (I)	23/08/82	25/08/82	26/09/82	-	-	-
25/08/82 (I)	27/08/82	26/09/82	-	-	-	-

V - verão; I - inverno

8.3.2.1 Resultados da primeira injeção (23/02/82)

Dias antes desta injeção foi realizado o levantamento da atividade natural do fundo, que cobriu uma área de cerca de 15 km², conforme Figura 8.7. O levantamento do ruído de fundo utiliza a mesma técnica de navegação e os mesmos equipamentos empregados nas detecções radioativas. A menor distância a que se chegou da praia foi de 400 metros e a maior, de 3200 metros.

Um fato interessante resultou deste trabalho, qual seja a identificação de uma linha que, correndo grosso modo paralela à praia, e dela distando cerca de 1500 m, separava a atividade natural em dois grupos, a saber (Figura 8.7):

- i) o primeiro grupo, entre a referida linha e a costa, apresentou atividades entre 12-14 contagens por segundo (cps);
- ii) o segundo, entre a referida linha e o limite ao largo do trabalho de detecção, apresentou atividades entre 17-19 contagens por segundo (cps).

Os níveis de atividade natural encontrados são característicos de fundos arenosos (as vasas apresentam atividades na faixa de 40-50 cps). Além disso, os níveis mais baixos no trecho mais à terra indicam que a areia aí existente é mais grosseira que a areia existente no trecho mais ao largo, o que está de acordo com os resultados obtidos da análise granulométrica dos sedimentos colhidos na região.

A curva granulométrica do material injetado foi composta tomando por base a granulometria das amostras de fundo colhidas no verão de 1981 (item 8.1).

O material utilizado nesta montagem foi vidro moldo especialmente preparado, que incorpora 0,25% em peso de irídio 191 o qual, após irradiado em reator nuclear, se torna o elemento instável Ir-192.

A injeção foi realizada no ponto P1_{Verão}, de coordenadas UTM 7287265 N e 281738 E, às 13:50 h, em local com 7,60 m de profundidade (NR da DHN - Figura 8.7).

O mar apresentava-se calmo, com ondulação bem definida de $T_w=7$ s, altura de 0,5 m e direção 149° NV. Os ventos apresentavam-se muito calmos (aragem) e as correntes orientavam-se para NE, com intensidades na faixa de 30 cm/s. A injeção foi realizada próximo à estufa da segunda preamar do dia, em sizigia de lua nova.

A detecção de "mise-en-place" mostrou uma direção preferencial de transporte de 73° com o norte verdadeiro (ENE), espalhamento inicial obviamente influenciado pela orientação das correntes.

A detecção de 25/02 mostrou que o espalhamento já se orientava para NE (53° NV), por ação das ondas que, no período entre 23 e 25/02 provieram de SE e SSE, permanecendo o mar relativamente agitado. A maior parte da atividade achava-se concentrada junto ao ponto de injeção (Figura 8.8).

A detecção de 27/02, realizada dois dias após a anterior, mostrou uma situação praticamente estacionária.

A ação das ondas de SE e SSE continua predominando e, a prazo mais longo esperava-se que a direção de espalhamento da nuvem se reorientasse para SW, pois as ondas incidiam de direções à esquerda da normal à praia (para observador em terra). Neste estágio não foram realizados cálculos de transporte, pelos motivos apresentados.

A detecção de 15/04, realizada 47 dias depois da última detecção de fevereiro, mostrou uma nova orientação da direção de transporte, agora com a direção NW - SE, compatível com a direção preferencial das ondas no período.

A detecção de 18/04, realizada com base no novo eixo de transporte, mostrou um claro rearranjo da nuvem, que se ajustou à ação das ondas após o espalhamento inicial causado pelas correntes orientadas para NE (Figura 8.9). O centro de gravidade da nuvem deslocou-se cerca de 44 m para NNW, quando comparado com o centro de gravidade da nuvem de 27/02, o que corresponde a menos de um metro por dia.

A detecção de 08/06 foi realizada 103 dias após a detecção de 25/02 e 51 dias após a detecção de 18/04. O eixo de transporte adotado foi o mesmo desta última detecção, o que mostrou que as ondas incidentes de SE, praticamente perpendiculares ao alinhamento da costa, têm importância fundamental no processo.

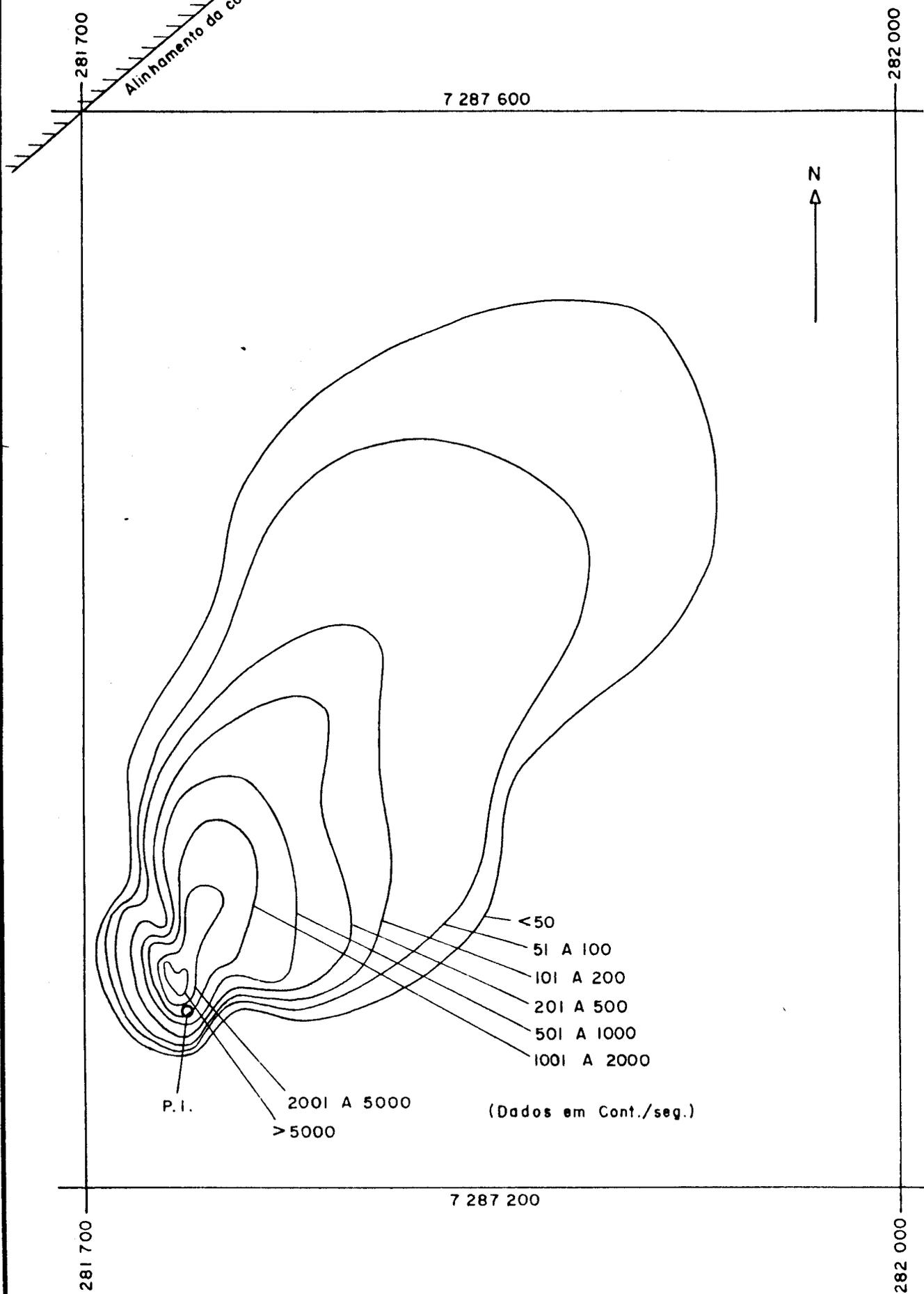


FIGURA 8.8 - CURVAS DE ISOCONTAGENS
 PARA A DETEÇÃO DE 25/02/82

(FONTE : REF. 13, VOL. I)

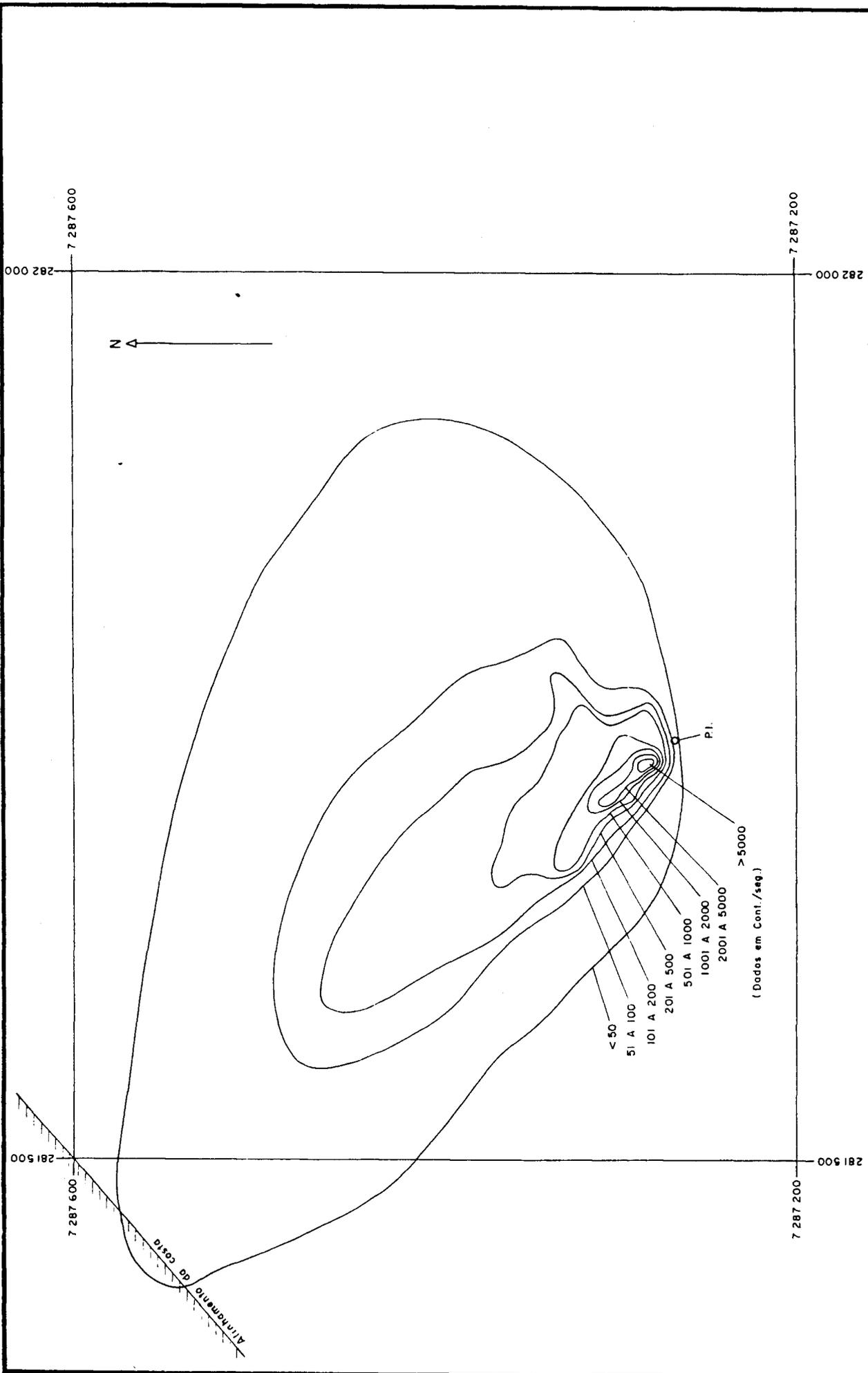


FIGURA 8.9 - CURVAS DE ISOCONTAGENS
 PARA A DETEÇÃO DE 18/04/82

(FONTE: REF. 13, VOL. 1)

As curvas de isocontagens desta detecção (Figura 8.10) mostram espalhamento da nuvem na direção da praia e certa concentração de material radioativo junto ao ponto de injeção. As contagens observadas foram menores que em 18/04, mostrando enterramento da nuvem.

O deslocamento entre centros de gravidade nas duas últimas detecções foi de 29 m para NW.

Conhecidas a atividade injetada (300 mCi) e a atividade total recuperada na última detecção ($6,70 \times 10^6$ cps \times m²) pôde-se avaliar em 16 cm a espessura média da camada em movimento, e em 150 kg/m/dia a vazão sólida por arraste junto ao fundo, ao largo da arrebentação, valor que deve ser tomado como ordem de grandeza do transporte naquele período.

Para efeito de comparação mencione-se que estudos semelhantes realizados pelo CDTN em Santos, SP, mostraram taxas de 200 kg/m/dia, 270 kg/m/dia, 350 Kg/m/dia, em três pontos distintos dentro da baía. Estes são resultados em condições de inverno e o transporte orientava-se para dentro da baía. Em condições de verão as taxas observadas foram cerca de dez vezes menores.

Dois conclusões importantes resultam das detecções então realizadas.

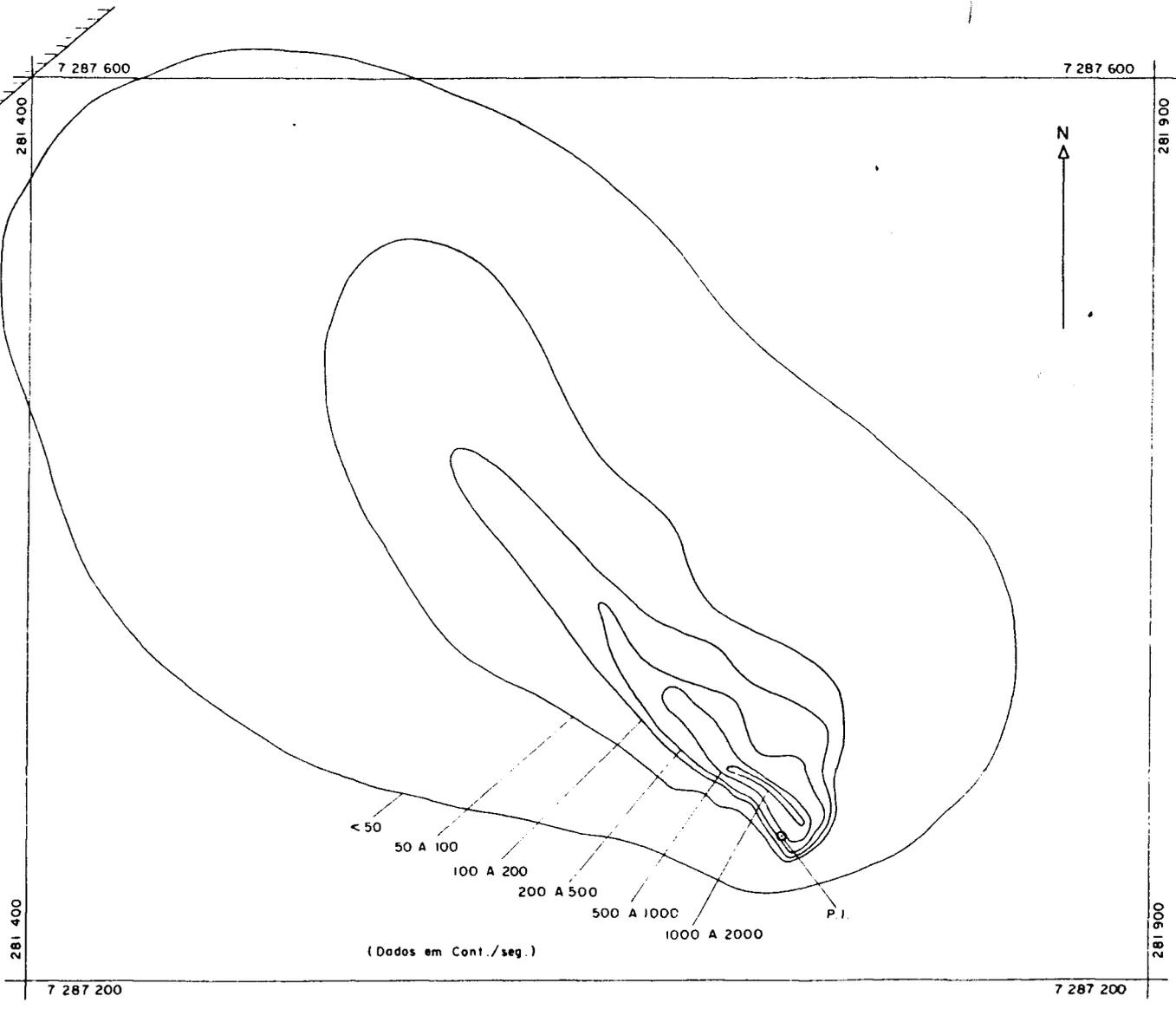


FIGURA 8.10- CURVAS DE ISOCONTAGENS
 PARA A DETEÇÃO DE 08/06/82

(FONTE: REF. 13, VOL II)

O material radioativo esteve sujeito durante longo tempo à ação de ondas de SE a SSE, que foram capazes de movimentá-lo de SE para NW, uma orientação frontal à praia, pela ação das correntes de transporte de massa junto ao fundo, que se orientam na mesma direção de propagação das ondas. A taxa de transporte foi medida para condições de verão.

Outra observação, obtida da inspeção dos mapas de navegação e das curvas de isocontagens das duas últimas detecções, é a de que, ao mesmo tempo em que se desloca perpendicularmente à praia, a nuvem sofre um espalhamento para SW, aproximadamente paralelo ao alinhamento da praia, o que pode ser verificado pelo aumento da concentração de pontos ativos a SW e a diminuição a NE. Isto é uma indicação da existência de transporte litorâneo, numa região entre 700 e 1.400 m da costa, que seria o limiar deste transporte, ao largo.

A detecção de 18/07, realizada após quatro dias de mar muito agitado, mostrou o desaparecimento quase completo do material injetado em 23/02. Hipóteses levantadas para este fato são o recobrimento da nuvem por material inativo oriundo do reajuste do perfil do fundo às condições de inverno, entrada em suspensão e conseqüente carreamento do material injetado; além disso, há menos material radioativo a detectar, devido ao decaimento do radiosótoto (quase duas meias-vidas decorridas da data da injeção).

Os resultados assim obtidos orientaram a realização de duas novas injeções, em regime de inverno.

8.3.2.2 Resultados da segunda injeção (23/08/82)

No dia 21/08 foi realizado um novo levantamento da atividade natural do fundo do mar (detecção de "background") na mesma região dos estudos anteriores (Figura 8.7).

Esta detecção mostrou que não havia mais restos do material radioativo da injeção de 23/02.

Um outro fato importante foi observado. Da mesma maneira que o ocorrido na detecção de "background" em fevereiro, esta detecção mostrou também uma linha que dividia as atividades naturais em dois grupos com atividades médias bem distintas: um grupo à terra da linha, com atividades menores (material mais grosseiro) e um grupo ao largo da linha, com atividades maiores (material mais fino). Em relação à linha anterior, no entanto, esta linha avançou para o largo como um todo, chegando a distar quase 900 m da linha anterior, no trecho inicial mais próximo do Grajaúna (Figura 8.7).

Isto é uma prova evidente de que o material mais grosseiro avançou para o largo, confirmando a existência do transporte "offshore" preconizado pelas teorias que admitem que, em condições de mar agitado (maior turbulência) o material grosseiro é escavado da parte baixa das praias e trazido para o largo.

Amostras do sedimento de fundo colhidas por ocasião das duas detecções de "background" reforçam este fato, do mesmo modo

que as amostras colhidas nas redes de verão (B1) e do inverno de B2 (item B.1).

A amostra preparada para esta injeção apresentava granulometria semelhante à da amostra K9 (item B.1), pesava 300 gramas e tinha uma atividade de 300 mCi.

Esta injeção foi programada para uma distância próxima à injeção de 23/02 com a finalidade de acompanhar o transporte próximo à arrebentação e, obtidos valores quantitativos do transporte frontal, compará-lo com aqueles da campanha de verão.

A injeção foi realizada no ponto PI_{1100A}, de coordenadas UTM 7286908 N e 281295 E, às 11:37 h, profundidade local de 7 metros (Figura B.7).

O tempo apresentava-se nublado, com ventos fracos de WSW. As ondas, com períodos entre 5 e 7s e alturas entre 1,0 e 1,5 m provinham de 154° (SSE). As correntes orientavam-se para o quadrante E, com intensidade de 28 cm/s.

Houve um problema no injetor, e o material não foi colocado corretamente no fundo. Isto gerou grande espalhamento inicial do traçador para ENE, por ação das correntes.

A detecção de 23/08, feita a seguir à detecção de "mise-en-place" confirmou a existência de material radioativo a até 1000 m a ENE do ponto de injeção.

A detecção de 25/08 foi realizada após dois dias de ressaca do mar, muita chuva e muito vento. O material se

espalhou para os dois lados do eixo de transporte (54° NV), ou seja, sofreu a ação de uma componente para a terra e de outra para o largo. Encontrou-se atividade a cerca de 1100 m a ENE do ponto de injeção, mas em valores baixos e em pontos descontínuos, de modo a tornar impossível levantamentos adequados da recuperação para efeitos de cálculos de transporte.

A detecção de 26/09, realizada um mês após a última detecção de PI₁NUA mostrou que a nuvem havia desaparecido, ou seja, não foi observada na região atividade maior que a atividade natural.

Hipóteses para este fato são a colocação do material em suspensão, e posterior carreamento, e o recobrimento da nuvem por material inativo, erodido da região rasa das praias e transportado para o largo, por efeito da intensa agitação marítima na ocasião.

O período de 18 a 23/09 foi extremamente severo quanto aos fatores ambientais. No dia 19/09, por exemplo, ocorreu uma forte ressaca, com chuvas, ventos fortes de sul e mar impraticável para navegação. Neste dia, e no seguinte, a maré no Rio Peruibe subiu mais de 3,0 m em relação ao zero da régua. Também no dia 20/09 foram registradas ondas individuais de até 5,5 m (crista a cavado seguinte).

8.3.2.3 Resultados da Terceira injeção (25/08/82)

Esta injeção foi programada para se estudar, em condições de inverno, a variação do transporte ao largo da arrebentação, com o aumento da profundidade. Previa-se injetar o material radioativo a cerca de 1500 m para o largo do início da arrebentação, em ponto com a profundidade de 10 metros.

No entanto, devido aos problemas ocorridos na injeção próxima à arrebentação (23/08), decidiu-se fazer nova tentativa na mesma região.

Foram também injetados 300 g de vidro moído contendo irídio, com 300 mCi de atividade, amostra composta segundo a granulometria de K9 (item 8.1).

Não houve necessidade de novo levantamento do ruído de fundo, pois a região era a mesma de 23/08.

A injeção foi realizada às 15:30 h de 25/08, a 10 cm do fundo, num local com 8,0 m de profundidade (Figura 8.7), no ponto de coordenadas UTM 7285955N e 280479E, chamado PI₁₀₀₈.

O tempo apresentava-se bom, sem ventos, o mar calmo, com ondas de 0,5 m de altura e período de 10 s (observados da embarcação), vindas de 144º NV (SE). As correntes orientavam-se para WSW a W, com intensidades entre 11 e 17 cm/s.

A detecção de "mise-en-place" mostrou o material com pequeno espalhamento na direção de 233º NV, de acordo com as correntes junto ao fundo. Achou-se material ativo a 150 m do ponto de injeção, mas quase toda a atividade concentrava-se junto ao pico (local de injeção).

A detecção de 27/08 mostrou que o material continuava concentrado junto ao ponto de injeção, praticamente sem se movimentar. No limite de 300 m a WSW de PI_{1, nuv} não havia mais atividade.

Por este motivo, e por razões estratégicas (manutenção do barco em Santos, entre outras) decidiu-se deixar decorrer um prazo maior até a detecção seguinte.

Esta nova detecção foi realizada em 26/09, no mesmo dia da detecção sobre o material injetado em PI_{1, nuv}.

Do mesmo modo que para aquele experimento, a nuvem havia praticamente desaparecido. Não se encontrou atividade ao longo do eixo de transporte estabelecido em 27/08 e nem mesmo nas imediações do ponto de injeção. Toda a série de fatores que atuaram sobre o material injetado em 23/08 atuaram também sobre o material injetado em 25/08.

O comportamento das nuvens nos dois experimentos de inverno inviabilizou qualquer cálculo de taxa de transporte mas forneceu indicações importantes que, somadas aos resultados obtidos no verão permitem concluir que:

- i) O agente hidráulico predominante no transporte junto ao fundo são as ondas, através das correntes de transporte de massa;
- ii) a taxa de transporte estimada para o verão foi de 150 quilos por metro por dia, na direção frontal à praia ("onshore");
- iii) estima-se que o limite ao largo do transporte litorâneo situa-se na faixa entre 700 e 1400 m da costa, em profundidade de 6 a 7 metros; os estudos mostram a existência de componentes do transporte litorâneo para NE e para SW; no entanto, a resultante certamente é para SW.
- iv) em condições de inverno o transporte frontal tende a se orientar para o largo ("offshore"), conforme indicam o comportamento do traçador, o avanço para o largo da linha de atividade natural (que separa o material mais grosseiro do mais fino), as amostras de sedimento de fundo colhidas no verão e no inverno (item 8.1) e o comportamento dos perfis de praia nas duas ocasiões (item 8.2);
- v) condições severas de mar são capazes de colocar em suspensão o material do fundo, transportando-o no meio da massa fluida para outras áreas.

As conclusões acima resultam de experimentos realizados em intervalo de tempo curto, apesar de abranger épocas distintas de um mesmo ano. Sua extrapolação para períodos mais longos precisaria ser corroborada pela realização de novos estudos, que aliás foram propostos pelo CDTN, e não foram realizados, o que seria de fundamental importância para garantir o sucesso das obras previstas pois, como se vê, o panorama da circulação de sedimentos na área é bastante complexo.

8.4 Transporte litorâneo

No final do ano de 1982 Bandeira e Minardi [29] publicaram um trabalho em que se apresentava uma estimativa do transporte litorâneo nas praias do Una e do Rio Verde, feita com base em registros ondulatórios obtidos em Paranaguá, PR, entre abril/72 e março/73. Nesta ocasião, apesar de o CDTN já estar registrando ondas no local, não se tinha ainda uma série de pelo menos um ano de registros; além disso, parte dos registros ainda não havia sido analisada.

Para esta estimativa partiu-se da suposição de que, ao largo, as duas regiões apresentam o mesmo clima de ondas [10].

As características ondulatórias de Paranaguá foram transportadas para o largo (região de "profundidade infinita") através de cálculos de refração e empinamento ("shoaling"), feitos em programa de computador e, a seguir, transportadas para a região costeira de Peruibe, para a qual o transporte litorâneo foi calculado pelos modelos de Castanho e de Caldwell (versão primitiva da atual fórmula do CERC).

Na quantificação do transporte litorâneo os dados de entrada foram as características das ondas ao largo (direção de incidência, período T_z e altura significativa) e as características morfológicas do local. Foi adotada a metodologia apresentada em [30].

Como as duas praias (Una e Rio Verde) têm características semelhantes supôs-se que as taxas de transporte em cada uma também seriam semelhantes.

8.4.1 Modelo de Castanho

A expressão da fórmula de Castanho é

$$q_s = \frac{S P_{tl}}{\gamma_s \operatorname{tg} \theta} \quad (20)$$

onde:

q_s - vazão sólida entre a arrebentação e a costa (Kg/s);

P_{tl} - energia transmitida paralelamente à costa na unidade de tempo e por unidade de comprimento de praia (joule/s/m);

γ_s - peso específico do sedimento submerso (m/s^2);

θ - ângulo de talude natural do sedimento submerso;

s - relação entre a energia dissipada por efeito de atrito no fundo e a energia transmitida pela onda ao arrebentar (energia da onda incidente).

O parâmetro S , é, portanto, função dos parâmetros ϵ e A , dados por:

$$\varepsilon = \frac{V}{C \sin \alpha} \quad (21)$$

onde:

V - velocidade da corrente litorânea;

C - celeridade da onda;

α - ângulo de ataque das ondas (ângulo entre a direção da crista e a linha de costa logo antes da arrebatadura)

$$R = \frac{m \delta}{K \operatorname{tg} \alpha} \quad (22)$$

onde:

m - declividade da praia;

δ - esbeltez da onda (relação entre a altura H e o comprimento da onda a uma dada profundidade);

K - coeficiente de atrito, função da rugosidade do fundo.

8.4.2 Modelo de Caldwell

A expressão geral da fórmula de Caldwell em unidades métricas é:

$$q_s = 5,006 P_{tl}^{0.8} \quad (23)$$

onde:

q_s - vazão sólida (m^3/s);

P_{tl} - energia transmitida paralelamente à costa (milhões de joules) na unidade de tempo, por metro de comprimento de praia.

A fórmula é empírica, não homogênea, cujo coeficiente tem a dimensão $M^{-0.8}L^{2.2}T^{1.4}$.

8.4.3 Resultados

Foram utilizados 432 registros de ondas para a estimativa do transporte litorâneo. Os registros de janeiro e março de 83 foram poucos e de qualidade ruim e, por este motivo, foram substituídos pelos registros de fevereiro do mesmo ano já que, de acordo, com [10] os três primeiros meses do ano apresentam características ondulatórias semelhantes.

Em cada mês o intervalo de tempo em segundos (RSN) em que atua cada onda monocromática foi obtido dividindo-se o número de segundos do mês pelo número de ondas daquele mês.

O Quadro 8.5 resume os resultados de transporte litorâneo obtidos para os dois modelos.

A primeira linha do quadro apresenta o valor do transporte litorâneo total, nos dois sentidos da praia.

Os autores consideraram o valor fornecido pelo modelo de Castanho bastante exagerado e atribuem este fato ao resultado obtido para as capacidades de transporte litorâneo das ondas, com ângulos de ataque elevados.

As velocidades de corrente litorânea calculadas para estas ondas são naturalmente elevadas pois dependem fundamentalmente do ângulo de ataque da onda e, em menor grau, da

altura, da celeridade e da profundidade em que a onda arrebenta.

O motivo para que tal acontecesse prende-se à pouca adequação do transporte das características ondulatórias registradas junto à Praia do Leste, em Paranaguá, para o largo, sobretudo das ondas de NE e E, pois estas sofrem alterações de direção devido à sua deformação pelo Banco da Galheta e pelo escoamento através da embocadura (29).

Por esta razão Bandeira e Minardi fizeram uma análise paramétrica da estimativa do transporte litorâneo usando como parâmetro regulador a grandeza física que engloba as características das ondas na arrebentação, sobretudo o ângulo de ataque, qual seja a intensidade da corrente litorânea.

Assim, os cálculos foram refeitos para os mesmos 432 registros de ondas, separando-se os grupos que gerassem correntes litorâneas iguais ou inferiores a 2,0, 1,5 e 1,0 m/s, respectivamente. Estes valores para limites de classe foram fixados tomando por base valores de corrente litorânea pesquisados em literatura e em trabalhos anteriores.

Os novos resultados de transporte litorâneo assim obtidos são também apresentados no Quadro 8.5 que ainda mostra o transporte litorâneo anual para os dois modelos, em valores totais e decompostos nas direções preferenciais de transporte, além da porcentagem do transporte dominante.

altura, da celeridade e da profundidade em que a onda arrebenta.

O motivo para que tal acontecesse prende-se à pouca adequação do transporte das características ondulatórias registradas junto à Praia do Leste, em Paranaguá, para o largo, sobretudo das ondas de NE e E, pois estas sofrem alterações de direção devido à sua deformação pelo Banco da Galheta e pelo escoamento através da embocadura (29).

Por esta razão Bandeira e Minardi fizeram uma análise paramétrica da estimativa do transporte litorâneo usando como parâmetro regulador a grandeza física que engloba as características das ondas na arrebentação, sobretudo o ângulo de ataque, qual seja a intensidade da corrente litorânea.

Assim, os cálculos foram refeitos para os mesmos 432 registros de ondas, separando-se os grupos que gerassem correntes litorâneas iguais ou inferiores a 2,0, 1,5 e 1,0 m/s, respectivamente. Estes valores para limites de classe foram fixados tomando por base valores de corrente litorânea pesquisados em literatura e em trabalhos anteriores.

Os novos resultados de transporte litorâneo assim obtidos são também apresentados no Quadro 8.5 que ainda mostra o transporte litorâneo anual para os dois modelos, em valores totais e decompostos nas direções preferenciais de transporte, além da porcentagem do transporte dominante.

Da observação do quadro pode-se concluir que:

- i) o transporte diminui à medida que diminui a velocidade da corrente litorânea do grupo de ondas com capacidade para realizá-lo;
- ii) o transporte total pelo modelo de Castanho é 84% maior que pelo modelo de Caldwell ; esta relação vai se reduzindo até que, para velocidades da corrente litorânea menores que ou iguais a 1,0 m/s, o modelo de Caldwell apresenta resultado 47% maior . O modelo de Castanho é mais sensível aos grandes valores de intensidade da corrente litorânea;
- iii) o transporte litorâneo é bi-direcional; no entanto é absolutamente claro que a resultante é para SW, com 75% de dominância, em média. Esta conclusão vem confirmar todos os resultados anteriores, obtidos dos estudos com traçadores radioativos e da evolução dos perfis de praia, particularmente junto à embocadura do Rio Una do Prelado, além das indicações preliminares apresentadas no Capítulo 2;
- iv) as correntes reais medidas na região, na zona de arrebatamento e ao largo dela, assunto do Capítulo 7, apresentaram valores sempre inferiores a 1,0 m/s; os máximos registrados situam-se entre 0,7 e 0,8 m/s. Com base nestes valores e nos volumes de material transportado apresentados no Quadro 8.5 acredita-se que uma estimativa bem realista para o transporte litorâneo total ao longo de cada uma das praias do Rio Verde e do Una esteja entre 400000 e 600000 metros cúbicos por ano. Cerca de 75% deste transporte dar-se-á para SW.

Apenas para efeito de comparação numérica, abstraído-se as características ondulatórias e morfológicas de cada local, pode-se mencionar os seguintes valores anuais de taxa de transporte litorâneo em outros trechos da costa brasileira, obtidos por diferentes autores:

- 1000000 m³ por ano em Tramandai, RS; 1311
- 500000 m³ por ano em Paranaguá, PR; 1321
- 800000 m³ por ano na embocadura do Rio Sergipe, SE; 1301
- 600000 m³ por ano ao longo da Praia de Ponta Negra, Natal, RN 1331.

9- CONCLUSOES E SUGESTOES

O trabalho apresentado teve como objetivo principal expor, de modo global, todos os dados colhidos, o modo como foram obtidos, processados e as conclusões que daí resultaram, para uma adequada caracterização hidráulica e sedimentológica do trecho de costa estudado entre Peruibe e Iguape. Além dos resultados obtidos, são também sugeridos outros trabalhos baseados nos dados apresentados e que, apesar de estarem fora dos objetivos desta tese, podem ser de grande interesse para especialistas em hidráulica.

Sendo muito grande a quantidade de dados manuseados torna-se às vezes difícil sintetizar os resultados obtidos e pode, então, passar despercebida alguma consideração importante.

Estudos mais detalhados, que contemplem um número menos amplo de parâmetros, poderão ser de grande valia na melhor compreensão de cada conjunto de fenômenos formadores do sistema e daí, por extensão, do próprio sistema como um todo.

O regime de ventos locais mostrou-se bastante característico.

São ventos brandos a moderados, soprando de terra (predominantemente de W a NW) e do mar (predominantemente de NE a E). As intensidades mais frequentes situam-se entre as classes de 1 a 5 nós (anos de 82 e 83) e de 6 a 10 nós (84). Os ventos dominantes (de maior intensidade) sopram do quadrante sul e a

intensidade máxima fica abaixo de 30 nós. Podem ocorrer rajadas, de duração curta.

A frequência de ocorrência de calmarias é bem distribuída ao longo do ano.

O regime de ventos sofre forte influência da passagem de frentes frias, que estão diretamente associadas com ventos do quadrante sul. O giro é feito no sentido anti-horário.

Durante os anos em que foram registrados os ventos permaneceram soprando de sul numa média de 8,5 horas a cada abatimento de frente; houve casos de duração maior que 24 horas, no entanto, especialmente no inverno, quando as frentes são mais frequentes.

Ao que parece as características fisiográficas locais (grande extensão de costa aberta, com poucos acidentes, circundada por elevações montanhosas) imprimem particularidades ao regime de ventos, ao atuarem como barreiras naturais à sua livre circulação, além de representarem importante fator regulador da pluviosidade.

Estudos mais detalhados poderiam identificar de modo mais definitivo estas particularidades, além de propor justificativas para as mesmas.

Poder-se-ia também estabelecer uma relação quantitativa entre a passagem das frentes e a inversão dos ventos, sua duração e intensidades.

Sugere-se finalmente esclarecer com precisão se teria havido diferenças significativas de comportamento entre os anos de registro e se há possibilidade de se extrapolar estes resultados para períodos de tempo mais longos.

Quanto à caracterização físico-química o corpo d'água mostrou ser estável, bastante homogêneo e típico de um sistema costeiro.

A temperatura apresenta uma nítida variação sazonal; as águas são mais frias em agosto, com temperaturas em torno de 20°C, e mais quentes em fevereiro, com temperaturas em torno de 30°C.

As águas são quase sempre mais quentes na superfície que junto ao fundo; devido à pequena profundidade e ao bom misturamento vertical não foram observadas termoclinas marcadas.

Não foram observadas variações de temperatura ao longo e ao largo da praia.

A salinidade mostra uma constância muito acentuada; não foram observadas variações sazonais ou espaciais, apenas uma indicação de valores médios menores em julho-agosto.

A grande maioria dos valores de salinidade fica em torno de 33,0-34,0 ppm (mg/l); há valores extremos de 25,0-26,0 ppm e de 36,0-37,0 ppm. Os valores muito baixos foram observados especialmente na superfície, em ocasiões de chuvas intensas.

A densidade, calculada com base na temperatura e na

salinidade pela metodologia apresentada por Cox et alli (14), também não apresentou variações significativas. Os valores mantiveram-se entre 25 e 27 unidades sigma (σ).

Foi observada uma pequena tendência de valores de densidade um pouco menores que a média nos meses de verão.

As colunas verticais são bastante homogêneas; não se observou a existência de estratificações estáveis. Houve desvios bruscos dos valores médios para medições na superfície em ocasião de chuvas intensas.

Devido à grande quantidade de dados existentes (650 perfis) o traçado de diagramas T-S deverá resultar num irrepreensível conjunto de informações sobre as características físico-químicas do corpo d'água. Estas informações poderão ser muito úteis em estudos de biologia marinha no local.

A referência (10) considera que, ao largo, em região de águas profundas, o clima de ondas é o mesmo para Paranaguá e para Peruibe.

As ondas locais, na profundidade de 16 metros, foram continuamente registradas entre fevereiro de 82 e janeiro de 86, por um ondógrafo a acelerômetro. A grande maioria dos registros foi analisada no domínio do tempo, utilizando-se o método de Tucker-Draper.

No primeiro ano o período das interseções ascendentes (T_z) variou entre 4 e 13 segundos, sendo de 7 s o valor mais frequente.

Os valores de altura significativa H_s variaram entre 0,3 e 3,7m, sendo de 1,0 m o valor mais frequente (60%).

A altura média quadrática apresentou valores entre 0,2m e 2,7m; valor mais frequente de 0,8m.

A altura média (H_{med}) variou entre 0,2 e 2,5 metros, com os valores mais frequentes de 0,7 e 0,8 metros.

Para a altura máxima (H_{max}) a variação foi de 0,3 a 5,7m, com valor mais frequente de 1,5 m (60%).

A altura $H_{1/10}$ variou entre 0,3 e 4,7 m; o valor mais frequente foi de 1,2 metros.

Ao longo deste ano as ondas mais altas ocorreram em setembro e outubro.

Os valores do ângulo de incidência das ondas, medidos na profundidade de 6 m, ao largo da arrebentação, ficaram compreendidos entre 95° e 185° NV, com 50% deles em 135° NV, ou seja, à esquerda da normal à praia, para observador em terra (o azimute da normal é de 140°).

No ano de 1983 o período das interseções ascendentes ficou compreendido entre 4 e 12 s, sendo de 7 s o valor mais frequente (50%).

Os parâmetros de altura de ondas H_s , H_{rms} , H_{med} , H_{max} e $H_{1/10}$ variaram, respectivamente, entre 0,4 e 4,5 m; 0,3 e 3,3 m; 0,3 e 3,0 m; 0,5 e 7,0 m; 0,5 e 5,6 m. Os valores mais frequentes

foram, respectivamente: 1,0m (42%); 0,8m (63%); 0,6m (58%); 1,5m (35%); 1,2 m (50%).

Tanto neste ano como no anterior os períodos de inverno apresentaram mar frequentemente agitado, com ondas mais curtas e altas. Em agosto de 83 registrou-se uma onda individual de 6,7 m ($H_{MAX} = 7,0$ m).

O ângulo de incidência das ondas variou entre 95 e 155° NV, com a maioria dos valores na classe de 135°, isto é, as ondas provêm de SE.

Para o ano de 84 os valores de T_x ficaram compreendidos entre 4 e 13 s, sendo 7 s novamente o valor mais frequente (50%).

Quanto aos parâmetros de altura de ondas as faixas de variação no ano e os valores mais frequentes foram: H_s - 0,3 a 3,3m (0,6, 1,0, 1,2m, com 25% cada); H_{RMS} - 0,2 a 2,5m (0,8m, 44%); H_{MED} - 0,2 a 2,2m (0,8m, 45%); H_{MAX} - 0,3 a 5,1m (0,8m, 27%); $H_{1/10}$ - 0,3 a 4,2m (0,7 e 1,5m, com 27% cada).

A direção de incidência de ondas variou de 125 a 170° NV, com o valor mais frequente de 130° (36% das ocorrências totalizadas mês a mês). A partir de abril as direções passaram a ser lidas em ponto a SW do anterior, em local de 8,5m de profundidade. Em algumas ocasiões as ondas estiveram um pouco mais ao sul que nas medições anteriores.

Os valores da largura espectral variaram entre 0,1 e 0,9. As larguras mais frequentes são de 0,6 (28,2%) e de

0,5(25,4%). A maioria dos registros é característico de ondulação ("swell"). Quase sempre a arrebentação na praia é do tipo progressiva.

Ao longo do ano de 1985 as classes de valores de T_w variaram de 4 a 13 segundos, sendo de 6,5s a classe de maior frequência anual de ocorrência (26% das observações). O maior T_w foi de 13,3s, ocorrido em novembro, com $H_{MAX}=3,7m$ e $H_s=2,3m$.

Os valores de H_s variaram de 0,2 a 3,2 m, sendo de 0,8m a classe de maior frequência de ocorrência. O maior valor de H_s foi de 3,2 m, ocorrido em agosto, com período de 11,5 segundos.

As classes de H_{MAX} entre 1,0 e 1,8m somaram 58% das observações. O maior valor de H_{MAX} foi de 5,0m, verificado em junho, com período de 8,4s e direção de $160^\circ NV(SSE)$.

O ângulo de incidência das ondas na profundidade de 8,5m variou entre 105° e $174^\circ NV$. As classes de direção mais frequentes foram as de 120° (50%) e 135° (29%).

Os valores de largura espectral também variaram de 0,1 a 0,9, estando 90% deles entre 0,5 e 0,8. As classes mais frequentes são as de 0,6 (34%) e 0,7 (27%). A maioria dos registros caracteriza ondulações.

A análise espectral de 20 registros selecionados por critério de energia e de independência entre eventos (19), escolhidos no período entre 22/02/82 e 31/08/83, mostrou que os períodos de pico variaram de 8 a 15 segundos.

O registro que apresentou a maior ordenada de pico de

energia (449525 cm² * s) foi o de 15:00h de 03/08/83.

A maioria dos registros examinados apresentou características de "swell" puro.

Valores de Hs que poderiam ser tomados como ondas de projeto foram adiantados pelo INPH (19), a saber: Hs=6,9m (T_R=30 anos); Hs=7,2m (T_R=50 anos); Hs=7,7m (T_R= 100 anos).

Para a região de Paranaguá, Bandeira (11) obteve os seguintes valores para ondas extremas: H_{100anos}=5,6m; H_{100anos}=7,1m.

Peruibe apresenta um clima de ondas bem regular, com maioria de ondulações. As ondas incidem predominantemente de SE a SSE e, dado o alinhamento NE-SW da costa, tendem a induzir correntes orientadas para SW. A passagem de frentes frias, mais frequentes em época de inverno, deixa o mar bastante agitado, não sendo incomuns ressacas violentas.

Estudos estatísticos de alturas extremas de ondas seriam muito interessantes, do mesmo modo que a análise espectral de um número maior de registros para caracterização do clima de ondas no domínio da frequência.

Comparações de resposta pelos dois métodos (domínio do tempo e da frequência), utilizando a grande quantidade de dados reais existentes, poderão trazer novos conhecimentos ao campo da análise da agitação marítima.

As marés foram registradas continuamente próximo à embocadura do Rio Peruibe (local que se mostrou afetado pelo

escoamento fluvial) entre janeiro de 82 e janeiro de 83, e na Ilha do Guaraú entre dezembro de 82 e agosto de 84.

As marés locais são semi-diurnas, com desigualdades diurnas, segundo o critério de Courtier (ou pela simples observação dos maregramas).

As ondas de maré são bem regulares, e os registros mantiveram-se coerentes com previsões realizadas pela DHN a partir de registros colhidos por esta instituição em Peruibe e na Ilha do Guaraú.

As amplitudes situam-se em torno de 1,5m em sizigia e em torno de 0,80m em quadratura, e as curvas obtidas para as marés de sizigia são geralmente mais bem definidas que as de quadratura.

As marés astronômicas, no entanto, estão sujeitas a fortes componentes meteorológicas, que podem ser muito importantes na imposição de sobrelevações (houve casos de mais de um metro) em relação aos valores de previsão. Casos exemplares deste comportamento foram observados tanto para Peruibe quanto para a Ilha do Guaraú.

Com base em valores horários das previsões para 82 e 83 (Ilha do Guaraú) e em dados meteorológicos obtidos pela CESP na Praia do Una entre março/81 e julho/82 foi realizado pela COPPE [22] um estudo estatístico de níveis de maré máximos e mínimos. Estes estudos, considerados preliminares, mostraram que os valores máximos de sobrelevação, para períodos de recorrência que

vão de 10 até 500 anos, são da mesma ordem de grandeza de valores reais registrados.

Sugere-se, por exemplo, a realização de novos estudos estatísticos, com dados reais, para a obtenção dos níveis máximos e mínimos do plano d'água. Acoplado a estudos das ondas extremas (também com base em dados reais), eles poderão determinar os valores das cotas máximas e mínimas a serem tomadas nos projetos de engenharia.

As correntes foram medidas por métodos eulerianos (correntômetros em perfilagens verticais e correntógrafos fundeados) e métodos lagrangeanos (cartões de deriva e advecção de mancha de traçadores radioativos).

As informações produzidas pelos vários processos mostraram-se coerentes entre elas e permitiram uma caracterização bastante adequada do campo de correntes na área.

Não foram observadas variações sazonais das correntes, ou seja, as estações do ano não exercem grande influência sobre o panorama de circulação local.

As correntes estão geralmente orientadas para SW, nos diversos níveis de profundidade, condição paralela à praia e às isóbatas de 5, 10 e 20 metros. As intensidades nestas circunstâncias podem atingir 70 a 80 cm/s.

Em situações pré-frontais e frontais as correntes se reorientam para NE, num giro anti-horário geralmente rápido. As

intensidades se mantêm elevadas (80 cm/s) e o retorno à condição de bom tempo se faz no sentido horário. As inversões estão intimamente associadas com ventos mais intensos do quadrante sul, que podem ter uma permanência de mais de 24 horas.

Não foram verificadas variações espaciais das correntes, ou seja, as condições de circulação nos diversos pontos monitorados praticamente não variam ao longo e ao largo da costa.

As correntes mostraram-se geralmente mais velozes na superfície que no fundo passando por valores intermediários a meia-profundidade.

As marés têm pouca importância na circulação local, fato que poderá ser quantificado por um estudo de correlação entre os dois fenômenos.

Os agentes principais são os ventos e as ondas. Os primeiros são responsáveis pelas derivas locais e pela reorientação das correntes para NE.

As ondas são responsáveis pelas correntes de transporte de massa e, por sua direção de ataque oblíquo à praia, pela geração das correntes litorâneas orientadas predominantemente para SW.

Estudos de correlação entre estes dois agentes e as correntes locais poderão ser de grande valia na definição dessa interdependência.

Devido à expressiva série histórica de dados de corrente pode-se ainda realizar estudos de análise espectral de grande importância no entendimento da circulação local do ponto de vista dos espectros de potência.

Foram realizadas duas campanhas de medição de coeficientes de dispersão horizontais no protótipo, para calibração de modelos de simulação da advecção e dispersão de efluentes térmicos na área entre as estruturas de tomada e descarga de água de refrigeração [27].

Para a simulação do comportamento dos efluentes no campo afastado da descarga foram utilizados traçadores radioativos ($Br-82$) e os coeficientes medidos são semelhantes a valores de literatura e de outros experimentos realizados pelo CDTN em pontos diversos da costa brasileira.

A análise dos resultados mostrou a necessidade de confirmar a influência das variações das condições de mar sobre os valores dos parâmetros, e a necessidade de empregar alternativas de simulação usando modelos que admitissem transientes, pois as condições de estacionariedade supostas não são exatamente corretas.

O transporte advectivo mostrou-se geralmente paralelo à praia e como ocorreram inversões de sentido (de SW para NE) ficou demonstrada a possibilidade de haver recirculação térmica, já que se previa localizar a descarga a SW da tomada de água.

Os estudos sedimentológicos realizados foram: coletas

de amostras de sedimentos do fundo, no inverno e no verão, e respectivas análises granulométricas; acompanhamento da evolução dos perfis de praia; estudo do transporte por arraste junto ao fundo, com a aplicação de traçador radioativo (Ir-192); estimativa do transporte litorâneo.

Foram colhidas cerca de 200 amostras de sedimento de fundo em duas campanhas.

Os valores do coeficiente de gradação próximos à unidade mostram que a maioria das amostras é bem triada, exceto aquelas do estirâncio da praia.

Os diâmetros medianos entre 0,088 mm e 0,125 mm mostram que a maioria das amostras é de areia fina. Apenas 7 amostras de cada campanha apresentaram teores de finos (silte-argila).

Por seu pequeno diâmetro o material que compõe o fundo tende a apresentar grande mobilidade

Os perfis de praia foram levantados desde o Porto do Prelado, na Praia da Juréia, até o Morro da Pescaria, na extremidade NE da Praia do Una, no verão de 81 e no inverno de 82, numa extensão aproximada de 40 km.

No período em consideração prevaleceram os processos erosivos. As declividades dos perfis não variam muito entre o verão e o inverno.

O trecho NE da Praia do Rio Verde apresentou declividades sistematicamente maiores que as dos demais trechos levantados.

A formação de depósitos sedimentares a NE das embocaduras dos cursos d'água, especialmente o assoreamento na margem direita do Rio Una do Prelado (40000 m³), indica que a direção predominante do transporte litorâneo é para SW.

Foram realizadas campanhas de verão e de inverno para o estudo do transporte de sedimentos por arraste junto ao fundo, ao largo da arrebentação. Os estudos em verão mostraram resultados melhores, especialmente em termos quantitativos, que os de inverno.

Conclusões importantes foram:

- o agente hidráulico predominante são as ondas;
- a taxa de transporte estimada para o verão foi de 150 kg/m/dia, na direção frontal à praia ("onshore");
- estima-se que o limite ao largo do transporte litorâneo situe-se numa faixa entre 700 e 1400 m da costa, em profundidades de 6 a 7 m; a componente litorânea mostrou-se orientada para SW;
- em condições de mar agitado o transporte frontal tende a se orientar para o largo ("offshore");
- parte do material de fundo pode ser colocado em suspensão, e o transporte se dá no seio da massa líquida, por ação da circulação costeira.

Com base em 432 registros de ondas de Paranaguá (1972 e 1973), cujas características foram transpostas para Peruibe através de cálculos de refração e "shoaling", foram feitas estimativas do transporte litorâneo ao longo das praias do Una e

do Rio Verde (29), aplicando-se os modelos de Castanho e de Caldwell.

As principais conclusões dos estudos foram:

- o transporte litorâneo é bi-direcional, mas a resultante é claramente para SW, com 75% de dominância;
- com base nos resultados dos modelos e nas intensidades máximas de corrente medidas na região (80 cm/s) pode-se estimar que o transporte litorâneo se situe numa faixa entre 400000 e 600000 metros cúbicos por ano; esta faixa é compatível com outros estudos em trechos diversos da costa brasileira (30), (31), (32), (33).

O grande número de dados locais de onda, mais os levantamentos batimétricos existentes, poderão ser usados para um cálculo mais preciso do transporte litorâneo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

111. SELEÇÃO de locais para centrais nucleares- 1300MWe - PWR. Relatório NUCLEN BP-B/6501- 20000. São Paulo. Outubro, 1980
121. PROPOSTA para a realização de estudo de seleção de locais das Centrais Nucleares 4 e 5. Proposta SUPED/CDTN. Belo Horizonte. Maio, 1981
131. BANDEIRA, J.V. Estudos de Hidráulica Marítima e Engenharia de Costas necessários à localização de instalações nucleares junto à costa. Nota Técnica DERL.PD - 017/81. CDTN. Belo Horizonte. Agosto, 1981
141. PINTO, F.C. Caracterização da infra-estrutura física e social da cidade de Peruipe - SP. Relatório DERL.PD - 034/81 . CDTN. Belo Horizonte. Outubro, 1981
151. RELATÓRIO final da Operação 6.081 PROMON/DER-SP. São Paulo. Agosto, 1970
161. APROVEITAMENTO dos recursos hídricos da bacia do rio Juquiá. Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Relatório RT 073-A001. São Paulo. Outubro, 1980
171. DRUMOND, M.M., MARTINS, F.C.C., BRANCO, D.E.A. Considerações preliminares sobre a hidrologia da área em estudo para implantação das usinas 4 e 5. Nota

Técnica DERL.PD - 019/81. CDTN. Belo Horizonte.
Setembro, 1981

181. BANDEIRA, J.V., AUN, P.E., SOUZA, R.C. de Análise Preliminar de dados oceanográficos da região entre Peruíbe e Barra do Ribeira, no litoral sul do Estado de São Paulo. Relatório DERL. PD - 030/81. CDTN. Belo Horizonte. Agosto, 1981
191. DIAGNÓSTICO da 2ª Região Administrativa do Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo. Setembro, 1972
1101. SEA & SWELL CHARTS. U.S. Navy Hydrographic Office. Washington, D.C. 1948
1111. BANDEIRA, J.V. Estudo estatístico das ondas ao largo da Baía de Paranaquá. Porto Alegre, 1974. /Tese de mestrado - IPH da UFRGS/
1121. WORLD ATLAS OF SEA SURFACE TEMPERATURES. J. Mar. Res., 6 (3): 264-68, Dezembro, 1947.
1131. RELATÓRIO de progresso da campanha de medições oceanográficas na região das praias do Una e do Rio Verde, no litoral sul do Estado de São Paulo. Relatórios DERL. PD - 022/82 (maio, 1982); 033/82 (agosto, 1982); 043/82 (novembro, 1982); 003/83 (março, 1983); 007/83 (junho, 1983); 014/83 (agosto, 1983); 023/83 (novembro, 1983); 005/84 (janeiro, 1984); 014/84 (junho, 1984); 006/85 (janeiro, 1985); 010/85

(maio, 1985). CDTN. Belo Horizonte. Vols I a XI.

1141. COX, R.A., Mc CARTNEY, M.J., CULKIN, F. The specific gravity/salinity/temperature relationship in natural sea water. Deep-Sea Research, 17: 679-689. Pergamon Press, London, 1970.
1151. EMILSSON, I., The shelf and coastal waters of southern Brazil. Bol. Inst. Oceanográfico, 11: 101-112. S. Paulo, 1961.
1161. VAN BREUGEL, J.G.A., GERRITZEN, P.L. Operation and Service Manual for the Waverider. Datawell bv. Haarlem, Netherlands, 1982.
1171. MELO FILHO, E. Investigações sobre a análise da agitação marítima. Rio de Janeiro, 1982. /Tese de Mestrado - COPPE /UFRJ/
1181. DRAPER, L. The analysis and presentation of wave data. A plea for uniformity. Proceedings, 10th Conference on Coastal Engineering, ASCE, 1:1-11. Tokyo, 1966.
1191. ESTUDO de ondas em Peruibe-SP. Análise espectral de vinte registros selecionados. Instituto de Pesquisas Hidroviárias - INPH/PORTOBRAS. Relatório 19/84 - Peruibe - 730/01. 3 Vols. Rio de Janeiro, Fevereiro, 1984.
1201. MEDIÇÕES de ondas na região de Iguape - SP - Período de 01/01/84 a 31/12/84. Instituto de Pesquisas

- Hidroviárias - INPH/PORTOBRAS. Relatório 60/86 - Iguape - 730/02. Rio de Janeiro. Maio, 1986.
1211. MEDIÇÕES de ondas na região de Iguape - SP - Período de 01/01/85 a 31/12/85. Instituto de Pesquisas Hidroviárias - INPH/PORTOBRAS. Relatório 26/88 - Iguape - 730/03. Rio de Janeiro. Março, 1988.
1221. ESTUDO estatístico de marés meteorológicas. Área de Engenharia Costeira/PEND/COPPE - UFRJ. Relatório ET-1773. Rio de Janeiro. Novembro, 1982.
1231. BOMTEMPO, V.L. Considerações sobre a variação do nível do mar conforme observado na Ilha do Guaraú no período entre 31/01/83 e 08/02/83. Nota Técnica interna. CDTN. Belo Horizonte. Setembro, 1983.
1241. BOMTEMPO, V.L., BANDEIRA, J.V. Oceanografia Física II em Curso de Projeto e Monitoramento de Emissários Submarinos. CDTN/CNEN-PETROBRAS. Belo Horizonte. Novembro, 1990.
1251. SHORE Protection Manual. Coastal Engineering Research Center. U.S. Army Corps of Engineers. Vols. I and II. Vicksburg, Mississippi, 4th Edition, 1984.
1261. COURTOIS, G., SAUZAY, G. Les méthodes de bilan des taux de comptage des traceurs radioactifs appliquées à la mesure des débits massiques de charriage. La Houille Blanche, 3. Paris, 1966.

1271. MOREIRA, R.M. Modelagem matemática da dispersão dos efluentes térmicos de centrais nucleares no oceano na região da Ponta do Grajaúna. Relatório DERL.PD-002/82. Belo Horizonte. Janeiro, 1982.
1281. MOREIRA, R.M., BANDEIRA, J.V., BOMTEMPO, V.L. Estudo para o descarte de efluentes da ETO de Cabiúnas (Macaé, RJ) através de emissário submarino. Relatório Final. Vol.I. Contrato 3.824.078.0.89 PETROBRAS/CDTN. Belo Horizonte. Junho, 1990.
1291. BANDEIRA, J.V., MINARDI, P.S.P. Estimativa do transporte litorâneo no litoral sul do Estado de São Paulo, nas vizinhanças do Morro do Grajaúna. Nota Técnica DERL.PD-016/82. CDTN. Belo Horizonte. Dezembro, 1982.
1301. BANDEIRA, J.V. Estimativa do transporte litorâneo em torno da embocadura do Rio Sergipe. Belo Horizonte, 1972. /Tese de Mestrado - IPR/UFMG/.
1311. PITOMBEIRA, E.S. Estimativa do volume anual de transporte litorâneo na costa do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1975. /Tese de Mestrado - IPH/UFRGS/.
1321. MACARINI, P. Estimativa do transporte litorâneo na região costeira de Paranaquá, PR. Porto Alegre, 1973/74. Comunicação pessoal ao IPH/UFRGS.
1331. de SOUZA, E.M.S.V. Os métodos de cálculo do transporte litorâneo e sua aplicação ao litoral de Natal, RN. Rio de Janeiro, 1980. /Tese de Mestrado - COPPE/UFRJ/.