

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

SEDIMENTAÇÃO E MORFOLOGIA DO FUNDO DA PLATAFORMA CONTINENTAL
INTERNA NAS PROXIMIDADES DA ILHA DO CABO FRIO - RJ

AGENOR CUNHA DA SILVA

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO REQUI-
SITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA..

Rio de Janeiro
setembro - 1985

TES
0737

FICHA CATALOGRÁFICA

CUNHA DA SILVA, AGENOR

Sedimentação e Morfologia do Fundo da Plataforma Continental Interna nas Proximidades da Ilha do Cabo Frio - RJ. [Rio de Janeiro] 1985. .

XIII, 126 p. 29,7 cm (Instituto de Geociências-UFRJ, M.Sc., Programa de Pós-Graduação em Geografia , 1985).

Tese - Univ. Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Geociências.

1. Sedimentação e Morfologia do Fundo da Plataforma Continental Interna nas Proximidades da Ilha do Cabo Frio - RJ. I - IG/UFRJ II - Título (série).

Aos meus pais, esposa e
filhos com gratidão.

AGRADECIMENTOS

Ao relacionar os nomes das pessoas e entidades a quem devo colaborações, opiniões e orientações recebidas no decorrer deste estudo, devo atentar para possíveis omissões que involuntariamente venham a ser registradas, estendendo também a estas pessoas os meus sinceros agradecimentos.

Agradeço:

- Ao Professor Doutor Dieter Muehe (UFRJ), que de forma paciente e dedicada me orientou ao longo desta tese.
- Ao Professor Doutor Jorge Xavier da Silva (UFRJ) pelos ensinamentos básicos recebidos, principalmente na área da Geografia Quantitativa.
- À Professora Doutora Maria do Carmo Corrêa Galvão (UFRJ) pelo inestimável apoio e incentivo recebido em um momento decisivo para a conclusão deste estudo.
- Ao Físico Doutor Marcio Luiz Vianna do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira, pelo valioso apoio recebido.
- Ao Professor e amigo Antonio José Teixeira Guerra (UFRJ) pelas orientações recebidas.
- Ao Físico Fernando de Souza e Dias do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, pelas valiosas observações.
- Ao Meteorologista Audálio Rebelo Torres e esposa, a bióloga Ana Cristina Borges Fernandes, do Inst.de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira, pelo apoio e orientações fundamentais, sem os quais provavelmente não teria sido possível, desta forma, concluir este estudo.
- A amiga Geógrafa Inalda Maria Barbosa, do Ministério da Marinha, pelas sugestões e apoio recebidos durante todo o trabalho.

- À amiga Bióloga Maria Flávia Sabóia e esposo, Comandante Roberto Lima pelas valiosas críticas, apoio e sugestões, principalmente na feição final deste estudo.
- Ao Professor Carlos Eduardo Parente Ribeiro (COPPE), Simone Baccellar Leal Ferreira (Oceanógrafa - DHN), Neusa Maria Costa Mafra (Geógrafa - UERJ), Christian E. Dobereinner (INPH).
- Ao Comandante Carlos Ferreira da Silva(DHN).
- Aos Almirantes Fernando Freitas Mendonça, Alberico Boissón Moraes e ao CMG Emanuel Gamma de Almeida que na direção do IPQM e INEM, ao apoio e interesses demonstrados.
- Ao saudoso Almirante Paulo de Castro Moreira da Silva.

RESUMO

Processos de sedimentação e as mudanças da topografia do fundo e a distribuição textural dos sedimentos superficiais da plataforma continental interna nas proximidades da Ilha do Cabo Frio são analisados neste estudo.

A fim de determinar os processos de sedimentação e as mudanças da topografia do fundo, os principais aspectos texturais da distribuição dos sedimentos da plataforma continental interna nas proximidades de Cabo Frio são analisados. Para tanto amostragens de batimetria e de sedimentos foram efetuadas em duas ocasiões com intervalo de tempo de um ano (1981 - 1982). Modificações topográficas do fundo relacionadas a eventos de erosão e de deposição foram pesquisados desde a amostragem mais recente até 1936. Áreas de erosão e de deposição foram identificadas. Baseado nas variações dos parâmetros ambientais, diferentes ambientes deposicionais foram localizados e possíveis padrões de circulação foram sugeridos no sentido de facilitar a compreensão das modificações registradas entre as duas épocas de amostragens. Em termos práticos a área de baixa energia no lado protegido da Ilha do Cabo Frio apresentou maiores modificações topográficas e sedimentológicas do que as áreas abertas ao oceano e de maior energia.

ABSTRACT

Sedimentation processes and changes of bottom topography and texture of surface sediments of the inner continental shelf in the vicinity of Cabo Frio are analysed. Bathymetry and sediment sampling were realized in two different occasions with a time interval of one year (1981-1982). Modifications of bottom topography due to erosional and depositional events were followed from critical data since 1936. Their areas of erosion and deposition were identified. Based on a variety of environmental parameters different depositional environments were localized and a pattern of bottom circulation is suggested to help the understanding of the modifications observed between sampling times. In a practical sense, the area of low energy on the lee side of the Cabo Frio island shows stronger modifications of topography and sediment distribution than the areas exposed to the open ocean.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. ÁREA DE ESTUDO	5
2.1. Aspectos Regionais	6
2.2. Aspectos Locais	9
2.2.1. Parte Interna	10
2.2.2. Parte Externa	12
3. METODOLOGIA	13
3.1. Trabalhos de Campo	13
3.1.1. Coleta dos Sedimentos	14
3.2. Trabalhos de Laboratório	15
3.2.1. Tratamento das Amostras	15
3.2.2. Peneiramento	16
3.3. Processamento de Dados	16
3.3.1. Granulometria	17
a) Diâmetro Médio	20
b) Desvio Padrão	21
c) Assimetria	21
d) Curtose	22
3.3.2. Variáveis Ambientais	23
a) Obtenção dos Dados	24
b) Análise dos Dados	25
- Ventos	25
- Ondas	27
- Correntes	33
4. RESULTADOS OBTIDOS	39
4.1. Granulométricos	44
4.1.1. Diâmetro Médio	48
4.1.2. Selecionamento	55

	Página
4.1.3. Assimetria	58
4.2. Biodetríticos	60
4.3. Batimétricos	65
4.3.1. Variações de Fundo (Marés)	65
4.3.2. Mapeamentos	66
4.3.3. Evolução do Fundo (Perfis)	78
5. DISCUSSÃO E DELIMITAÇÃO DOS PRINCIPAIS AM BIENTES E SUB-AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO ...	88
6. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES	96
7. CONCLUSÕES	101
8. BIBLIOGRAFIA.....	105
9. ANEXOS	112

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Aspecto Geral da Área	5
2 - Direção dos Ventos	7
3 - Litoral do Estado do Rio de Janeiro	9
4 - Parte Interna	11
5 - Parte Externa	12
6 - Locais de Coleta dos Sedimentos	14
7 - Relacionamento das Escalas Granulométricas	18
8 - Comportamento dos Ventos durante as Campanhas de Coleta dos Sedimentos	26
9 - Comportamento dos Ventos em 1982	27
10 - Comportamento das Ondas em 1982	29
11 - Velocidade Orbital das Ondas	31
12 - Transporte por Ondas	32
13 - Correntes (Velocidade 1982)	33
14 - Esquema de Instalação do Correntógrafo	34
15 - Diagrama de Velocidades críticas	35
16 - Direção das Correntes na Parte Interna	36
17 - Transporte por Correntes	37
18 - Representação Geral das Curvas de Distribuição Gra nulométrica	45
19 - Curvas de Distribuição Granulométrica para cada Am biente analisado	46
20 - Distribuição dos Valores dos Diâmetros Médios dos Grãos	49
21 - Distribuição dos Valores Diferenciais dos Diâme- tros Médios dos Grãos	52

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 22 - Distribuição dos Valores Médios dos Diâmetros Médios dos Grãos	54
23 - Distribuição dos Valores dos Desvios Padrões Seleccionamento	55
24 - Distribuição dos Valores Diferenciais do Seleccionamento	57
25 - Distribuição dos Valores de Assimetria	59
26 - Distribuição dos Valores Percentuais de Concentração de Biodetritos	61
27 - Distribuição dos Valores Diferenciais dos Percentuais de Concentração de Biodetritos	63
28 - Distribuição dos Valores Médios dos Percentuais de Concentração de Biodetritos	64
29 - Plotagem das Diferenças entre os Níveis de Marés de 1981 e 1982	66
30 - Distribuição dos Valores de Batimetria das Medições Realizadas	67
31 - Distribuição dos Valores de Batimetria do "Sirius"	68
32 - Visões em Perspectiva Tridimensional da Plataforma Continental da Área de Estudos	70
33 - Distribuição dos Valores Batimétricos Diferenciais entre fev/1981 e jan/1982	71
34 - Localização das Áreas de Dragagem, Despejo e Assoreamento "Anormal"	73
35 - Distribuição dos Valores Batimétricos Diferenciais entre jan/1982 e jun/1982	74

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 36 - Distribuição dos Valores Batimétricos Diferenciais entre fev/1981 e jun/1982	76
37 - Distribuição dos Valores Médios de Batimetria	77
38 - Evolução das Cotas Batimétricas de 3, 5, 10 e 20m desde 1936 até junho de 1982	79
39 - Evolução Conjunta das Cotas Batimétricas desde 1936	81
40 - Perfil nº 1: Transversal ao Canal do Boqueirão ..	83
41 - Perfil nº 2: Transversal ao Canal do Boqueirão ..	84
42 - Perfil nº 3: Longitudinal ao Canal do Boqueirão .	85
43 - Diagramas de Regressão entre os Valores do Diâmetro Médio de cada Campanha de Amostragem	89
44 - Diagramas de Distribuição dos Diâmetros Médios e dos Desvios Padrões nos Ambientes de Sedimentação.	91
45 - Diagramas de Distribuição dos Tipos Granulométricos para a Parte Interna e Externa	92
46 - Distribuição dos Sub-Ambientes de Sedimentação ...	95
47 - Distribuição dos Valores de Tendência calculados para cada época de Amostragem dos Sedimentos	97
48 - Tipos de Circulação de Fundo relacionados às épocas de Amostragens dos Sedimentos	98

LISTA DE TÁBELAS

	Página
TABELA 1 - Dados de 1981.....	40
TABELA 2 - Dados de 1982.....	41
TABELA 3 - Diferenças 1981/1982.....	42
TABELA 4 - Valores Médios entre 1981 e 1982.....	43
TABELA 5 - Tipos de Sedimentos - Freqüências % de área.....	51
TABELA 6 - Valores Granulométricos (MZ) e Aspectos Geográficos dos Subambientes de Sedimentação.....	93

1. INTRODUÇÃO

De maneira geral, os estudos dos processos de formas resultantes dos padrões de distribuição dos sedimentos, que caracterizam a morfologia da plataforma continental interna dos oceanos, não vêm acompanhando, em termos de conhecimento, os mesmos níveis de evolução que sistemas processo-resposta, típicos da geomorfologia continental.

A repetitividade dos processos que atuam na crosta terrestre, neste contexto, vêm sendo estudados com frequência bem superior aos que ocorrem nos oceanos (GIESE, 1978). Ainda segundo GIESE, a maior facilidade de acesso aos locais de observação, que permite um acompanhamento mais íntimo da evolução destes processos, a ponto de ser possível inclusive determinar com precisão a taxa de variação com que atuam, constitui-se num dos fatos determinantes, que contribuem para a existência desta disparidade.

Mais especificamente, tem sido observado que grande parte dos trabalhos de geomorfologia e sedimentologia marinha, na região da plataforma continental interna, limitam-se a caracterizar os tipos de fundo a partir de uma única campanha de amostragem, e poucas vezes abordam os processos deposicionais relacionados aos padrões de distribuição dos tipos dos sedimentos catalogados (MUEHE e SUCHAROV, 1981).

Na realidade, esta situação decorre em parte devido aos altos custos que envolvem os trabalhos de obtenção dos dados, e em parte pela própria dificuldade em realizar coletas de sedimentos nas áreas mais rasas da plataforma, o que normalmente exige embarcações e equipamentos adequados para operar nestes locais.

Complementando este quadro, é frequente encontrar-se trabalhos que chegam a extrapolar para as áreas mais próximas da linha de costa características de distribuições texturais relativas a sedimentos coletados fora dos limites da plataforma continental interna. Tais inferências, geralmente não correspondem à realidade, principalmente por tratar-se de uma região quase sempre submetida a condições hidrodinâmicas mais intensas, não apresentando por conseguinte a estabilidade que implicitamente lhe é atribuída.

No Brasil a realização de levantamentos dos tipos de fundo ocorrem na maior parte das vezes em nível de reconhecimento, fornecendo como resultado frequentemente um quadro estatístico da topografia e da distribuição dos sedimentos, cuja validade necessita ser verificada e atualizada.

Os primeiros levantamentos sobre os tipos de fundo da plataforma continental interna brasileira, aparentemente iniciaram-se com os estudos realizados por OTTMAN (1959). Apesar das poucas informações existentes, sabe-se que estes estudos foram desenvolvidos nas proximidades do Rio Amazonas, a partir de levantamentos efetuados por um navio japonês quando encontrava-se naquela região.

Importantes são também os mapeamentos dos tipos de fundo que podem ser encontrados no Atlas Nacional Escolar do MEC onde através de um reconhecimento preliminar da margem continental brasileira e de seu fundo marinho é mostrado de maneira generalizada.

Diversos pesquisadores (MABESOONE & TINOCO, 1965; COUTINHO & MORAIS, 1970) a bordo de navios da SUDENE e da Marinha Brasileira, vêm igualmente descrevendo os tipos de fundo do nosso litoral. Ainda que não sistematicamente, estas descrições for

necem em uma primeira aproximação indicações relevantes sobre as distribuições dos sedimentos em diversos pontos da costa.

Dentro deste contexto a contribuição fornecida por projetos de pesquisas voltados para o conhecimento do fundo marinho são cada vez mais importantes. O Programa de Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira (REMAC), levado a cabo na década de 1970 representa um dos maiores passos dados para a pesquisa de fundo oceânico. Após ter alcançado com êxito os objetivos iniciais de coleta e processamento de diversos dados geológicos e oceanográficos, este projeto legou importantes informações através de publicações e mapas de várias regiões do litoral brasileiro.

Ainda assim, a carência de estudos voltados para a interpretação e compreensão dos processos deposicionais, a partir da aplicação da sedimentologia, associada à análise de outros parâmetros ambientais, constitui-se numa lacuna que vem despertando atenção de estudiosos neste campo de pesquisa.

Estudos realizados no litoral paranaense, nas praias de Matinho e Caiobá (BIGARELLA et al, 1966), podem ser considerados uma das tentativas pioneiras e válidas de aplicação de estudos sedimentológicos conjugados a parâmetros ambientais para uma compreensão mais efetiva dos processos deposicionais. Neles, além de serem apresentados aspectos relacionados à distribuição dos sedimentos praias, são também considerados a ação das ondas e correntes para determinar perfís de equilíbrio em função de movimentações cíclicas dos grãos, quando a penetração de frentes frias provoca mudanças no estado de tempo da região.

Da mesma forma, inúmeros trabalhos publicados na Revista Brasileira de Geociências, como a descrição detalhada dos

aspectos geológicos relativos à caracterização dos sedimentos da região da Baía de Todos os Santos, no litoral do Estado da Bahia, apresentada por VILAS BOAS et al (1979), constitui uma relevante contribuição ao desenvolvimento de estudos de sedimentologia em ambientes da plataforma continental interna. Igualmente, aqueles desenvolvidos por MACEDO (1977), visando a criação de modelos de sedimentação, a partir de levantamentos e análises da granulometria da Baía de Todos os Santos, devem ser considerados, não só como uma contribuição para a sedimentologia, mas também para a solução de problemas relacionados à interpretação de ambientes pretéritos e conseqüentemente para o conhecimento mais detalhado da própria evolução dos processos deposicionais nestas áreas.

Mais recentemente, estudos semelhantes, foram desenvolvidos por MUEHE e SUCHAROV (1981) na plataforma continental interna da região de Maricá, RJ. Além de abordar os processos dinâmicos de sedimentação, a partir de análises conjugadas da ação de ondas e correntes sobre o fundo marinho, nas proximidades da Ilha de Maricá, com vista a determinar a erosão e o transporte dos sedimentos, é também apresentada uma análise crítica relacionada à inexistência de observações a longo prazo, que se fazem necessárias para uma avaliação mais rigorosa do comportamento dos sedimentos da plataforma continental interna.

Considerando-se tais evidências, este trabalho representa, não somente uma tentativa de demonstrar a distribuição dos sedimentos da plataforma continental interna da região de Cabo Frio, mas também a de inferir, em função de variáveis oceanográficas e ambientais, o transporte de sedimentos e as mudanças associadas a topografia do fundo num dado intervalo de tempo.

2. ÁREA DE ESTUDO

Um Cabo é definido dentro da nomenclatura geográfica como a parte saliente da costa de regular altitude que avança em direção ao mar (GUERRA, 1975). A região de Cabo Frio (Fig.1), além

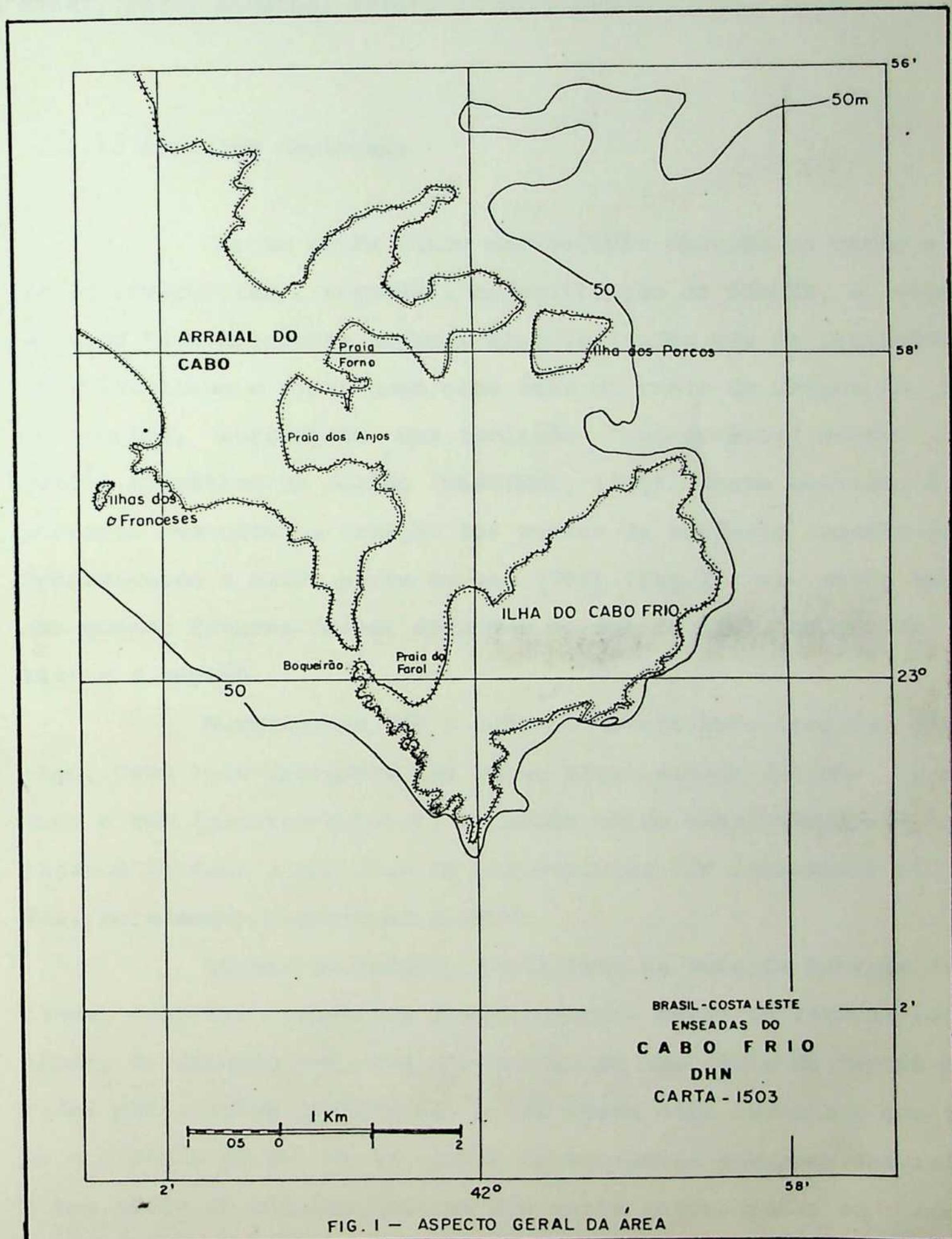


FIG. 1 - ASPECTO GERAL DA ÁREA

de enquadrar-se nesta definição, pode também ser considerada como "zona de transição", na medida em que diversos aspectos ambientais relacionados a sua geomorfologia destacam e individualizam esta parte do resto do litoral brasileiro (ASMUS, 1978; BARBIÉRI, 1975; ALMEIDA, 1976).

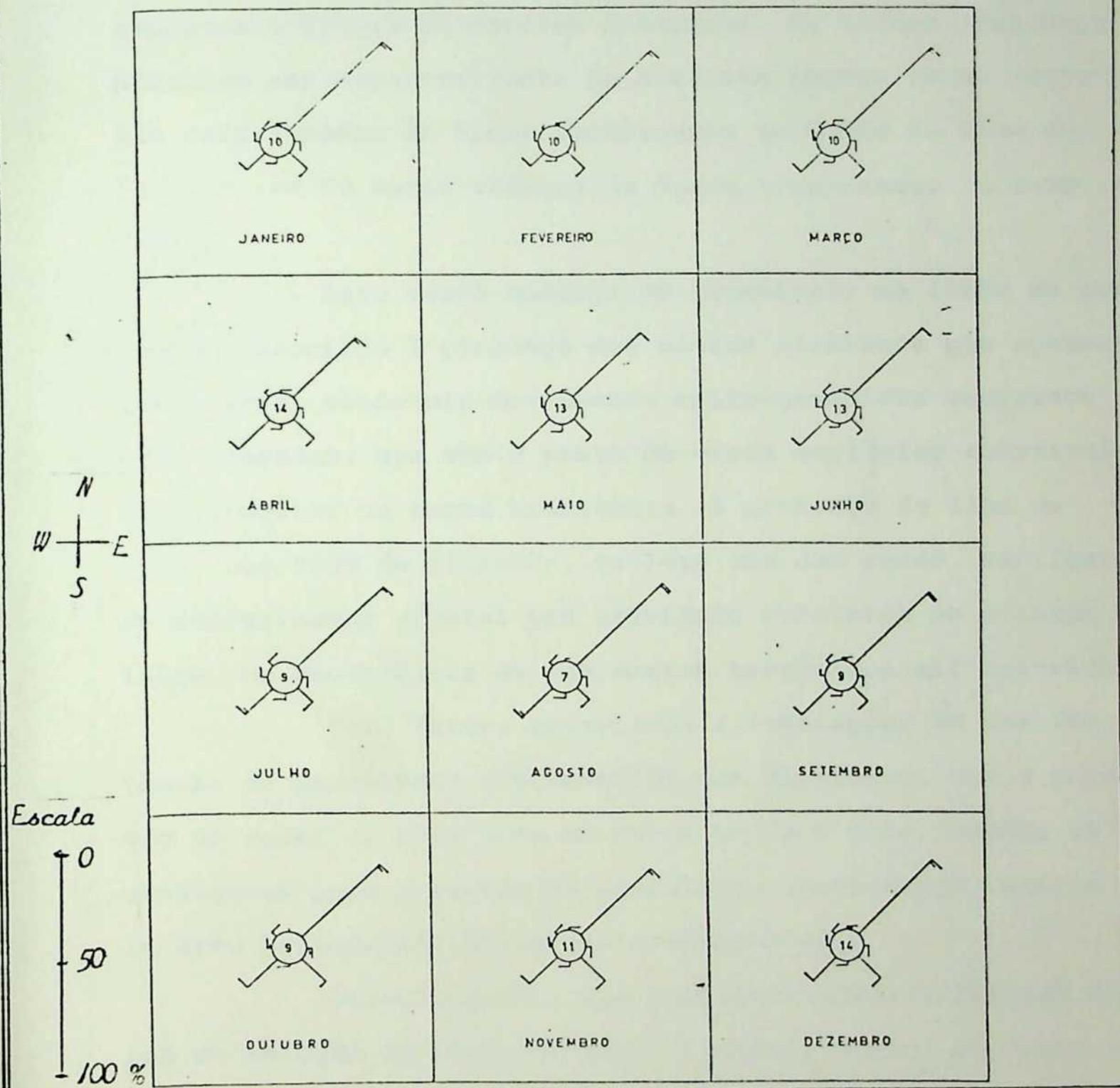
2.1. Aspectos Regionais

Com um clima úmido com estação chuvosa no verão e seca de inverno (AM), segundo a classificação de KÖPPEN, a região de Cabo Frio apresenta algumas singularidades que na realidade a individualizam e distinguem esta área do resto do Estado do Rio de Janeiro, atribuindo uma condição "sui-generis" dentro do quadro climático da região (BARBIÉRI, 1975). Neste sentido, é importante ressaltar a atuação dos ventos de nordeste naquela área. Predominando a maior parte do ano (70%) (Fig.2), ele cessa apenas quando frentes frias, oriundas do sul do país, conseguem atingir a região.

Normalmente sob a ação do Anticiclone Tropical Marítimo, Cabo Frio apresenta uma baixa pluviosidade durante quase todo o ano (janeiro-agosto), e também baixa nebulosidade. A insolação é intensa e por isto as temperaturas são igualmente elevadas, geralmente superiores a 20°C.

Quanto ao relevo, localizado na zona da baixada litorânea, Cabo Frio constitui limite natural entre um litoral retilíneo, de direção E-W, com a presença de uma série de lagoas barradas por cordões litorâneos, e uma costa mais recortada que toma a direção NE-SW. Nesta região encontram-se enseadas naturais e uma série de ilhotas, muitas das quais incorporadas ao conti

Distribuição mensal dos ventos - Cabo Frio
Valores normais 1931 a 1970; Barbière, 1975.



DIREÇÃO DOS VENTOS

FIG. 2

Fonte: Depto. Nacional de Meteorologia

nente em forma de tómbolo. A direção NE-SW, que caracteriza a orientação predominante do litoral brasileiro, é quebrada pela visível inflexão da linha de costa na região de Cabo Frio, propiciando ali a existência de dois ambientes costeiros, supostamente expostos a níveis de energia distintos. Em termos regionais eles poderiam ser caracterizados da seguinte forma; os de menor energia relacionados às áreas localizadas ao Norte da Ilha do Cabo Frio, e os de maior energia às áreas localizadas a S-SW desta ilha.

Esta mesma mudança de orientação na linha de costa, quando associada à presença dos blocos alcalinos que aparecem naquela área, evidencia movimentos epiro-genéticos ocorridos em eras passadas, que sob o ponto de vista geológico constitui um fato singular na costa brasileira. A presença da Ilha de Cabo Frio, com 390m de altitude, reflete uma das raras manifestações de soerguimento crustal por atividade vulcânica no litoral brasileiro, em decorrência de movimentos tectônicos ali ocorridos.

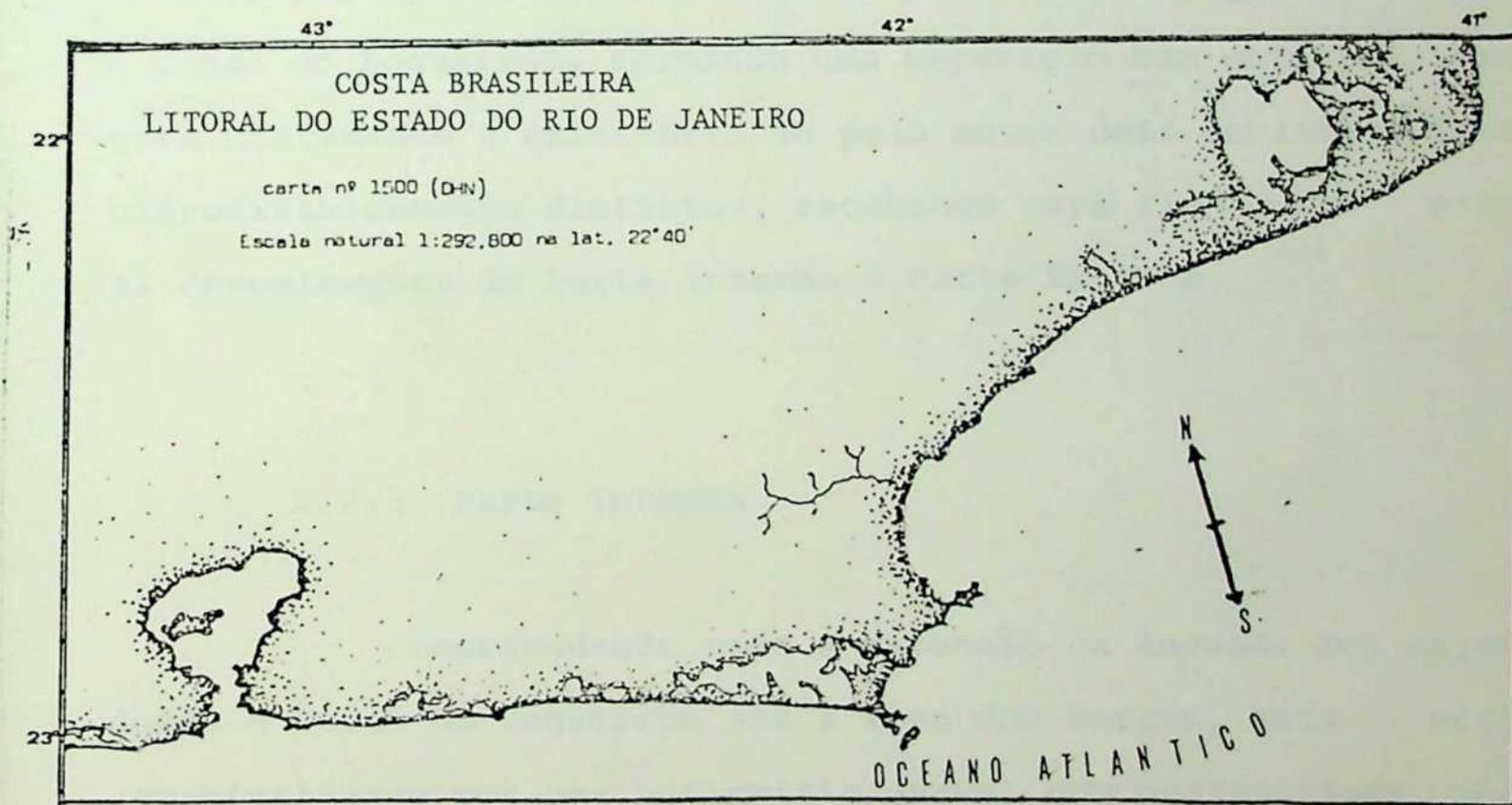
Tais fatos, associados a indicações da possível existência de províncias sedimentológicas distintas, com o predomínio de material mais fino ao Norte de Cabo Frio (ASMUS, 1978), configuram para a região da plataforma continental interna naquela área um aspecto igualmente transicional.

Outro aspecto, que apresenta características singulares em relação ao resto do nosso litoral, e que vem sendo intensamente estudado, diz respeito à Oceanografia daquela região. A constatação de fenômenos de resurgência observados na área da plataforma continental interna desta região atribuem particular importância à diversas pesquisas voltadas aos recursos do mar, motivando o desenvolvimento de vários projetos neste campo (MOREIRA DA SILVA, 1968).

Especificamente, em relação à plataforma continental brasileira é interessante considerar as feições particulares de sua fisiografia, que apresentam um sensível estreitamento de sua largura a partir de Cabo Frio para o litoral norte brasileiro, delimitando duas regiões distintas.

2.2. Aspectos Locais

Localizada à latitude de 23°S e longitude 42°W, apresenta como característica fisiográfica marcante a presença de um cabo, ao qual se apoiam cordões litorâneos, em cujos limites se destaca como ponto culminante a Ilha de Cabo Frio (Fig.3).



LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

FIG. 3

A costa neste ponto mostra-se bastante recortada, com reentrâncias e enseadas bem definidas. Entre elas encontramos a Enseada dos Anjos, cuja localização na parte interna da Ilha de Cabo Frio forma uma quase baía, não fosse pela abertura do Boqueirão em sua parte SW.

A presença desta Enseada adquire um sentido especial neste estudo, em função dos efeitos relevantes que os processos de sedimentação podem provocar em praias adjacentes. Tanto pela interrupção do transporte, que normalmente ocorre paralelo à linha de costa, como pelos efeitos que os movimentos de entrada e saída dos sedimentos ocasionam nestes locais (USA - 1975). Igualmente pelo fato de sua comunicação com o oceano pelo lado SW restringir-se a uma estreita passagem de apenas 30m de largura por aproximadamente 40m de profundidade, que caracteriza o Canal do Boqueirão, formando uma separação bem definida, configura claramente a existência de pelo menos dois ambientes locais hidrodinamicamente distintos, recebendo para fins deste estudo as denominações de Parte Interna e Parte Externa.

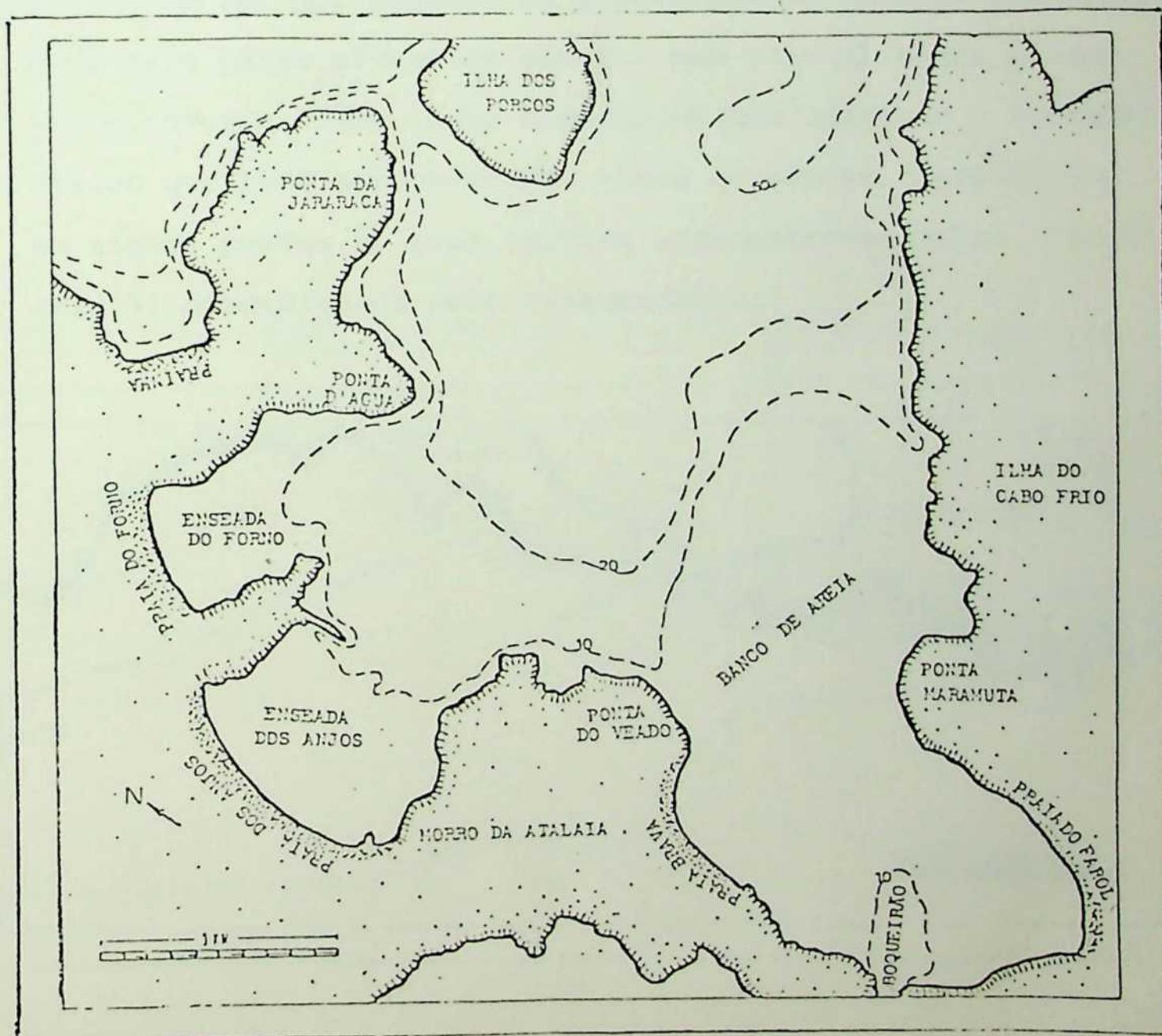
2.2.1. Parte Interna

Compreendendo toda a extensão da Enseada dos Anjos, desde o Canal do Boqueirão até a Ilha dos Porcos, esta região caracteriza-se por uma batimetria suave, com profundidade média de 10m.

Protegida do oceano pela Ilha de Cabo Frio, esta área apresenta quase que permanentemente maior tranquilidade, principalmente em relação às ondas, que ao penetrarem na enseada são atenuadas, perdendo grande parte de sua energia.

Composta por diversas praias, reentrâncias e enseadas menores, esta área guarda características fisiográficas semelhantes a de uma pequena baía.

Estudos batimétricos associados a análises de fotografias (MEIRELES, 1978), da Zona do Canal do Boqueirão, revelaram a existência de um banco de areia em forma de arco, localizado nas proximidades da Ponta do Veado (Fig. 4). Por estar sujeito a variações de correntes de maré, sua fisiografia toma um aspecto bastante dinâmico, na medida em que suas dimensões e batimetria constantemente alteram-se, ora facilitando, ora dificultando a navegação das embarcações que se utilizam do canal, para atingir o oceano ou para penetrarem na enseada.



PARTE INTERNA

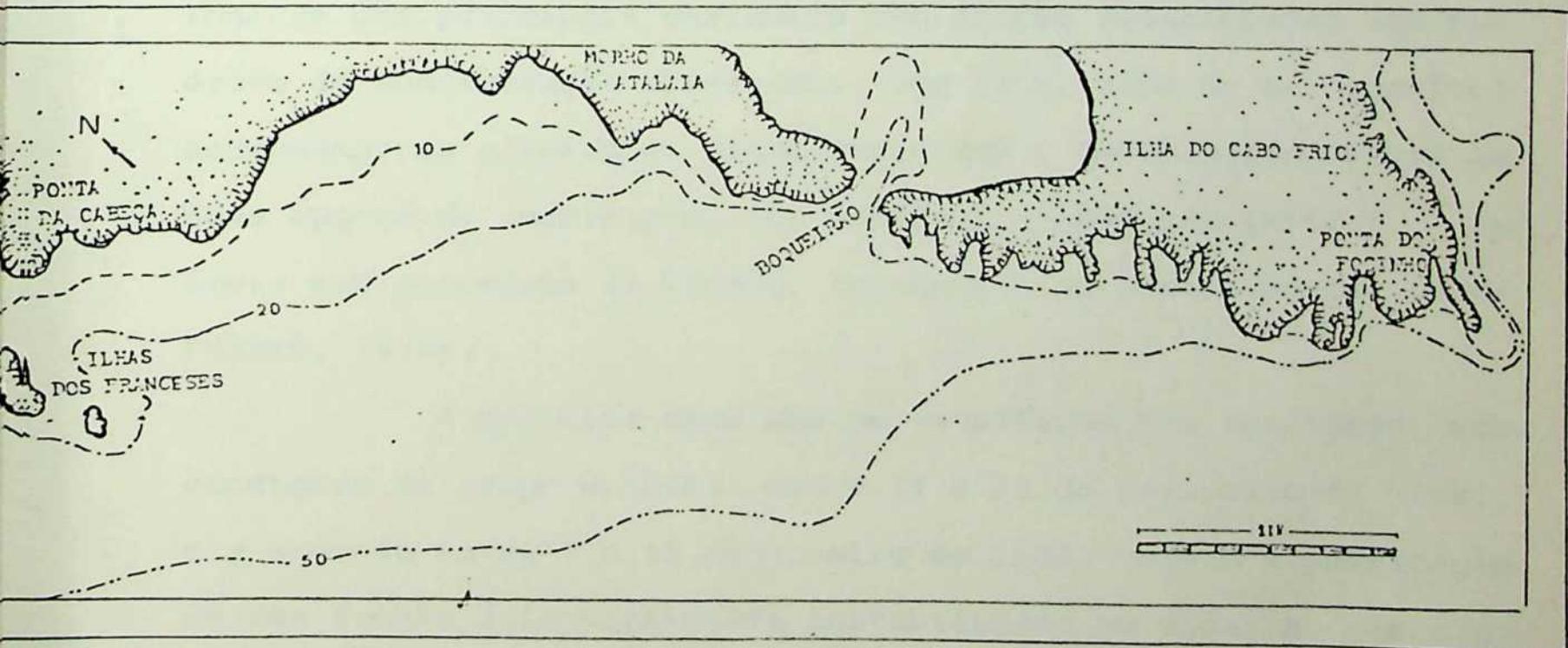
FIG. 4

2.2.2. Parte Externa

Delimitada, para fins deste estudo, pela cota batimétrica de 50m, a parte externa engloba toda a área fronteira ao Canal do Boqueirão, indo desde a Ponta do Farol, na Ilha de Cabo Frio, até às proximidades da Ilha dos Franceses.

Com características de Costão, com vários blocos rochosos penetrando abruptamente no oceano, esta parte apresenta uma batimetria bastante acentuada, principalmente na área mais próxima a Ponta do Farol, onde as cotas correspondentes ao nosso limite de atuação quase encostam nas rochas.

A atuação de ondas e correntes, quando associadas a ventos de SW, por ocasião da penetração de frentes frias, atribuem a esta parte níveis de energia bem mais elevados do que na parte interna. Tais fatos contribuem para acentuar o intemperismo físico que pode ser observado sobre as rochas, fazendo com que em alguns pontos as suas feições apresentem-se muito recortadas (Fig.5) condicionado pelo fraturamento.



PARTE EXTERNA

Fig. 5

3. METODOLOGIA

Envolvendo trabalhos de campo, de laboratório e de processamento dos dados, são a seguir descritos os principais tópicos que caracterizam os procedimentos adotados no desenvolvimento deste estudo. Contudo, por não caracterizarem aplicações específicas, algumas técnicas utilizadas, principalmente nos trabalhos de processamento dos dados, serão descritas nos capítulos seguintes, quando de suas aplicações.

3.1. Trabalhos de Campo

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos a partir da realização de duas campanhas de amostragem, e envolveram basicamente a coleta de sedimentos superficiais de fundo, na plataforma continental interna e a determinação da profundidade da água em cada estação, além de medições oceanográficas e meteorológicas das principais variáveis ambientais relacionadas aos padrões de sedimentação observados. Com isto, além de ser possível acompanhar as alterações granulométricas e morfológicas entre as duas épocas de amostragem, foi possível também identificar as áreas sob processos de erosão, transporte ou assoreamento (HUMPHRIES, 1978).

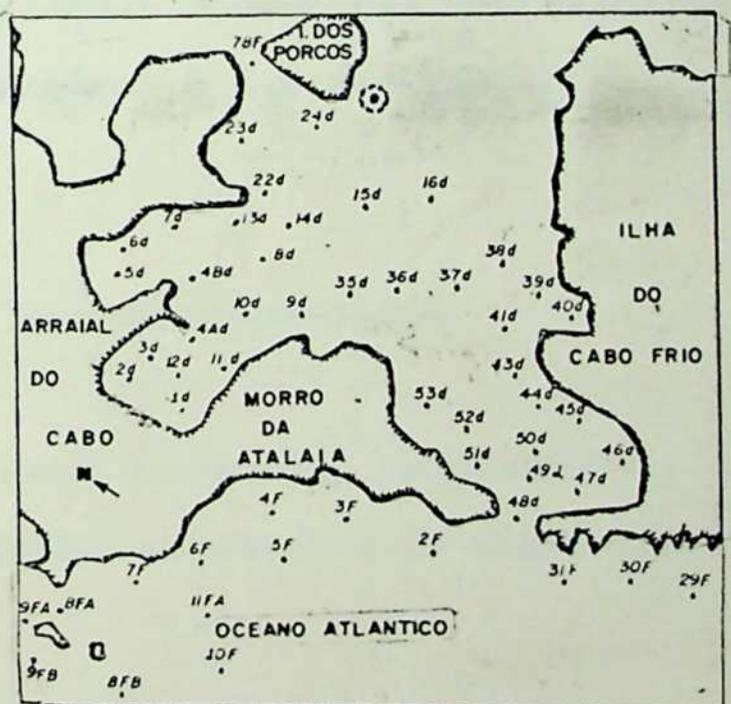
A primeira campanha de amostragem foi realizada sob condições de tempo estável, entre 14 e 22 de fevereiro de 1981, e a segunda entre 7 e 15 de janeiro de 1982, quando a penetração de uma frente fria ocasionava instabilidade na área. A escolha destas datas obedeceu a um planejamento que previa a realização de duas campanhas alternadas, sob condições de tempo bom e de mau

tempo, tendo em vista obter-se uma visão mais ampla das variações que ocorrem nos processos de sedimentação entre as duas épocas. Para tanto foram utilizadas informações sobre previsão de tempo, fornecidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha, possibilitando assim realizar cada campanha dentro das condições estabelecidas.

3.1.1. Coleta dos Sedimentos

Durante cada campanha foram realizadas 54 estações de coleta (Fig. 6), obtendo-se em cada local cerca de 500g de material do fundo. Nestes trabalhos o limite batimétrico de 50m foi adotado, tendo em vista ser este também o limite normal de atuação das ondas na mobilização dos sedimentos (KOMAR, 1976).

LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE COLETA DE SEDIMENTOS



LOCAIS DE COLETA DOS SEDIMENTOS

FIG. 6

Devido aos trabalhos de coleta estarem orientados para a obtenção de amostras de sedimentos superficiais da plataforma, o equipamento utilizado foi uma draga do tipo GIBBS, que permite a retirada de material das camadas mais superficiais do sedimento.

O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos e etiquetados, recebendo o número da estação e o valor de sua batimetria, para posterior identificação em laboratório.

Para realização das campanhas foram utilizadas duas embarcações, o Batelão Miguel dos Santos e o Aviso de Pesquisa Oceânico Sub-Oficial Oliveira, cedidas pelo Instituto de Pesquisas da Marinha. Estas embarcações, equipadas com rádio, radar e guinchos, além de contribuírem para o bom desenvolvimento das campanhas, possibilitaram também um posicionamento preciso dos pontos de coleta. Nestas operações estiveram envolvidos técnicos e estagiários daquela instituição, que juntamente com as tripulações das embarcações forneceram aos trabalhos de bordo a infraestrutura necessária à sua realização.

3.2. Trabalhos de Laboratório

Estes trabalhos, desenvolvidos no Instituto de Pesquisas da Marinha, envolveram os seguintes itens:

3.2.1. Tratamento das Amostras

Efetuada para eliminar possíveis impurezas que pudessem afetar os resultados finais. O tratamento individual das

amostras foi efetuado pelo processo tradicional de análise descrito por KRUMBEIN & PETTIJOHN (1938).

Por tratar-se de uma região constituída basicamente por areias, conforme inspeções preliminares nas amostras, a metodologia aplicada voltou-se para o peneiramento, preconizado por WENTWORTH (1926).

3.2.2. Peneiramento

Dando sequência ao preparo das amostras, que consistiu sequencialmente na lavagem, secagem, desagregação, quarteramento e pesagem do material, a determinação da fração arenosa foi efetuada empregando-se um jogo de peneiras com intervalo de abertura da ordem de 0.5 PHI. Após o peneiramento em agitador automático, cada peneira do jogo foi limpa e o seu material colocado em recipientes para nova pesagem do peso retido, cujos resultados foram utilizados na composição das tabelas de análise granulométrica produzidas por computador durante o processamento.

3.3. Processamento de Dados

Englobando todas as atividades ligadas ao desenvolvimento dos cálculos e aplicações de fórmulas estatísticas, os trabalhos de processamento dos dados envolveram não só a elaboração de tabelas, gráficos e mapeamento dos parâmetros granulométricos dos sedimentos, como também as análises das principais variáveis ambientais, que direta ou indiretamente podem afetar os tipos de distribuição encontrados em cada uma das campanhas de amostragem.

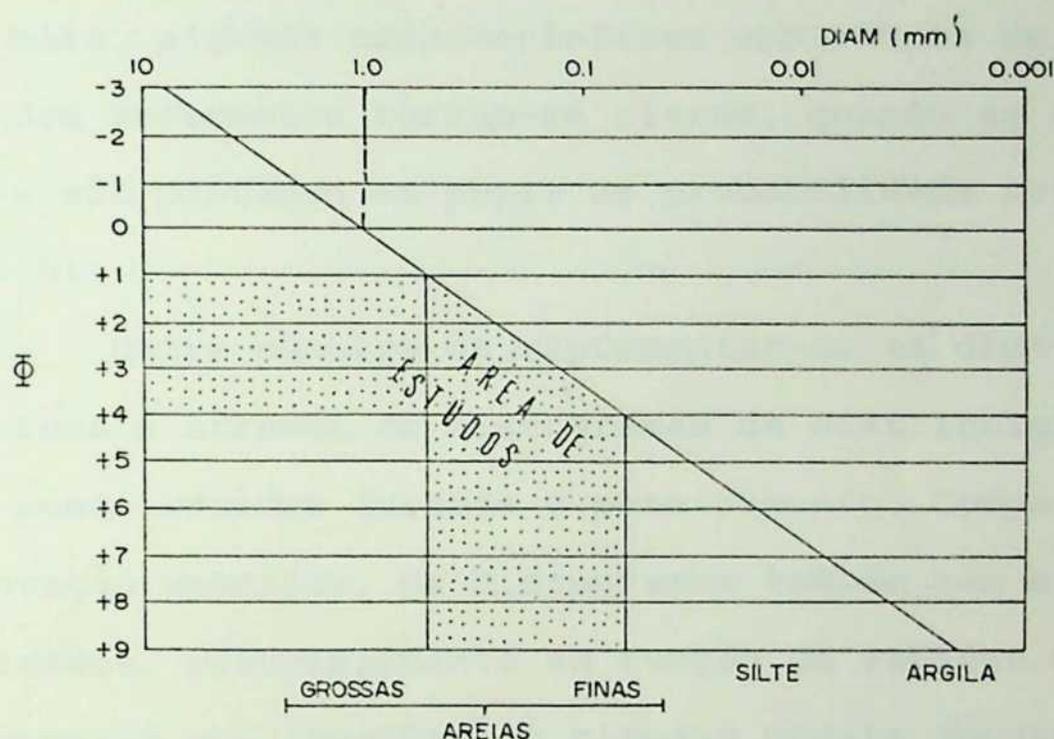
Considerando-se ainda o grande número de variáveis envolvidas, foi quase que imperativo o uso do computador para facilitar os cálculos e minimizar os possíveis erros de transcrição dos dados. Para tanto foram desenvolvidos e adaptados alguns programas de computador, através dos quais parte dos dados foram processados.

3.3.1. Granulometria

A determinação dos parâmetros granulométricos utilizados para definir os tipos de distribuição dos sedimentos da área de estudos foi realizada a partir da elaboração de tabelas onde foram lançados os valores dos pesos acumulados e dos pesos acumulados percentuais. Elaboradas em computador, elas apresentam os valores das dimensões dos grãos e os seus percentuais acumulados correspondentes. Nelas, informações relativas às medidas do tamanho dos grãos, foram relacionadas para permitir a comparação entre os valores de abertura das malhas das peneiras (USBS) e os valores em milímetros e em unidades PHI, que foi a unidade adotada neste estudo.

A adoção da escala PHI, sistemática e logarítmica de base 2, deve-se ao fato de que, além de ser a medida de tamanho tradicionalmente considerada em sedimentologia, ela facilita os trabalhos de análise e os cálculos estatísticos de granulometria. Além de coincidir com os limites da escala de WENTWORTH (1922), e de trabalhar com números inteiros, onde todos os intervalos são equidistantes entre si, ela permite também que os resultados sejam diretamente registrados em papel milimetrado comum, possibilitando inclusive a interpolação aritmética direta entre os valo

res da granulometria para a obtenção de um percentual desejado nas curvas granulométricas (SUGUIO, 1973). Nesta escala a granulação de 1mm de diâmetro possui um valor de $\Phi = 0$. Por definição, ela corresponde ao logaritmo negativo de base 2 do diâmetro em milímetros, e tem a seguinte forma: $\Phi = -\log_2 D$, onde D = diâmetro dos grãos em milímetros. Granulações mais grosseiras tomam valores negativos nesta escala (Fig. 7).



RELACIONAMENTO DAS ESCALAS GRANULOMÉTRICAS
FIG. 7

A representação gráfica das distribuições granulométricas é feita através de curvas de frequência acumulada e de histogramas de frequência, permitindo assim uma avaliação mais adequada das características texturais dos sedimentos.

As curvas de frequência tem sido adotadas tradicionalmente, desde que KRUMBEIN (1934) recomendou preferencialmente o seu uso em relação aos histogramas. A grande vantagem está no fato de que nelas a plotagem dos pesos de uma amostra normalmen-

te distribuída (Gaussiana), apresenta-se como uma linha reta, tornando mais rápida a identificação do seu comportamento. Por outro lado, mesmo que isto não ocorra, é interessante observar-se que as variáveis correspondentes aos diâmetros dos grãos passam a ter características de uma distribuição contínua, já que os limites de classe deixam de existir nesta representação, permitindo inclusive a extração direta de qualquer percentil desejado. Além do mais, algumas características ambientais relativas a deposição dos sedimentos tornam-se claras, quando as frequências acumuladas são plotadas em papel de probabilidade aritmética (KRUMBEIN, 1936).

Outra maneira de representar-se as distribuições granulométricas é através de histogramas da distribuição de frequência dos pesos retidos durante o peneiramento. Comparando com a representação anterior, os histogramas também tem sido amplamente utilizados, principalmente em função da rapidez e facilidade de compreensão que oferece. As classes modais tornam-se mais claras permitindo, que além dos seus limites, uma simples inspeção visual revele as similaridades e as diferenças entre as amostras.

Os valores correspondentes aos percentis 5, 16, 25, 50, 75, 84 e 95, extraídos das curvas de frequência percentual dos pesos acumulados, obtidos durante o processo de peneiramento, foram utilizados por um programa de computador preparado para realizar os cálculos estatísticos de granulometria. Estes cálculos consistiram basicamente em estabelecer, através de fórmulas estatísticas, os principais parâmetros granulométricos, que permitem caracterizar e identificar dentro da escala Phi os tipos de distribuição dos sedimentos, quanto a sua tendência central e ao seu grau de dispersão.

a) Diâmetro Médio

A identificação e classificação dos tipos de sedimentos foram estabelecidas a partir dos cálculos do seu diâmetro médio (MZ), que constitui uma das medidas de tendência central das curvas de distribuição. Mesmo sabendo que é afetada pela assimetria, a preferência de utilização do Diâmetro Médio, em relação à Mediana, deve-se ao fato deste parâmetro apresentar uma melhor sensibilidade para detectar modificações nas caudas das curvas de distribuição.

A fórmula adotada para a determinação da média é a proposta por FOLK e WARD (1957), que constitui um aprimoramento da que foi inicialmente apresentada por INMAN (1952), passando de:

$$MZ = 1/2 (\phi 16 + \phi 84)$$

para

$$MZ = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

Além de permitir a obtenção de valores resultantes mais precisos e uma avaliação mais ampla da distribuição granulométrica de uma amostra, esta última fórmula atenua os efeitos de distorção causadas por distribuições muito assimétricas.

A importância desta medida, que em última análise representa a média geral do tamanho dos sedimentos de uma amostra, é ressaltada em função das informações adicionais, que podem ser inferidas dos seus resultados, principalmente em relação a fonte de suprimento, aos processos deposicionais ocorridos e à competência do transporte por correntes em ambientes marinhos, aos quais estiveram sujeitos os sedimentos de uma região (INMAN, 1949).

b) Desvio Padrão

Tradicionalmente definida em granulometria como uma medida de dispersão do tamanho dos grãos de um sedimento em relação a sua média aritmética, este parâmetro é aqui utilizado principalmente em função das indicações sobre transporte, que podem ser obtidas através da interpretação destes valores.

A medida adotada foi o desvio padrão gráfico, obtido a partir da fórmula sugerida por FOLK e WARD (1957), e expressa como:

$$\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

Seus resultados são aferidos a uma escala ordinal, convenientemente usada para determinar o grau de seleção dos sedimentos, variando de muito bem selecionado (0.35), até extremamente mal selecionado (4.00), configurando uma relação inversa com o valor do desvio padrão.

Basicamente o selecionamento depende da variação no tamanho do material fornecido, do tipo de deposição a que este material esteja submetido (espalhamento) e da atuação das ondas ou correntes, cuja constância e intensidade irão influenciar e determinar o grau de selecionamento de uma amostra.

c) Assimetria

A medida que determina a tendência com que os dados se dispersam de um ou de outro lado da média, quando uma distribuição de frequências dos pesos é plotada, denomina-se grau de assimetria. Ela varia entre -1 e +1, de acordo com a assimetria da distribuição, que em relação a granulometria pode tender para tamanhos mais finos (assimetria positiva) ou para tamanhos mais grosseiros (assimetria negativa).

Sedimentos bem selecionados geralmente possuem uma distribuição simétrica, enquanto que em regiões onde ocorrem misturas distribuições assimétricas são encontradas (DOEGLAS, 1946; SELLEY, 1982).

A assimetria tem sido utilizada na identificação dos ambientes deposicionais (SUGUIO, 1973). Sua utilização neste estudo procura evidenciar as principais características relacionadas ao nível energético do meio deposicional e a própria gênese dos sedimentos, já que alguns autores encontraram também relações bastante exoressivas entre os tipos de sedimentos e os seus ambientes de origem (MARTINS, 1967; FOLK e WARD, 1957).

A assimetria foi calculada a partir da fórmula de FOLK e WARD (1957), conhecida como assimetria gráfica inclusiva

$$SK = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} + 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{5} + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_{5})}$$

d) Curtose

Normalmente utilizada em granulometria para obter-se a razão de espalhamento médio das caudas na distribuição de frequência, em relação ao desvio padrão, a maioria dos estudiosos de sedimentologia ainda não conseguiram estabelecer relações concretas entre as suas variações e os tipos de ambientes ou os processos que esta medida pudesse refletir.

Conhecida como grau de picosidade de uma distribuição, os valores de curtose variam de 0.67 (muito platicúrtica) até 3.00 (extremamente leptocúrtica), sendo que valores maiores ou menores tomam as denominações de seus limites.

Dentre as relações verificadas, é interessante observar que distribuições muito platicúrticas geralmente associam-se

a distribuições bimodais, com duas modas iguais e separadas (tipo de sela de cavalo) (SUGUIO, 1973).

Igualmente, a fórmula geralmente adotada é a sugerida por FOLK e WARD (1957) e denomina-se curtose gráfica (KG), e tem a seguinte forma:

$$KG = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44 (\phi_{75} - \phi_5)}$$

Apesar deste parâmetro não ter sido utilizado neste estudo para se estabelecer as relações anteriormente sugeridas, os resultados numéricos da sua aplicação são também tabelados, no sentido de permitir uma melhor avaliação do comportamento das distribuições obtidas.

3.3.2. Variáveis Ambientais

Tendo em vista que sedimentação literalmente consiste na deposição de material sólido em um líquido, e que teoricamente ela representa o estágio final de um processo que envolve erosão e transporte de suas partes componentes (SELLEY, 1982), então torna-se importante também conhecer o comportamento das variáveis ambientais, que direta ou indiretamente estejam relacionadas a estes processos.

A fim de melhor compreender os processos que determinam os padrões de distribuição dos sedimentos superficiais da área de estudos, são a seguir relacionados os principais aspectos que dizem respeito à obtenção e à análise dos dados de ventos, ondas, correntes e marés utilizados neste trabalho.

a) Obtenção dos Dados

Ventos - fornecidos pela estação meteorológica do Projeto Cabo Frio do Ministério da Marinha, em Arraial do Cabo, os dados utilizados dizem respeito a observações horárias de direção (graus) e intensidade (m/s), registradas na Praia dos Anjos (Fi .4) durante os períodos de realização das campanhas de coleta dos sedimentos.

Ondas - obtidos através de um ondógrafo de pressão (Vanessen), os dados de altura e período das ondas expressam as variações relacionadas à agitação marítima da superfície do mar, também durante os trabalhos de campo. Instalado no mesmo local dos correntógrafos (Fig.6), nos limites da enseada, para atenuar possíveis efeitos de refração das ondas predominantes de NE, o ondógrafo foi montado a 4.5m de profundidade. Seus dados receberam tratamento da teoria linear de AIRY (1845), para determinar parâmetros de período e altura das ondas locais.

Correntes - para observar as correntes de fundo adotou-se o método euleriano a fim de conhecer o comportamento dos fluxos junto ao fundo. Instalado no ponto A (Fig.6), entre a Ilha dos Porcos e a Ilha do Cabo Frio, por mergulhadores do Projeto Cabo Frio, um correntógrafo AANDERAA RC 4/5 foi afixado a exatamente 1m do fundo, registrando a cada 5 minutos a direção (graus) e velocidade (cm/s) das correntes de fundo durante os trabalhos de campo a fim de avaliar o transporte real dos grãos na área.

Marés - os dados de marés foram obtidos da tábua de marés, fornecida pela Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha, e foram utilizados a fim de determinar-se as alturas de marés para as ocasiões dos trabalhos de coleta dos sedimentos, e permitir a avaliação dos seus efeitos na determina

ção dos níveis batimétricos e nos processos de sedimentação.

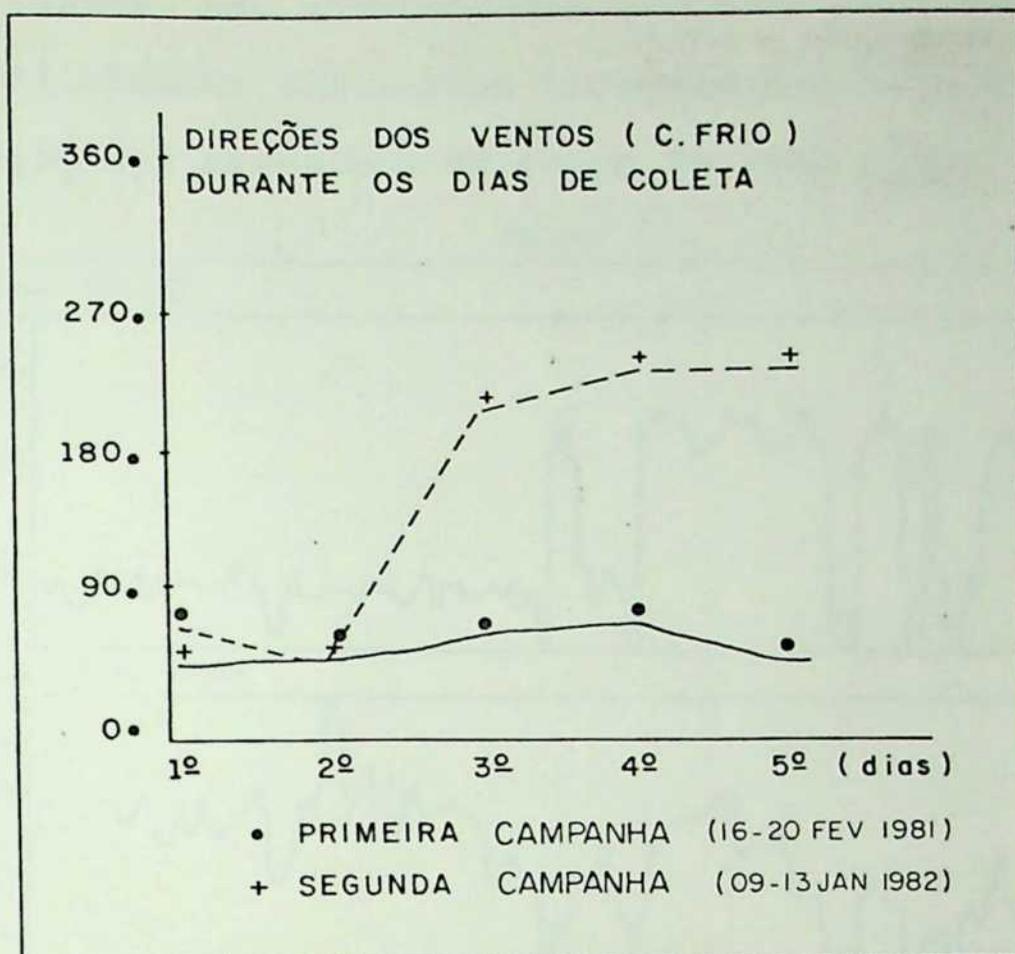
b) Análise dos Dados

Além de apresentar uma descrição mais detalhada dos métodos adotados para a utilização das variáveis ambientais, a análise dos dados caracteriza-se principalmente pelos gráficos e tabelas voltados basicamente para a última campanha, quando as condições oceanográficas e meteorológicas eram mais intensas, facilitando conseqüentemente a avaliação dos efeitos de cada variável nos processos de sedimentação.

- Ventos

Considerando-se que a atuação das correntes de fundo muitas vezes podem estar relacionadas à intensidade e direção com que os ventos agem na superfície, e que Cabo Frio por sua própria localização geográfica recebe durante a maior parte do ano ventos predominantemente de NE (BARBIÈRE, 1975). São aqui apresentados dois gráficos que evidenciam as situações meteorológicas encontradas naquela área durante as campanhas de amostragem dos sedimentos.

No primeiro, as plotagens das direções são apresentadas de forma a permitir avaliar em conjunto as situações meteorológicas distintas em que se encontrava a região durante as épocas de coleta do material de fundo. Em 1981 o regime de ventos oscilando em torno dos 45° (NE), atesta condições normais de bom tempo na área, enquanto que em 1982 a brusca mudança de direção, a partir do terceiro dia de operação, expressa uma típica situação de instabilidade, no caso reflexo de uma frente fria penetrando na região (Fig. 8).



FONTE: PROJETO CABO FRIO

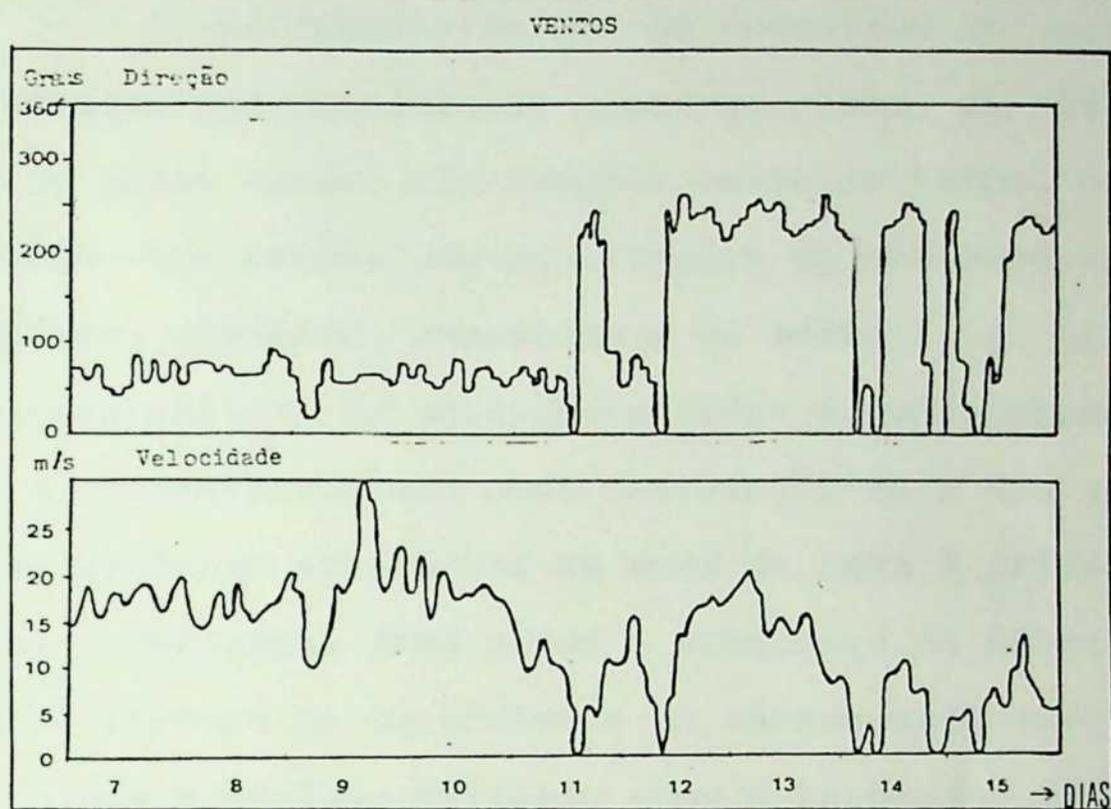
COMPORTAMENTO DOS VENTOS DURANTE AS CAMPANHAS
DE COLETA DOS SEDIMENTOS.

FIG. 8

Em relação a segunda situação apresentada, é interessante registrar, que estudos sobre a circulação e o estado do mar realizados em Cabo Frio, tem demonstrado que nem sempre as condições oceanográficas locais estão diretamente associadas ao sistema meteorológico local (RODRIGUES, 1977). Algumas vezes, as características da circulação e do próprio estado do mar, podem estar associadas a um sistema bem mais amplo, que foge ao domínio meteorológico local.

Neste sentido, para permitir uma avaliação mais precisa dos possíveis efeitos que a situação de instabilidade meteorológica possa, ou não, ter ocasionado na distribuição dos tipos

de sedimentos, são apresentados gráficos detalhados das direções e das velocidades dos ventos correspondentes a todo o período de realização dos trabalhos de campo em 1982 (Fig. 9).



COMPORTAMENTO DOS VENTOS - 1982

FIG. 9

Fonte: Projeto Cabo Frio

Neste gráfico é interessante observar que a situação de instabilidade, decorrente da penetração da frente fria, pode ser perfeitamente caracterizada pelo comportamento das direções e das velocidades apresentadas. Os ventos, que vinham registrando direções em torno de 45° (NE) e com uma intensidade entre 15 e 20 m/s, sofrem uma brusca variação no dia 11, passando para valores próximos a 225 (SW), com rápidos intervalos de calmaria em suas velocidades, que logo passam a exibir menores intensidades.

- Ondas

Responsável pela mobilização inicial dos grãos, para posterior transporte pelas correntes, o conhecimento dos tipos de ondas que atuam nas partes mais rasas da plataforma continenu

tal é de suma importância para os processos de sedimentação, principalmente para aqueles ligados ao transporte de sedimentos (KOMAR, 1976).

Considerando-se que os registros da agitação marítima efetuados num determinado ponto do plano, ao nível do mar, durante um certo tempo, são funções reais do tempo, e que são encontrados como seções das realizações do processo estatístico, estacionário, ergódico, gaussiano e de média nula, usado na modelação probabilística da agitação marinha e considerando-se ainda que o tratamento adotado pode restringir-se a uma análise no tempo, as variáveis aleatórias da onda de cava à crista, foram utilizadas e definidas como sendo a diferença de nível existente entre a ocorrência de um mínimo e um máximo sucessivos no tempo, sendo ainda o período definido como o intervalo de tempo decorrido entre a ocorrência de dois máximos sucessivos, que como se viu é função do tempo, e na realidade permitem traduzir as variações de nível da superfície do mar no local de registro (MELO, 1982). Para determinação das amostras e dos valores destas variáveis aleatórias, foram utilizados computadores (HP-21MX e PDP-11), onde foram digitalizados todos os máximos e mínimos lidos nos registros.

Devido às variações ocorridas na profundidade de instalação do ondógrafo utilizado, que acarretariam a determinação de novas funções, determinou-se que, para a profundidade de 4.5m, correspondente a de instalação do aparelho, a expressão adotada passasse a ter a seguinte forma:

$$Y = 1.13 + 91.032 \times \text{Exp} (-0.735 \bar{T}C)$$

onde;

\bar{T} = valor médio do tempo do registro

C = valor da altura da crista

Verificou-se também que o âbaco de correção fornecido pelo fabricante, e do qual são extraídos os valores relativos a resposta em frequência do transdutor de pressão do ondógrafo, são baseados na teoria linear de AIRY (1945). Os valores de período e altura que caracterizam nos registros as ondas significativas foram utilizados nas fórmulas sugeridas por KOMAR E MILLER (1975) para estimativas das velocidades orbitais das ondas, principalmente em 1982, quando as atividades dos agentes meteorológicos e oceanográficos apresentavam-se mais intensos. (Fig.10).

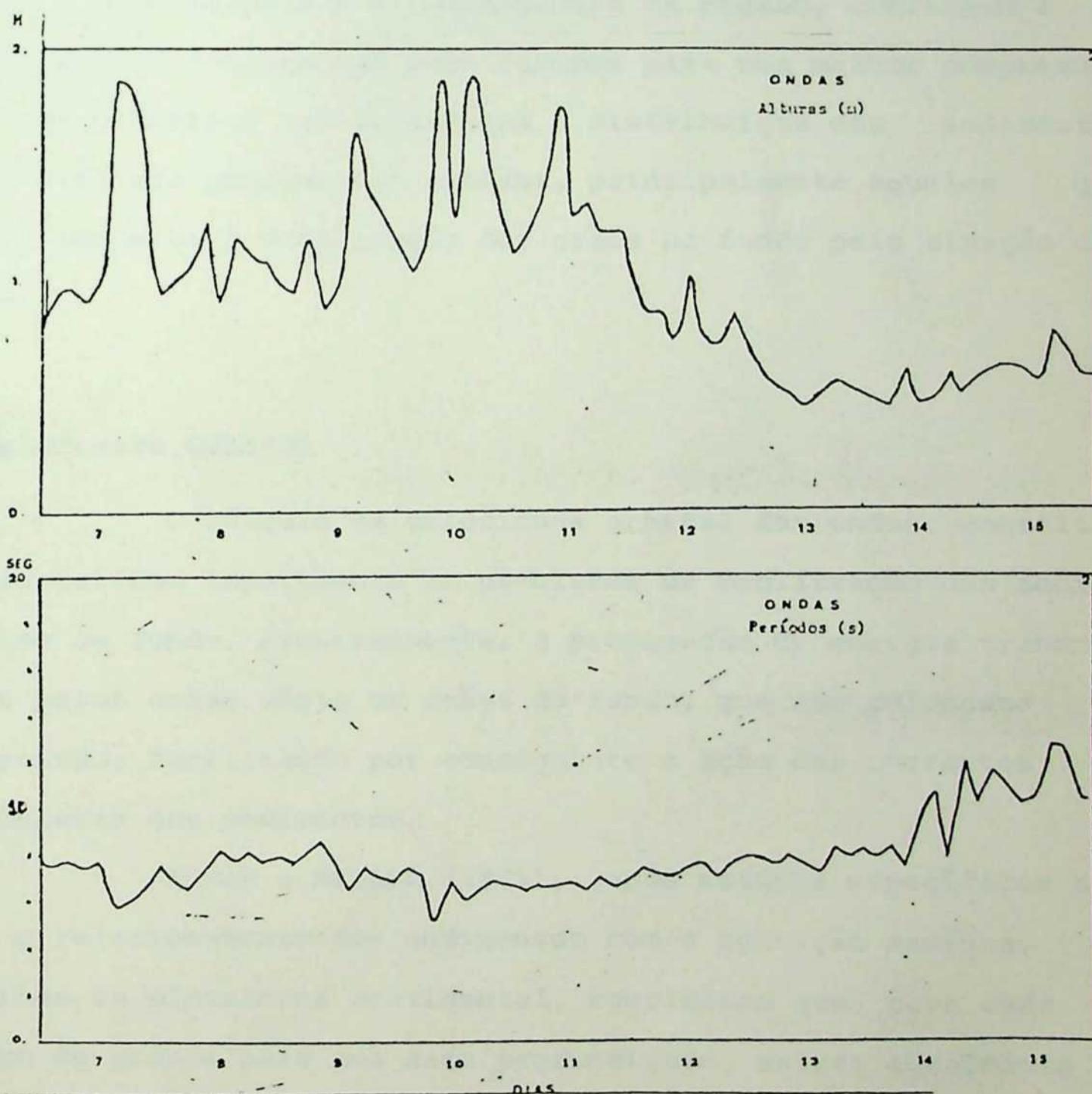


FIG. 10 - COMPORTAMENTO DAS ONDAS EM 1982

Fonte: Projeto Cabo Frio

Os valores de período e altura, mostrados na figura acima, além de caracterizarem o estado do mar configuram também um visível relacionamento com as condições meteorológicas reinantes durante a segunda campanha de amostragem dos sedimentos. Os valores de altura das ondas registrados desde o dia 7 alteram-se visivelmente a partir do dia 11, passando a exibir valores bem menores. Igualmente os períodos mostram uma ligeira alteração, já que apresentam gradativamente um aumento a partir daquela data.

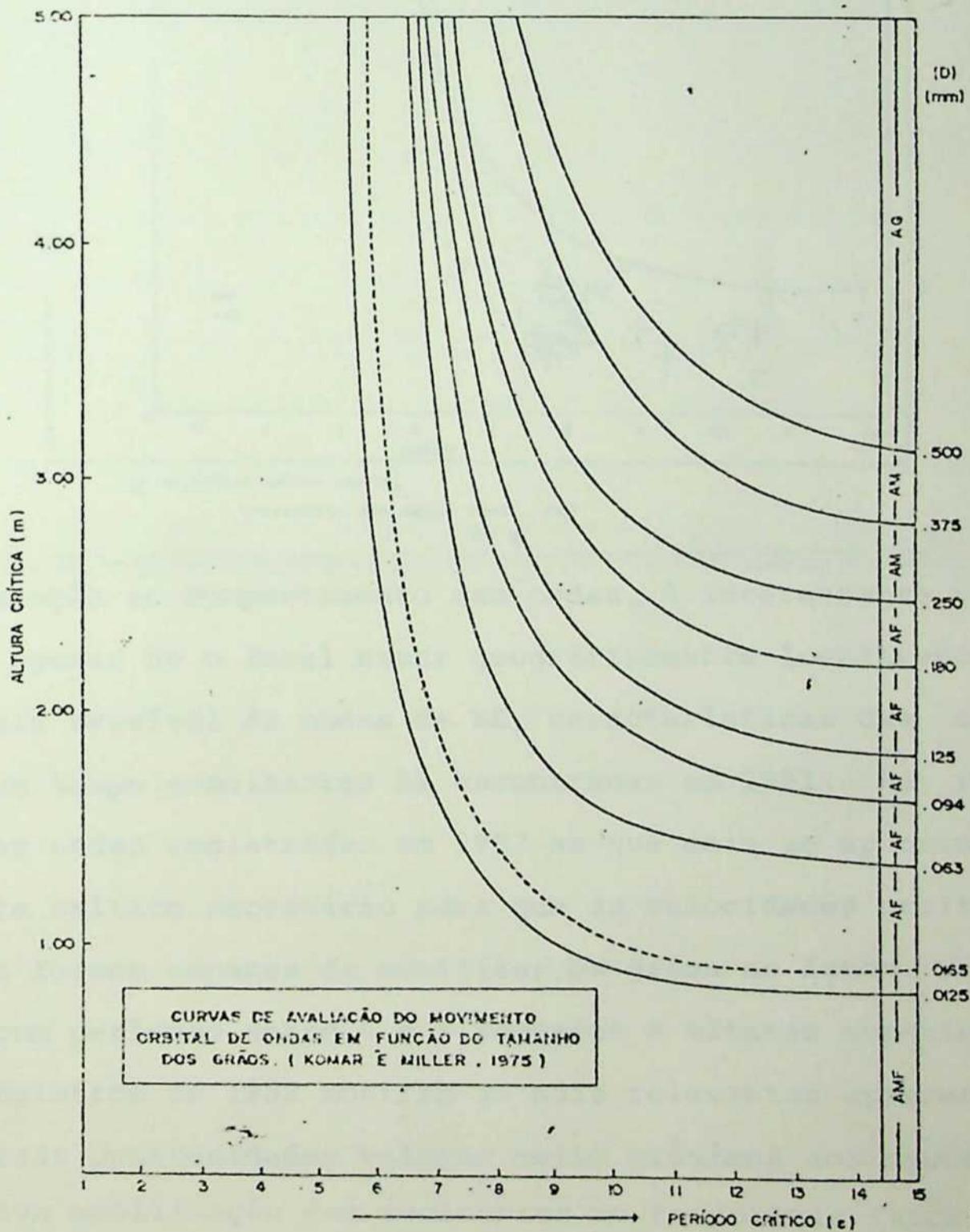
Estes fatos além de evidenciarem os relacionamentos entre a meteorologia e a oceanografia da região, confirmam a necessidade em conjugar-se tais fatores para uma melhor compreensão dos processos que determinam a distribuição dos sedimentos na plataforma continental interna, principalmente aqueles que dizem respeito à mobilização dos grãos no fundo pela atuação das ondas.

. Velocidade Orbital

O cálculo da velocidade orbital das ondas constitui-se de extrema importância em problemas de mobilização dos sedimentos de fundo. Eventualmente, a propagação de energia transmitida pelas ondas afeta os grãos do fundo, que são colocados em suspensão, facilitando por conseguinte a ação das correntes no transporte dos sedimentos.

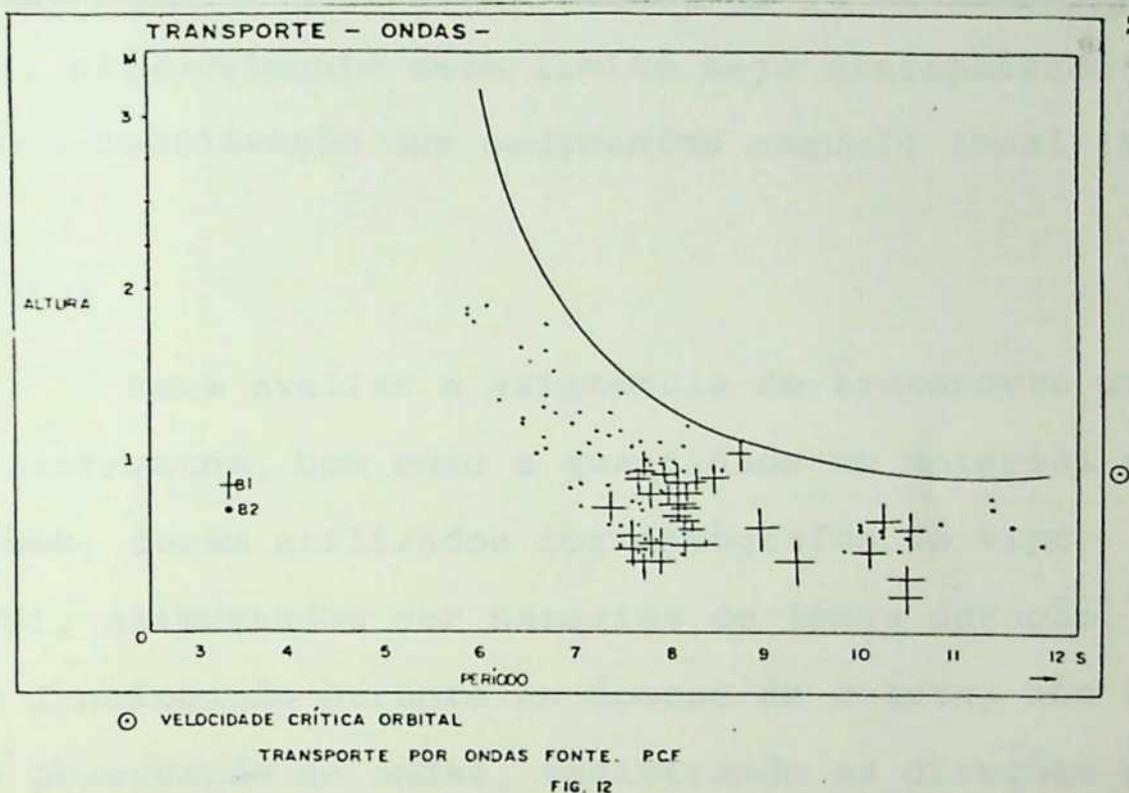
KOMAR e MILLER (1975), após estudos específicos sobre o relacionamento dos sedimentos com a agitação marinha, em regiões da plataforma continental, concluíram que, para cada tamanho de grão e para uma dada profundidade, existe igualmente um limite para cada tipo de onda, com altura e período definido, a partir do qual passa a ser possível a mobilização dos grãos. Este

limite é determinado pela velocidade crítica orbital e para calculá-lo, neste estudo, foi adaptado um programa de computador, onde as fórmulas apresentadas pelos mesmos autores permitiram estabelecer, em função dos dados de período e altura das ondas locais, a velocidade crítica orbital dessas ondas. Com isto, foi possível também gerar um gráfico, no qual várias curvas de avaliação do movimento orbital, para diversos tamanhos de grãos, podem ser observadas (Fig. 11).

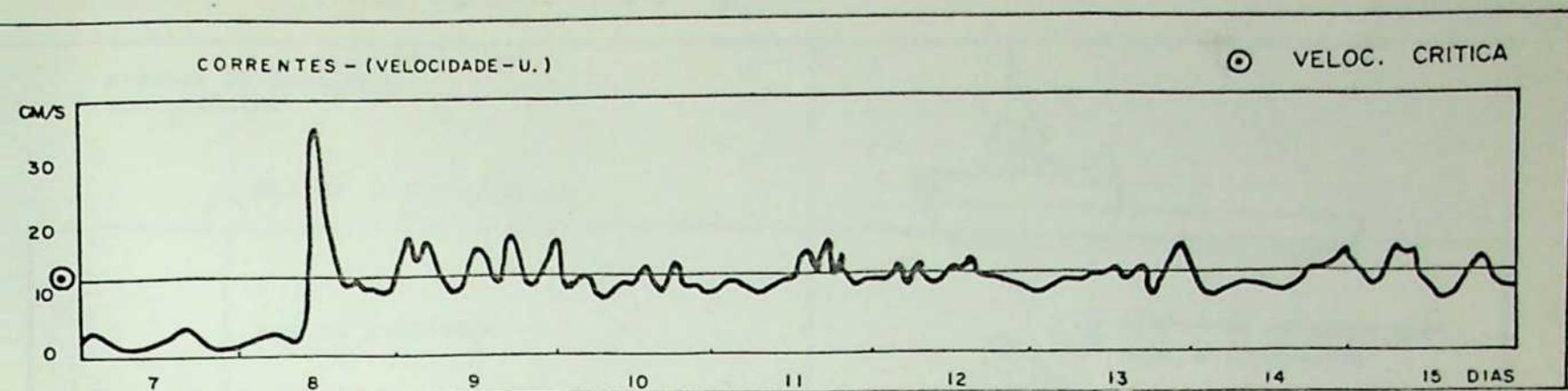


11 - Velocidade Orbital das Ondas

Para o local, onde foram realizadas as medições de ondas, constituído basicamente por areias muito finas, foi elaborado um segundo gráfico, onde as condições locais de mobilização dos grãos podem ser avaliadas com maior detalhe (Fig. 12). Nele é possível constatar que apesar de em nenhum momento as ondas terem ultrapassado o valor crítico para a mobilização dos grãos, no caso 12 cm/s, algumas vezes aproximaram-se bastante deste limite.



Em relação ao comportamento das ondas, é interessante verificar que, apesar de o local estar geograficamente localizado num ponto mais sensível às ondas de NE, características das condições de bom tempo semelhantes às encontradas em 1981, na realidade são as ondas registradas em 1982 as que mais se aproximaram do limite crítico necessário para que as velocidades orbitais das ondas fossem capazes de mobilizar os grãos no fundo. Neste sentido, com períodos entre 6 e 8 segundos e alturas superiores a 1m, os registros de 1982 mostram-se mais relevantes apresentando em diversas oportunidades valores muito próximos aos necessários à efetiva mobilização dos sedimentos no fundo. Tais fatos certamente podem evidenciar que, se for considerada a atuação das ondas



em conjunto com as correntes, em situações de tempestades mais intensas, provavelmente este limite seja ultrapassado, ocorrendo portanto a mobilização dos sedimentos naquele local (Fig. 13).

- Correntes

Para avaliar a existência de transporte dos sedimentos por correntes, bem como a quantidade de material por elas deslocados, foram utilizados correntôgrafos do tipo AANDERAA (RCM 4/5), alimentados por baterias de longa duração, que permaneceram funcionando durante as épocas de coleta, nos mesmos locais de observação de ondas, registrando as direções e velocidades a cada cinco minutos.

Na escolha do local de instalação destes aparelhos, além de levar-se em conta as melhores condições operacionais de observação, optou-se também por locais onde os fluxos pudessem ser registrados com o mínimo de interferências (ruídos), que algumas vezes são provocados pela passagem de navios. Também itens de segurança foram considerados, tendo em vista operações de arrasto que normalmente são efetuadas por embarcações pesqueiras nesta região.

A instalação dos correntôgrafos, a exatamente 100 cm do fundo, envolveu a participação de técnicos e mergulhadores, efetuando as operações conforme esquemas A e B (Fig. 14), sem monitoramento ou com monitoramento.

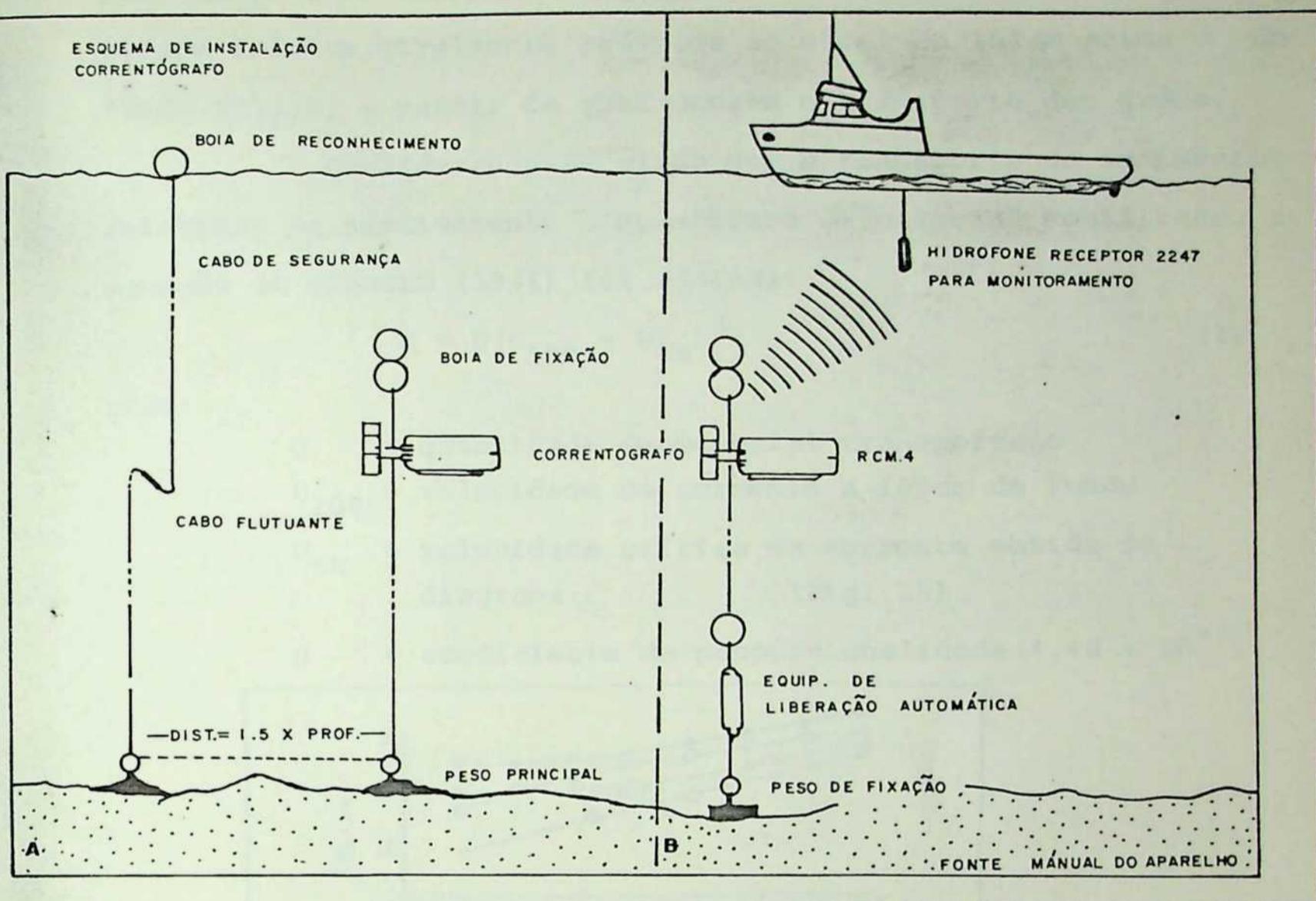


FIG. 14

Além dos quesitos básicos de instalação, para determinar o comportamento das correntes junto ao fundo, foram utilizadas equações específicas de transporte, onde são considerados os registros das velocidades instantâneas conjugados com a velocidade crítica da corrente, calculada para o tipo de sedimento do local de observação.

. Velocidade crítica de erosão (THRESHOLD VELOCITY)

Definida como a velocidade a partir da qual ocorre a mobilização dos sedimentos de uma determinada granulometria. A movimentação dos grãos nos fundos marinhos tem sido determinada

por medições de correntes associadas ao conhecimento de sua velocidade crítica, geralmente referida ao nível de 100cm acima do fundo (U_{100}), a partir da qual ocorre o transporte dos grãos.

Considerando-se ainda que o transporte de sedimentos relaciona-se efetivamente à quantidade de material mobilizado, a equação de BAGNOLD (1941) foi adotada:

$$Q = B(U_{100} - U_{th})^3 \quad (1)$$

onde:

Q = quantidade de material transportado

U_{100} = velocidade da corrente a 100cm do fundo

U_{th} = velocidade crítica da corrente obtida do diagrama (Fig. 15)

B = coeficiente de proporcionalidade (4.48×10^{-5})

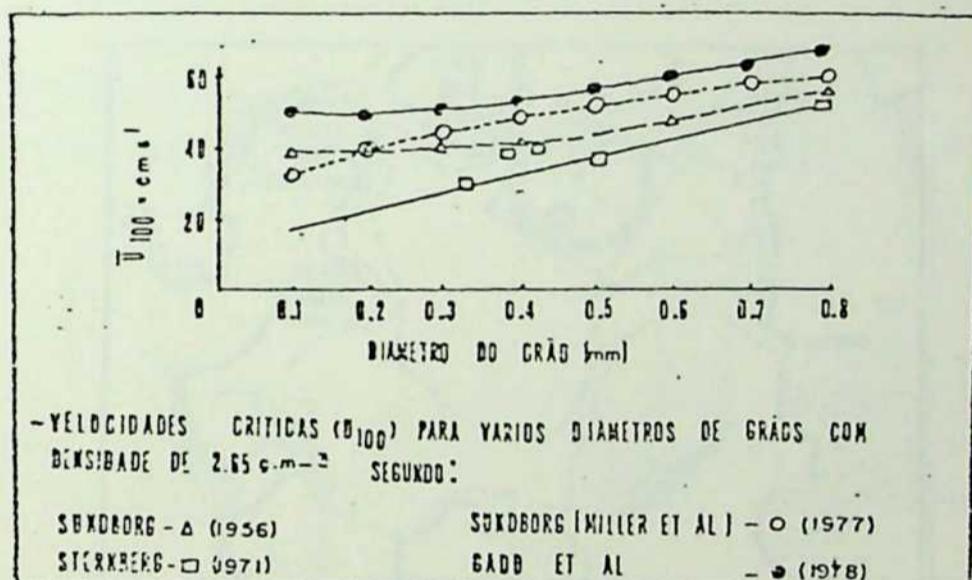


FIG. 15 - DIAGRAMA DE VELOCIDADES CRÍTICAS PARA DIVERSOS TAMANHOS DE GRÃOS. (Bagnold, 1941).

Cálculos de movimentos de sedimentos não coesivos das partículas de fundo, realizados na New York Bight, foram publicados por GAAD et al (1978), abordando estimativas do transporte de areias na região da plataforma continental. Mais recentemente, em estudos adicionais igualmente efetuados na mesma região, por VINCENTE et al (1981), foram introduzidas relevantes modificações na equação de BAGNOLD (1). Determinando o coeficiente de proporcionalidade da ordem de 4.48×10^{-5} , foram relacionados nominalmen-

te os tipos de sedimentos às velocidades críticas das correntes a 100cm do fundo. Assim, para o tipo areia fina é atribuída a velocidade de 12cm/s, aqui adotada e que sob condições básicas de unidirecionalidade e rugosidade do fundo mostra-se satisfatória nos cálculos de movimentação dos sedimentos de fundo.

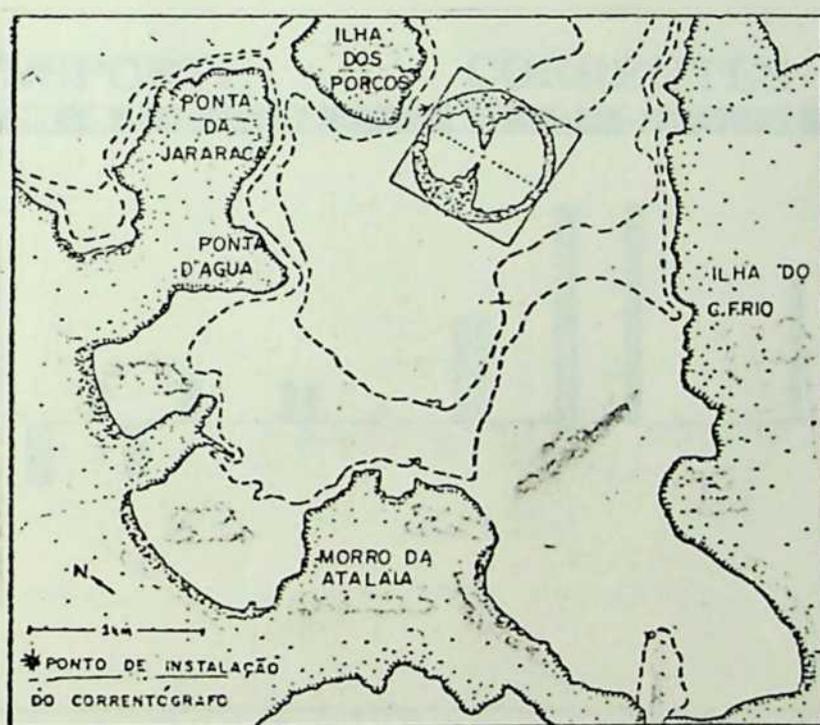
Em função disto, a equação anterior(1) passou a ter a seguinte forma:

$$Q_b = 4.4 \times 10^{-5} (U_{100} - 12.0)^3 \times \frac{U_{100}}{U_{100}^2} \quad (2)$$

onde:

Q_b = taxa de sedimentos transportados em g/cm^{-1}

U_{100} = velocidade da corrente a 100cm do fundo; que sob condições de fluxo uni-direcional em fundos rugosos mostra-se plenamente satisfatório.



DIRECIONALIDADE DAS CORRENTES NA PARTE INTERNA

FIG. 16

A unidirecionalidade dos fluxos pode ser constatada a partir da plotagem dos dados de direção das correntes registrados em uma rosa de manobra, que é apresentada reduzida na figura 16. A sua localização, próxima ao ponto de instalação do correntôgrafo permite constatar as principais direções que caracterizam o comportamento das correntes naquele local.

A aplicação da fórmula anterior (2) neste estudo per

mitiu determinar a quantidade de sedimentos efetivamente mobilizados para dentro e para fora da Enseada dos Anjos. Principalmente em relação à segunda campanha, quando condições meteorológicas e oceanográficas mais intensas geralmente permitiram avaliar com maior eficiência os processos de sedimentação em zonas da plataforma continental interna (LEATHERMAN, 1978; STERNBERG, 1971). Para tanto, foi elaborado um gráfico de transporte, onde além de ser possível verificar a quantidade de material, que estava sendo mobilizando durante aquela época, é também indicada a duração e a direção em que este transporte estava sendo efetuado (Fig. 17).

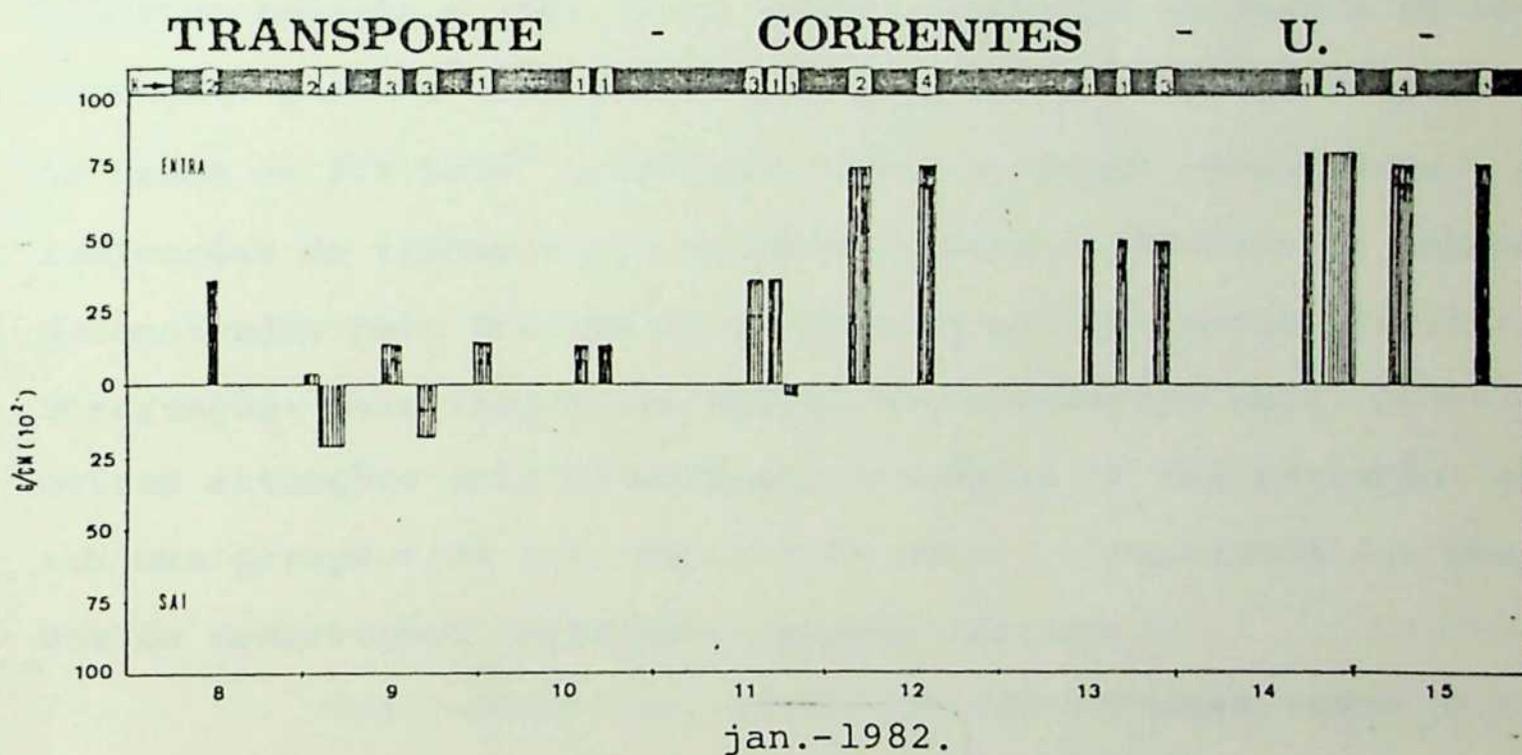


FIG. 17

A simples inspeção deste gráfico permite estabelecer estimativas de que a quantidade de sedimentos transportados para dentro da enseada, durante o período de observação, foi claramente superior àquela que estava sendo transportada para o oceano.

Para confirmar estas estimativas foram efetuados tam

bém cálculos de áreas, tomando-se por base o mapeamento das diferenças batimétricas obtidas entre as duas campanhas (Fig. 33) , que serão discutidos no capítulo 4.3.

As variações batimétricas têm sido usadas para confirmar alterações na topografia de fundo em diversas regiões (HUMPHRIES, 1978) , e conseqüentemente na quantidade de sedimentos que podem ser acrescentados ou retirados de uma área.

A partir do método da pesagem do papel vegetal milimetrado, correspondente as áreas onde ocorreu erosão ou assoreamento definidas no mapa diferencial de batimetria das campanhas realizadas, foi possível constatar, por simples cálculo de diferenças entre as duas situações, um saldo positivo para a última campanha em relação a 1981. Este saldo, traduzido em termos de sedimentação, para as condições analisadas revelou um assoreamento da ordem de 171.5×10^6 g/cm²/ano. Todavia, mesmo confirmando as indicações do transporte preferencial para o interior da enseada, demonstradas pelo gráfico de transporte por correntes (Fig.16) , observações mais frequentes tornam-se necessárias para detectar outras situações relacionadas aos processos de sedimentação que sob uma perspectiva mais ampla e de maior continuidade dos períodos de observações certamente deverão aparecer.

Tais evidências, ainda que não retratem todas as mudanças ocorridas ao longo do período, atestam as principais variações dos níveis energéticos, aqui traduzidas pela predominância do processo de assoreamento na Parte Interna, provavelmente mais sensível às variações ambientais.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Três são os tipos de resultados obtidos neste estudo. Os de granulometria resultantes das campanhas de coleta dos sedimentos de fundo, os de biodetritos relacionados aos percentuais de restos de animais encontrados durante o peneiramento das amostras de fundo e os resultados das medições batimétricas realizadas.

Por constituir-se em tópico fundamental deste estudo são apresentadas quatro tabelas com os principais resultados de cada estação de coleta de sedimentos (Tabelas 1, 2, 3 e 4). Neelas, para facilitar a compreensão, a numeração das estações obedece às suas localizações. Assim as posicionadas dentro da Enseada dos Anjos, ou Parte Interna receberam a letra D e às demais localizadas na Parte Externa, a letra F. Todavia a estação 78, mesmo localizada na Parte Interna recebeu a letra F, que foi mantida. Nas duas primeiras tabelas (Tabelas 1 e 2), são apresentados os valores obtidos em cada situação amostrada. A terceira tabela mostra os resultados diferenciais obtidos das diferenças aritméticas entre as duas situações (Tab. 3 = Tab. 1 - Tab. 2), enquanto que na quarta tabela são relacionados os valores médios das situações amostradas (Tab. 4 = (Tab. 1 + Tab. 2)/2.)).

É interessante ainda esclarecer, que de acordo com a nomenclatura apresentada, as informações são tabeladas da seguinte forma, em relação às 8 colunas de cada tabela:

C1 - Nº da estação	(EST.)
C2 - Profundidade local	(BT)
C3 - Desvio Padrão	(SEL)
C4 - Assimetria	(SK)

**** 1981 ****

EST.	BT	SEL	SK	KG	MZ	MD	CA%
78F	22.00	.74	-.04	1.13	1.68	1.70	39.06
24D	30.00	.60	-.02	1.01	3.10	3.11	.49
23D	15.00	.69	.24	1.16	1.50	1.41	43.29
22D	17.00	1.14	.02	1.18	1.20	1.20	16.27
16D	18.00	.47	-.01	.84	2.22	2.28	4.79
15D	25.00	.45	-.04	1.30	3.00	3.00	.11
13D	15.00	1.00	.12	.86	1.34	1.30	.19
7D	11.00	.41	-.13	1.06	3.01	3.05	.85
14D	23.00	.89	.19	1.72	3.24	3.20	.21
6D	8.00	.62	-.04	1.50	2.95	3.00	.59
8D	17.00	.68	-.42	1.24	2.92	3.11	.83
38D	4.00	.27	.09	1.00	2.57	2.55	.10
5D	7.00	.49	-.28	1.27	2.87	2.98	.24
4DB	11.00	.77	.18	1.07	1.70	1.60	30.37
37D	5.00	.29	-.04	1.06	2.74	2.75	.01
39D	5.00	.26	.19	.87	2.09	2.05	.18
36D	18.00	1.14	.05	.64	1.51	1.42	69.99
35D	17.00	.78	.17	1.04	1.71	1.61	83.03
10D	13.00	1.24	-.41	.53	1.70	2.20	70.34
40D	14.00	.83	-.33	1.07	2.48	2.65	.88
9D	12.00	1.00	.29	.72	1.79	1.52	39.46
41D	5.00	.27	.20	1.08	2.00	1.96	.23
4DA	11.00	.71	.01	.85	2.84	2.84	.82
3D	3.00	1.06	-.13	.98	2.84	2.90	19.61
11D	8.00	.70	-.27	1.09	2.92	3.06	.05
43D	6.00	.30	-.11	.86	2.74	2.76	.05
12D	5.00	.48	-.08	.95	2.71	2.75	1.73
2D	3.00	.44	.15	1.39	3.27	3.21	.01
44D	6.00	.29	.07	1.13	2.32	2.30	1.36
53D	3.00	.26	.04	1.06	2.39	2.38	.22
1D	3.00	.51	-.15	1.37	2.48	2.50	1.90
45D	5.00	.41	.24	1.18	2.56	2.47	1.40
52D	3.00	.28	.02	1.15	2.30	2.30	.59
50D	10.00	.27	.11	1.10	2.23	2.20	1.19
46D	6.00	.43	.10	.83	2.65	2.60	13.77
51D	3.00	.36	.06	1.33	2.31	2.28	.07
49D	22.00	.30	.03	1.12	2.32	2.31	1.33
47D	20.00	.22	-.06	1.20	2.30	2.31	.23
48D	25.00	.33	-.18	1.60	2.25	2.28	1.84
4F	7.00	.31	.08	1.07	2.09	2.07	.09
3F	26.00	.28	.14	1.19	2.53	2.49	.04
2F	22.00	.35	.09	1.07	2.43	2.40	.08
5F	15.00	.40	.05	.87	2.53	2.50	.33
6F	11.00	.35	.09	1.14	2.42	2.40	.20
30F	50.00	.30	-.12	1.37	2.18	2.20	.12
31F	40.00	.26	.15	1.02	2.19	2.15	.10
7FA	9.00	.41	.02	1.51	2.27	2.23	.07
29F	53.00	.40	.07	1.62	2.40	2.35	12.74
8FA	12.00	.22	.10	1.33	1.99	1.97	.07
11FA	35.00	.26	.03	1.20	1.95	1.95	.62
9FA	40.00	.35	.09	1.56	1.90	1.89	.05
9FB	46.00	.51	.14	1.40	2.03	1.99	.72
10F	42.00	.34	-.02	1.22	1.79	1.80	.84
8FB	25.00	.37	.12	1.66	1.91	1.87	.06

TABELA 1

**** 1982 ****

EST.	BT	SEL	SK	KG	MZ	MD	CA%
78F	17.00	.59	-.11	1.17	2.34	2.37	87.31
24D	23.00	.41	.05	1.14	2.78	2.79	2.71
23D	18.00	.62	-.09	1.23	2.36	2.39	76.29
22D	22.00	.76	.09	1.11	2.33	2.27	61.71
16D	18.00	.49	.09	1.13	3.05	3.01	1.19
15D	24.00	.53	.01	.98	3.12	3.13	3.74
13D	18.00	.65	.07	1.33	1.91	1.87	81.80
7D	7.00	.59	-.23	1.36	2.81	2.91	40.14
14D	24.00	.69	-.10	1.17	3.15	3.20	2.74
6D	7.00	.55	.11	1.73	2.98	3.00	.92
8D	16.00	.74	-.28	1.13	2.94	3.07	9.34
38D	5.00	.35	.05	1.46	1.95	1.91	5.17
5D	5.00	.58	-.13	1.04	2.53	2.56	22.95
4DB	10.00	1.06	-.01	.90	1.78	1.78	30.57
37D	5.00	.28	-.02	.74	2.66	2.66	.15
39D	5.00	.31	.05	.85	2.55	2.52	.66
36D	6.00	.26	-.18	.88	2.74	2.78	.32
35D	12.00	.32	.06	.81	2.60	2.57	2.43
10D	15.00	.80	-.02	.92	2.28	2.28	15.47
40D	15.00	.44	-.04	.96	3.03	3.06	1.62
9D	14.00	.41	-.78	1.19	2.41	2.64	67.36
41D	11.00	.28	.25	1.30	2.10	2.04	1.96
4DA	11.00	.74	-.15	2.24	2.34	2.34	9.79
3D	7.00	.73	-.07	1.03	3.15	3.17	3.88
11D	13.00	.60	-.14	1.15	2.50	2.55	41.24
43D	12.00	.26	.13	.88	2.09	2.05	1.42
12D	10.00	.55	-.08	1.28	2.30	2.30	58.12
2D	4.00	1.22	-.32	1.11	2.61	2.83	73.28
44D	8.00	.36	-.28	1.64	2.22	2.28	1.56
53D	4.00	.32	.07	1.20	2.38	2.54	.55
1D	4.00	.31	.15	1.73	3.23	3.17	2.30
45D	5.00	.24	.13	.73	2.14	2.11	1.55
52D	4.00	.22	-.55	1.09	2.32	2.33	.26
50D	6.00	.24	.10	.72	2.14	2.12	1.57
46D	3.00	.28	.21	.97	2.51	2.45	1.46
51D	3.00	.27	-.06	.98	2.31	2.34	.09
49D	12.00	.24	.08	.70	2.17	2.15	2.01
47D	5.00	.25	-.06	1.05	2.29	2.31	2.14
48D	33.00	.28	.14	.85	2.14	2.11	2.45
4F	7.00	.29	.09	.91	2.05	2.02	.16
3F	12.00	.34	.10	1.03	2.21	2.19	.01
2F	18.00	.28	-.03	.94	2.28	2.31	.11
5F	15.00	.39	.11	.76	2.50	2.45	.42
6F	11.00	.33	.05	.93	2.18	2.17	.16
30F	40.00	.38	.07	1.49	2.45	2.40	42.44
31F	38.00	.25	-.02	1.19	2.30	2.31	2.67
7FA	10.00	.26	.07	.77	2.19	2.18	.07
29F	13.00	.39	.03	1.31	2.36	2.34	3.16
8FA	10.00	.19	-.15	1.66	1.89	1.93	.06
11FA	15.00	.34	.06	2.05	2.46	2.44	.70
9FA	20.00	.50	-.19	1.14	1.98	2.03	4.49
9FB	40.00	.33	.09	1.31	1.87	1.85	.01
10F	52.00	.46	.32	1.44	1.98	1.89	.83
8FB	40.00	.32	.08	1.17	1.79	1.79	.98

TABELA 2

DIFERENÇAS 1981 - 1982

EST.	BT	SEL	SK	KG	MZ	MD	CA%
78F	5.00	.15	.07	-.04	-.66	-.67	-48.25
24D	7.00	.19	-.07	-.13	.32	.32	-2.22
23D	-3.00	.07	.33	-.07	-.86	-.98	-33.00
22D	-5.00	.38	-.07	.07	-1.13	-1.07	-45.44
16D	.00	-.02	-.10	-.29	-.83	-.73	3.60
15D	1.00	-.08	-.05	.32	-.12	-.13	-3.63
13D	-3.00	.35	.05	-.47	-.57	-.57	-81.61
7D	4.00	-.18	.10	-.30	.20	.14	-39.29
14D	-1.00	.20	.29	.55	.09	.00	-2.53
6D	1.00	.07	-.15	-.23	-.03	.00	-.33
8D	1.00	-.06	-.14	.11	-.02	.04	-8.51
38D	-1.00	-.08	.04	-.46	.62	.64	-5.07
5D	2.00	-.09	-.15	.23	.34	.42	-22.71
4DB	1.00	-.29	.19	.17	-.08	-.18	-.20
37D	.00	.01	-.02	.32	.08	.09	-.14
39D	.00	-.05	.14	.02	-.46	-.47	-.48
36D	12.00	.88	.23	-.24	-1.23	-1.36	69.67
35D	5.00	.46	.11	.23	-.89	-.96	80.60
10D	-2.00	.44	-.39	-.39	-.58	-.08	54.87
40D	-1.00	.39	-.29	.11	-.55	-.41	-.74
9D	-2.00	.59	1.07	-.47	-.62	-1.12	-27.90
41D	-6.00	-.01	-.05	-.22	-.10	-.08	-1.73
4DA	.00	-.03	.16	-1.39	.50	.50	-8.97
3D	-4.00	.33	-.06	-.05	-.31	-.27	15.73
11D	-5.00	.10	-.13	-.06	.42	.51	-41.19
43D	-6.00	.04	-.24	-.02	.65	.71	-1.37
12D	-5.00	-.07	.00	-.33	.41	.45	-56.39
2D	-1.00	-.78	.47	.28	.66	.38	-73.27
44D	-2.00	-.07	.35	-.51	.10	.02	-.20
53D	-1.00	-.06	-.03	-.14	.01	-.16	-.33
1D	-1.00	.20	-.30	-.36	-.75	-.67	-.40
45D	.00	.17	.11	.45	.42	.36	-.15
52D	-1.00	.06	.57	.06	-.02	-.03	.33
50D	4.00	.03	.01	.38	.09	.08	-.38
46D	3.00	.15	-.11	-.14	.14	.15	12.31
51D	.00	.09	.12	.35	.00	-.06	-.02
49D	10.00	.06	-.05	.42	.15	.16	-.68
47D	15.00	-.03	.00	.15	.01	.00	-1.91
48D	-8.00	.05	-.32	.75	.11	.17	-.61
4F	.00	.02	-.01	.16	.04	.05	-.07
3F	14.00	-.06	.04	.16	.32	.30	.03
2F	4.00	.07	.12	.13	.15	.09	-.03
5F	.00	.01	-.06	.11	.03	.05	-.09
6F	.00	.02	.04	.21	.24	.23	.04
30F	10.00	-.08	-.19	-.12	-.27	-.20	-42.32
31F	2.00	.01	.17	-.17	-.11	-.16	-2.57
7FA	-1.00	.15	-.05	.74	.08	.05	.00
29F	40.00	.01	.04	.31	.04	.01	9.58
8FA	2.00	.03	.25	-.33	.10	.04	.01
11FA	20.00	-.08	-.03	-.85	-.51	-.49	-.08
9FA	20.00	-.15	.28	.42	-.08	-.14	-4.44
9FB	6.00	.18	.05	.09	.16	.14	.71
10F	-10.00	.12	-.34	-.22	-.19	-.09	.01
8FB	-15.00	.05	.04	.49	.12	.08	-.92

TABELA 3

*** VALORES MEDIOS ***

EST.	BT	SEL	SK	KG	MZ	MD	CA%
78F	19.50	.66	-.08	1.15	2.01	2.03	63.18
24D	26.50	.50	.02	1.08	2.94	2.95	1.60
23D	16.50	.65	.08	1.19	1.93	1.90	59.79
22D	19.50	.95	.05	1.14	1.77	1.73	38.99
16D	18.00	.48	.04	.99	2.64	2.64	2.99
15D	24.50	.49	-.02	1.14	3.06	3.07	1.92
13D	16.50	.83	.09	1.10	1.62	1.59	41.00
7D	9.00	.50	-.18	1.21	2.91	2.98	20.49
14D	23.50	.79	.05	1.44	3.20	3.20	1.47
6D	7.50	.59	.03	1.62	2.97	3.00	.75
8D	16.50	.71	-.35	1.18	2.93	3.09	5.09
38D	4.50	.31	.07	1.23	2.26	2.23	2.64
5D	6.00	.53	-.21	1.15	2.70	2.77	11.59
4DB	10.50	.91	.08	.99	1.74	1.69	30.47
37D	5.00	.29	-.03	.90	2.70	2.70	.08
39D	5.00	.29	.12	.86	2.32	2.28	.42
36D	12.00	.70	-.06	.76	2.12	2.10	35.15
35D	14.50	.55	.11	.92	2.16	2.09	42.73
10D	14.00	1.02	-.22	.73	1.99	2.24	42.90
40D	14.50	.63	-.19	1.02	2.76	2.86	1.25
9D	13.00	.71	-.25	.96	2.10	2.08	53.41
41D	8.00	.27	.22	1.19	2.05	2.00	1.10
4DA	11.00	.73	-.07	1.55	2.59	2.59	5.31
3D	5.00	.89	-.10	1.01	2.99	3.03	11.75
11D	10.50	.65	-.21	1.12	2.71	2.80	20.65
43D	9.00	.28	.01	.87	2.41	2.41	.74
12D	7.50	.51	-.08	1.12	2.51	2.53	29.92
2D	3.50	.83	-.08	1.25	2.94	3.02	36.64
44D	7.00	.32	-.11	1.38	2.27	2.29	1.46
53D	3.50	.29	.05	1.13	2.39	2.46	.38
1D	3.50	.41	.00	1.55	2.86	2.84	2.10
45D	5.00	.32	.19	.96	2.35	2.29	1.47
52D	3.50	.25	-.26	1.12	2.31	2.32	.43
50D	8.00	.25	.11	.91	2.18	2.16	1.38
46D	4.50	.36	.16	.90	2.58	2.53	7.61
51D	3.00	.31	.00	1.15	2.31	2.31	.08
49D	17.00	.27	.05	.91	2.24	2.23	1.67
47D	12.50	.24	-.06	1.12	2.30	2.31	1.18
48D	29.00	.31	-.02	1.22	2.20	2.20	2.14
4F	7.00	.30	.08	.99	2.07	2.05	.13
3F	19.00	.31	.12	1.11	2.37	2.34	.02
2F	20.00	.31	.03	1.01	2.36	2.36	.09
5F	15.00	.39	.08	.82	2.51	2.47	.38
6F	11.00	.34	.07	1.04	2.30	2.28	.18
30F	45.00	.34	-.02	1.43	2.32	2.30	21.28
31F	39.00	.25	.06	1.11	2.24	2.23	1.38
7FA	9.50	.33	.05	1.14	2.23	2.20	.07
29F	33.00	.39	.05	1.46	2.38	2.34	7.95
8FA	11.00	.21	-.02	1.49	1.94	1.95	.06
11FA	25.00	.30	.05	1.62	2.20	2.20	.66
9FA	30.00	.43	-.05	1.35	1.94	1.96	2.27
9FB	43.00	.42	.11	1.36	1.95	1.92	.37
10F	47.00	.40	.15	1.33	1.88	1.85	.84
8FB	32.50	.35	.10	1.41	1.85	1.83	.52

TABELA 4

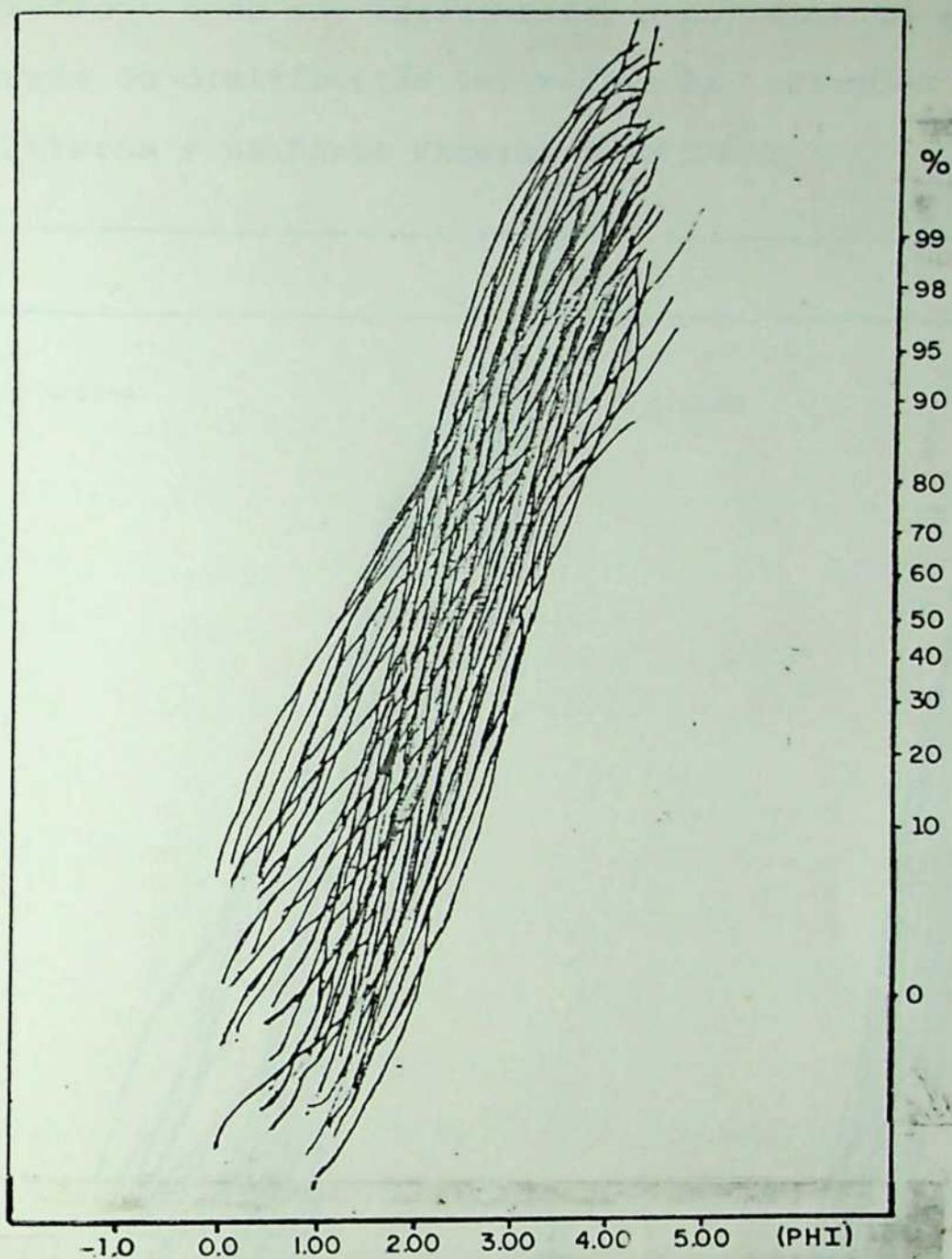
C5 - Curtose	(KG)
C6 - Diâmetro Médio	(MZ)
C7 - Mediana	(MD)
C8 - % de CaCO_3	(CA%)

4.1. Granulométricos

As formas de apresentação destes resultados, tradicionalmente resumidas no fornecimento das curvas de distribuição granulométrica e de histogramas de frequência dos percentuais dos pesos retidos nas peneiras, são apresentados através de mapas que permitem uma descrição mais detalhada dos principais aspectos relacionados às características físicas dos sedimentos em função dos processos de sedimentação predominantes.

Tendo em vista o trabalho estar voltado para determinar aspectos relacionados aos processos de sedimentação, as alterações ocorridas entre as duas épocas observadas são apresentadas através de mapas diferenciais, que consistem no mapeamento das diferenças aritméticas entre os valores obtidos em cada situação. Com isto, é possível identificar com maior precisão as principais variações de distribuição dos parâmetros granulométricos e relacioná-las aos ambientes de sedimentação existentes.

Considerando-se que as curvas de distribuição podem fornecer uma visão contínua das distribuições obtidas das análises granulométricas, primeiramente é apresentada em conjunto uma plotagem de todas as curvas indistintamente quanto às suas localizações (Fig. 18).



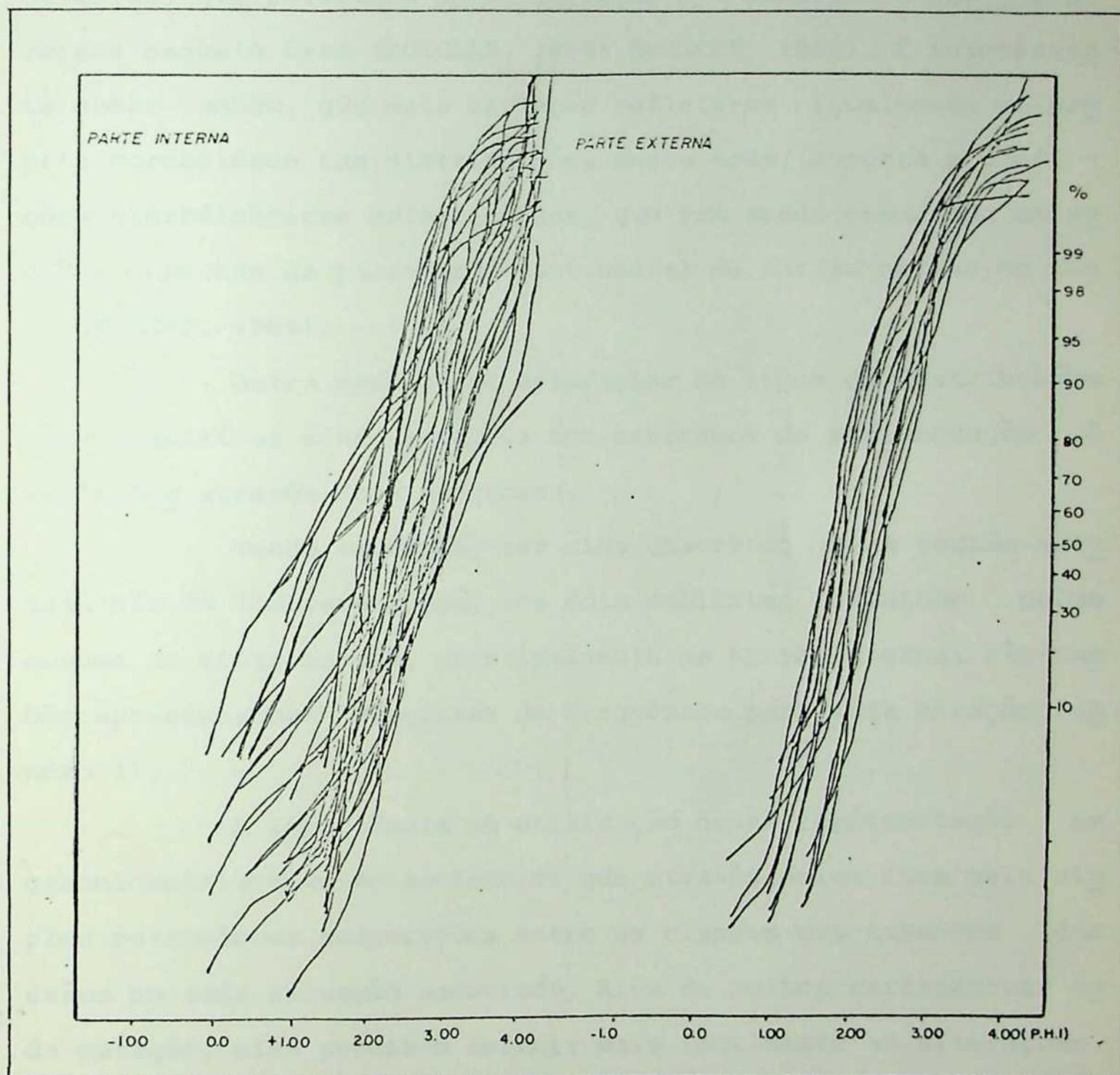
REPRESENTAÇÃO GERAL DAS CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

FIG. 18

É importante observar, que em uma primeira aproximação, a plotagem em conjunto permite no máximo definir uma condição de heterogeneidade para a região, na medida em que os vários tipos de distribuição observadas sugerem distintos ambientes de sedimentação.

A partir de tais evidências, foram elaborados mais

dois gráficos onde são apresentadas separadamente as plotagens das curvas de distribuição referentes às estações localizadas na Parte Interna e na Parte Externa (Fig. 19).



CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA PARA CADA AMBIENTE ANALISADO

FIG. 19

Algumas diferenças tornam-se mais claras, principalmente em relação aos ambientes deposicionais expostos à condições hidrodinâmicas distintas.

Nas curvas da Parte Interna as variações são mais acentuadas, refletindo diretamente a inconstância dos processos

de sedimentação que atuam sobre os grãos naquela área.

Em relação à Parte Externa, os traçados mais homogêneos indicam tratar-se de um ambiente granulometricamente mais definido, que reflete a menor variação e a constância dos processos naquela área (DOEGLAS, 1968; SPENCER, 1963). É interessante notar também, que esta situação reflete-se igualmente na própria normalidade das distribuições desta área, exposta a condições hidrodinâmicas mais intensas, que vem sendo observada em regiões internas da plataforma continental de outras partes do mundo (TANNER, 1964).

Outra maneira de evidenciar os tipos de distribuições granulométricas e as variações dos processos de sedimentação é realizada através de histogramas.

Tendo em vista, ter sido observado que a região estudada não se limitava apenas aos dois ambientes definidos pelas curvas de distribuição, principalmente na Parte Interna, são também apresentados histogramas de frequência para cada estação (Anexo 1).

A importância da utilização desta representação em granulometria deve-se ao fato de que através deles fica mais simples estabelecer comparações entre as classes dos tamanhos dos grãos em cada situação amostrada. Além de melhor caracterizar cada estação, eles permitem definir mais facilmente as alterações das classes de tamanho dos grãos, ocorridas entre as duas épocas de amostragem, possibilitando ainda relacioná-las aos processos de sedimentação.

Por melhor definir as classes modais de uma distribuição granulométrica, as variações relativas à maior ou menor concentração de um determinado tipo de sedimento são mais claramente definidas nestas representações (KRUMBEIN, 1934).

Nos histogramas em anexo, algumas estações ap^{re}sentam alterações bastante expressivas em termos de classes modais e da própria distribuição granulométrica dos sedimentos.

Na estação 2d, a situação de predomínio da classe modal corresponde a areias grossas em 1982, traduzindo uma nítida alteração do histograma de 1981, quando a classe modal apresentava uma predominância para os limites de areias muito finas, registrando portanto uma variação granulométrica possivelmente relacionada às mudanças nos processos de sedimentação ocorridos entre as duas épocas amostradas.

Da mesma forma, as estações 11d e 12d mostram este mesmo tipo de alteração, passando a classe modal para a parte mais grosseira das suas distribuições.

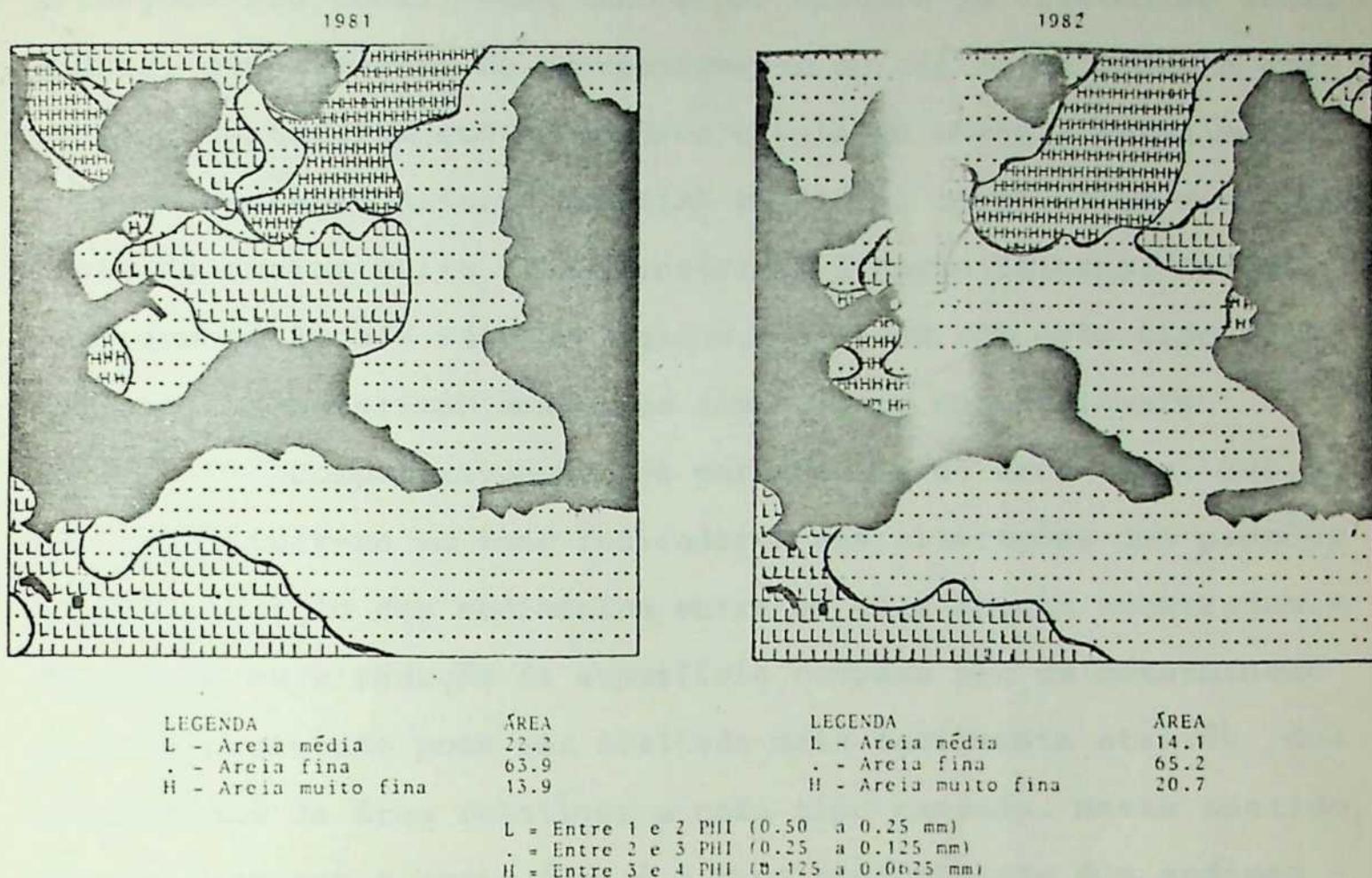
Nos histogramas relativos às estações da Parte Externa não são observadas grandes alterações confirmando-se assim os aspectos obtidos das curvas de distribuição, onde a tendência à normalidade predomina. Neste contexto, é interessante observar que algumas estações da Parte Interna também exibem distribuições com este mesmo tipo de tendência sugerindo a existência de um terceiro ambiente de sedimentação.

A visualização dos padrões de distribuição dos sedimentos, expressos pelos valores dos parâmetros granulométricos de cada estação, são apresentados através de mapas.

4.1.1. Diâmetro Médio

Para representar a distribuição dos valores dos diâmetros médios dos grãos, inicialmente são mostrados os mapas relativos às campanhas de 1981 e 1982 (Fig. 20). Elaborados em com

DIÂMETRO MÉDIO



DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DOS DIÂMETROS MÉDIOS DOS GRÃOS
FIG. 20

putador, a partir da adaptação de programas de mapeamento (DA - VIS, 1973), estes mapas são apresentados na mesma escala a fim de facilitar as interpretações e comparações entre as situações analisadas.

Através destes mapas é possível constatar que a região compõem-se predominantemente por areias finas. Os demais tipos, areias médias e areias muito finas, representam ambientes deposicionais distintos. Eles representam respectivamente zonas de alta e de baixa energia. Neste sentido, o tipo areia média predomina na Parte Externa, constitui um ambiente típico de zonas de alta energia, aberto para o oceano, enquanto que as áreas de areias muito finas correspondentes aos ambientes de baixa energia, em sua maior porção, localizam-se na Parte Interna. Estas

situações são confirmadas também por estudos já existentes sobre a área, que a partir do acompanhamento do regime de ondas e correntes constataram que os maiores níveis de energia normalmente ocorrem na Parte Externa (MOREIRA DA SILVA, 1968). Além disto, as zonas de areias muito finas, restritas à Parte Interna, demonstram que os locais mais protegidos, mapeados com este tipo de sedimento, caracterizam ambientes tipicamente deposicionais.

Comparativamente, os percentuais de área (Fig. 20), podem constituir-se em bons indicadores das alterações dos padrões de distribuição dos sedimentos entre as duas épocas amostradas. A ampliação ou a redução da superfície ocupada por um determinado tipo de sedimento pode ser avaliada mais facilmente através dos percentuais de área relativos a cada tipo mapeado. Neste sentido, constata-se que a areia fina é o tipo predominante dos sedimentos da área. A pouca variação percentual deste tipo de sedimento (1.3%) configura também evidente situação de estabilidade granulométrica entre as duas épocas. Por outro lado, é importante ressaltar que morfologicamente esta estabilidade não se confirma. As alterações das formas de distribuição dos tipos de sedimentos são evidentes, principalmente em relação ao tipo predominante, areia fina. A zona contígua à Ilha do Cabo Frio, área típica em 1981 de areias finas, apresenta em 1982 feições diferenciadas, com a presença de outros tipos de sedimentos. Ainda que não tenha sido registrada uma ampliação relevante nos percentuais de área correspondente ao tipo predominante areia fina, verifica-se que na amostragem mais recente (1982) a sua penetração para o interior da enseada configura uma sensível alteração nas formas de distribuição deste tipo que certamente repercute nos demais alterando também suas formas de distribuição.

As variações mais expressivas, tanto de redução de

22.2% para 14.1% das áreas de areias médias, quanto a ampliação de 13.9% para 20.7% das áreas de areias muito finas, constituem alterações que a primeira vista leva-nos a crer que as distribuições apresentadas são aparentemente diferentes. Para confirmar ou não esta situação foi aplicado um teste estatístico que permitisse definir a realidade das alterações observadas nos mapas. No caso, a aplicação do teste do Qui-quadrado (X^2), normalmente adotado para avaliar a existência ou não de semelhanças entre distribuições de frequências expressas em termos percentuais (EBDON, 1977), mostrou-se ser o mais indicado para definir tal situação. Para a realização deste teste foi elaborada uma tabela de frequências percentuais (Tab.5) e aplicada a fórmula do X^2 , definida como $\frac{d^2}{\bar{c}}$ e expressa da seguinte forma:

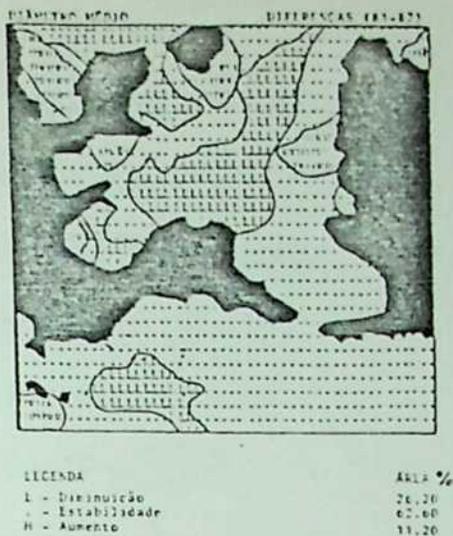
TIPOS DE SEDIMENTOS
FREQUENCIA % DE AREA

	AM	AF	AMF	% T
1981	22.2	63.9	13.9	100
1982	14.1	65.2	20.7	100
	36.3	129.1	34.6	200

AM — AREIA MEDIA
AF — AREIA FINA
AMF — AREIA MUITO FINA
TAB. 5

$$\begin{aligned}
 X^2 &= \frac{(22.2 - 18.5)^2}{18.5} + \frac{(63.9 - 64.55)^2}{64.55} + \frac{(13.9 - 17.30)^2}{17.30} + \\
 &+ \frac{(14.1 - 18.5)^2}{18.5} + \frac{(65.2 - 64.55)^2}{64.55} + \frac{(20.7 - 17.30)^2}{17.30} = \\
 X^2 &= .73 + .01 + .67 + .90 + .01 + .67 = 3.01
 \end{aligned}$$

Considerando o valor crítico tabelado (4.60), com 2 graus de liberdade, e comparando-o com o resultado obtido (3.01), verifica-se a inexistência de diferenciações estatisticamente significativas (90%), entre as duas situações.



DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DIFERENCIAIS DOS DIÂMETROS MÉDIOS

FIG. 21

Baseado nestes testes e para evidenciar as modificações ocorridas nos valores do diâmetro médio, é ainda apresentado o mapeamento das diferenças aritméticas deste parâmetro entre as duas situações amostradas (Fig. 21). Mostrando aspectos relacionados ao aumento, estabilidade e redução nos tamanhos dos grãos, este mapa reflete as principais variações granulométricas das distribuições encontradas. Se considerarmos que as variações apresentadas resultem de alterações nos processos de sedimentação, é perfeitamente possível constatar-se através dos percentuais de área indicados no mapa, para cada situação, que a região tende predominantemente a uma situação de estabilidade granulométrica, já que mais da metade da área mapeada (62.6%), não apresentou modificações de sua granulometria.

As zonas correspondentes ao aumento do diâmetro médio dos grãos nesta representação restringem-se a apenas 11.2% da área total efetivamente mapeada. Tal fato certamente deve-se à menor sensibilidade à mobilização, que tipos de materiais mais grosseiros apresentam, tendo em vista que apenas os recobrimentos mais finos estão sujeitos a serem mobilizados.

As áreas de areias muito finas, coincidentes com as zonas onde ocorreu redução do diâmetro médio dos grãos, correspondem a 26.2% da área total e apresentam particularidades em

sua distribuição, que são comentadas a seguir.

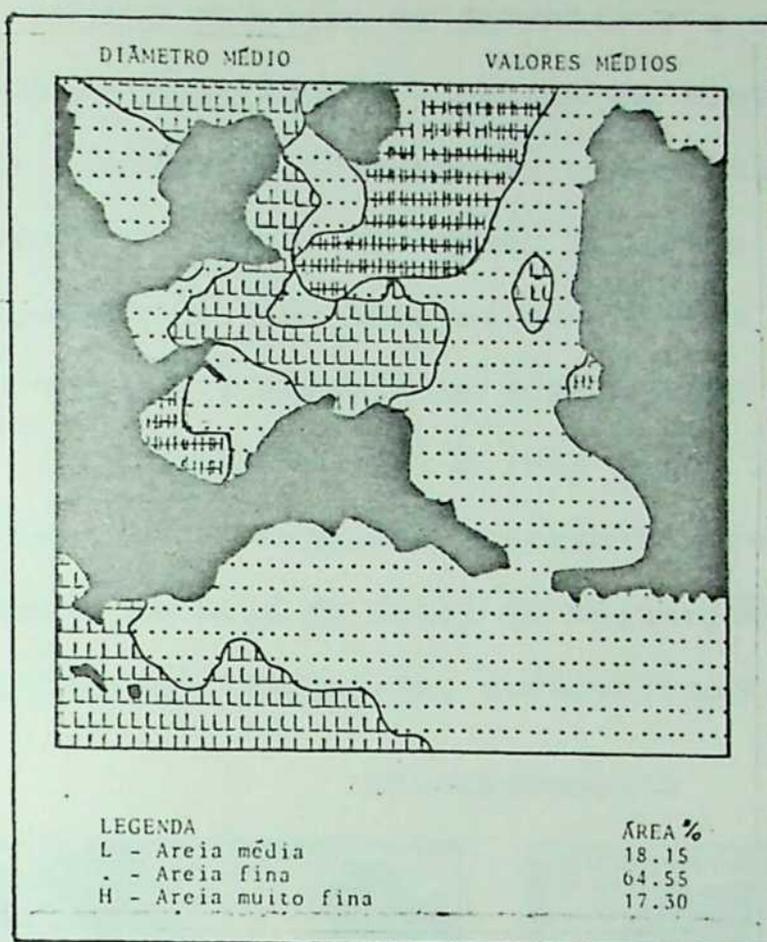
Inicialmente, em relação à célula que aparece na parte central da Enseada dos Anjos, é notória a ampliação progressiva dos seus limites, a partir do Oceano para o interior da própria enseada. Este fato sugere que os sedimentos mais finos, por atuação de ondas e correntes, tenham penetrado nesta região, a partir de áreas mais profundas do oceano e posteriormente ali depositados, segundo as feições da topografia do fundo, tendo em vista os limites desta célula guardarem relações de contorno com a batimetria apresentada pelas cartas de fundo da região.

As demais células, mapeadas com as mesmas características granulométricas, correspondem às zonas de menor intensidade de circulação. Por estarem localizadas nas partes mais protegidas da enseada, caracterizam zonas mais propícias à deposição dos materiais mais finos, eventualmente colocados em movimento e para ali transportados.

Na Parte Externa, as alterações aparecem minimizadas, indicando uma situação de "steady state", confirmando as indicações inicialmente mostradas pelas curvas e pelos histogramas de distribuição de frequência dos grãos. Nela, as áreas relativas à diminuição do diâmetro médio dos grãos mostram-se superiores àquelas correspondentes ao aumento deste parâmetro. Provavelmente, tal situação deve-se ao regime de circulação costeira das correntes, onde a maior frequência associada a uma orientação preferencial, da Ilha dos Franceses para a Ilha de Cabo Frio, configura uma área parcialmente protegida, na qual os sedimentos mais finos permanecem temporariamente depositados.

Para permitir ainda uma avaliação conjunta das campanhas de amostragem, é fornecido também um mapeamento dos valores relativos à média aritmética dos diâmetros de cada época amostrada.

trada (Fig. 22). Neste mapa, mais uma vez, confirma-se o predomí



DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DOS DIÂMETROS MÉDIOS $(81+82)/2$

FIG. 22

nio de areia fina para a região. Contudo, as variações descritas a partir do mapeamento dos tipos de sedimentos encontrados em cada campanha, tanto em relação ao aumento das áreas de areias muito finas e bem como em relação a diminuição das áreas de areias médias, quando caracterizadas por valores médios, apresentam proporções diferentes para os percentuais de área, em cada situação. Ou seja, as células de areias médias ocupam, em média, um maior percentual de área do que aquelas ocupadas por areias muito finas. Provavelmente em decorrência da maior vulnerabilidade que este último tipo de sedimento, a longo prazo, apresenta em relação à atuação de ondas e correntes na região, principalmente na Parte Interna, região por excelência de material relativamente mais fino (NITTROUER e STERNBERG, 1981).

4.1.2. Selecionamento

Com o objetivo de demonstrar a capacidade de seleção dos sedimentos, mobilizados a partir de flutuações no nível de energia dos agentes de transporte, o coeficiente de selecionamento é apresentado através de mapas, tendo-se como base os valores do desvio padrão de cada amostra em relação ao diâmetro médio, calculados segundo a fórmula de FOLK e WARD (1957).

Nos mapas de 1981 e 1982 (Fig. 23), as áreas de sedimentos muito bem selecionados mostram-se predominantes na região, principalmente na zona do Canal do Boqueirão e na Parte Externa, onde os agentes de transporte, caracterizados pela atuação mais

Selecionamento

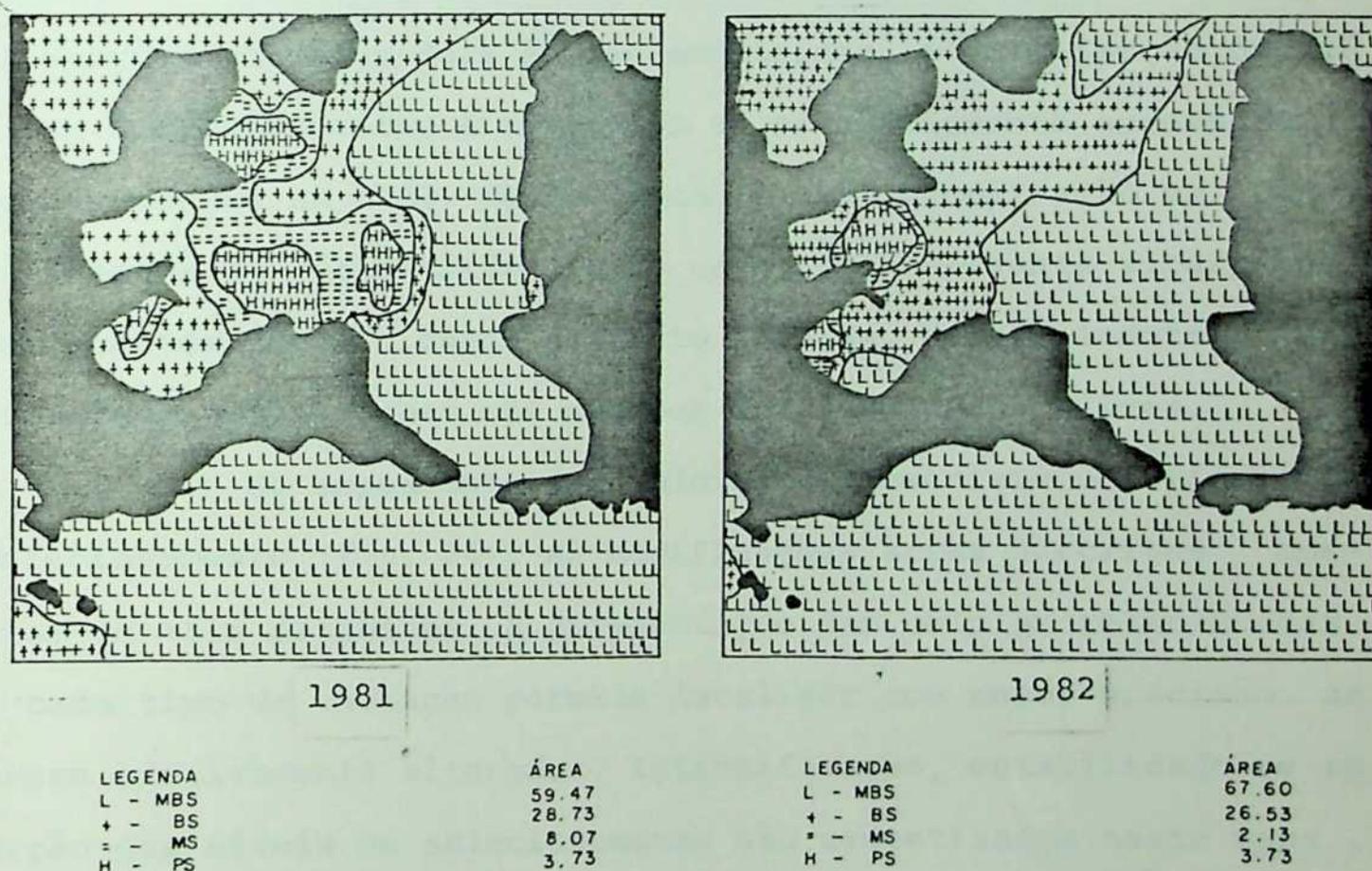


FIG.23

efetiva das ondas e correntes, se fazem sentir com maior intensidade e frequência, delineando um ambiente de maior energia.

Em bases comparativas, é interessante observar que em 1982 os sedimentos muito bem selecionados apresentam, em relação a época anterior, suas áreas percentuais ampliadas, atestando uma intensificação dos agentes deposicionais envolvidos no selecionamento dos sedimentos neste período. Confirmando estes fatos, nota-se também, que as células correspondentes aos sedimentos bem a moderadamente selecionados, mesmo tendo sido observada reduções de áreas, demonstram que as alterações na distribuição dos percentuais de área correspondente a este parâmetro, também ocorreram nas zonas de baixa atividade de transporte.

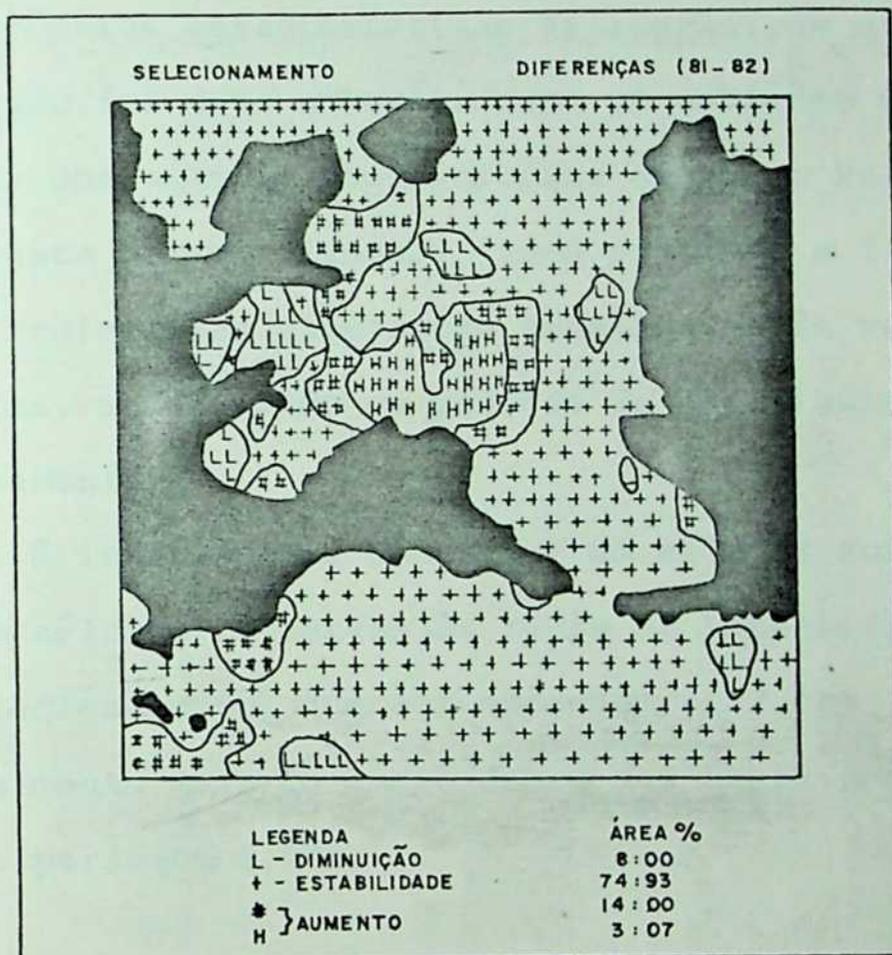
Em relação as áreas de sedimentos pobremente selecionados, correspondentes às zonas de níveis de energia ainda mais baixos, é necessário ressaltar que, apesar de não terem ocorrido alterações entre as duas épocas amostradas, a localização das células correspondentes a este tipo de selecionamento apresentam-se deslocadas em 1982. Nesta época, a sua concentração na área da Enseada do Forno evidencia no caso, uma relevante alteração dos agentes deposicionais na Parte Interna, possivelmente relacionada à modificações nos padrões de circulação da área.

No mapeamento dos valores diferenciais dos tipos de selecionamento (Fig. 24), as modificações acima descritas mostram-se mais definidas. A apresentação das células relacionadas a cada tipo de variação permite localizar com maior precisão as áreas efetivamente alteradas. Intensificação, estabilidade ou redução dos níveis de selecionamento são sintetizados neste mapa, no sentido de permitir também uma avaliação direta do comportamento dos coeficientes de selecionamento encontrados em cada situação.

Dentre as feições apresentadas pelo mapeamento diferencial dos tipos de selecionamento, a região em forma de arco, que engloba toda a zona que vai desde a Ilha dos Porcos até a

parte central da Enseada dos Anjos, é sem dúvida a área que apresenta as maiores modificações.

Neste sentido, é interessante notar que a situação de estabilidade, em termos de área onde mantiveram-se os níveis de selecionamento, configura a situação de predomínio dos sedimentos bem selecionados na região entre as duas épocas, correspondendo a 74.93%.



DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DIFERENCIAIS DO SELECIONAMENTO

FIG. 24

Nos locais onde a ação dos agentes deposicionais se fizeram sentir com maior ou menor intensidade, alterações relevantes nos níveis de selecionamento podem ser observadas. Conjugando-se estas informações com as feições registradas em cartas batimétricas da região, é possível constatar também que a feição de arco, anteriormente descrita, na realidade corresponde a uma

intensificação dos níveis de selecionamento ocorrida nos limites do contorno batimétrico de 20m.

Considerando-se ainda que os sedimentos nesta zona passaram de uma condição de pobremente selecionados para bem selecionados, torna-se bastante provável que fatores fisiográficos, associados a ocorrência de uma intensificação da circulação interna da própria enseada, tenham contribuído diretamente para aumentar o nível de selecionamento. Na realidade, a Parte Interna, pelas próprias características fisiográficas que apresenta, constitui como foi dito anteriormente um ambiente mais sensível às variações dos agentes deposicionais do que a Parte Externa. Mesmo assim, nesta parte, algumas áreas próximas a Ilha dos Franceses também registraram alterações semelhantes às verificadas na Parte Interna, modificando os padrões de distribuição dos níveis de selecionamento.

É interessante notar que em relação aos percentuais de área, as células relativas às zonas de intensificação dos níveis de selecionamento, que correspondem a 17.07%, representam proporcionalmente mais do que o dobro das áreas onde ocorreram reduções, que perfazem 8.00%.

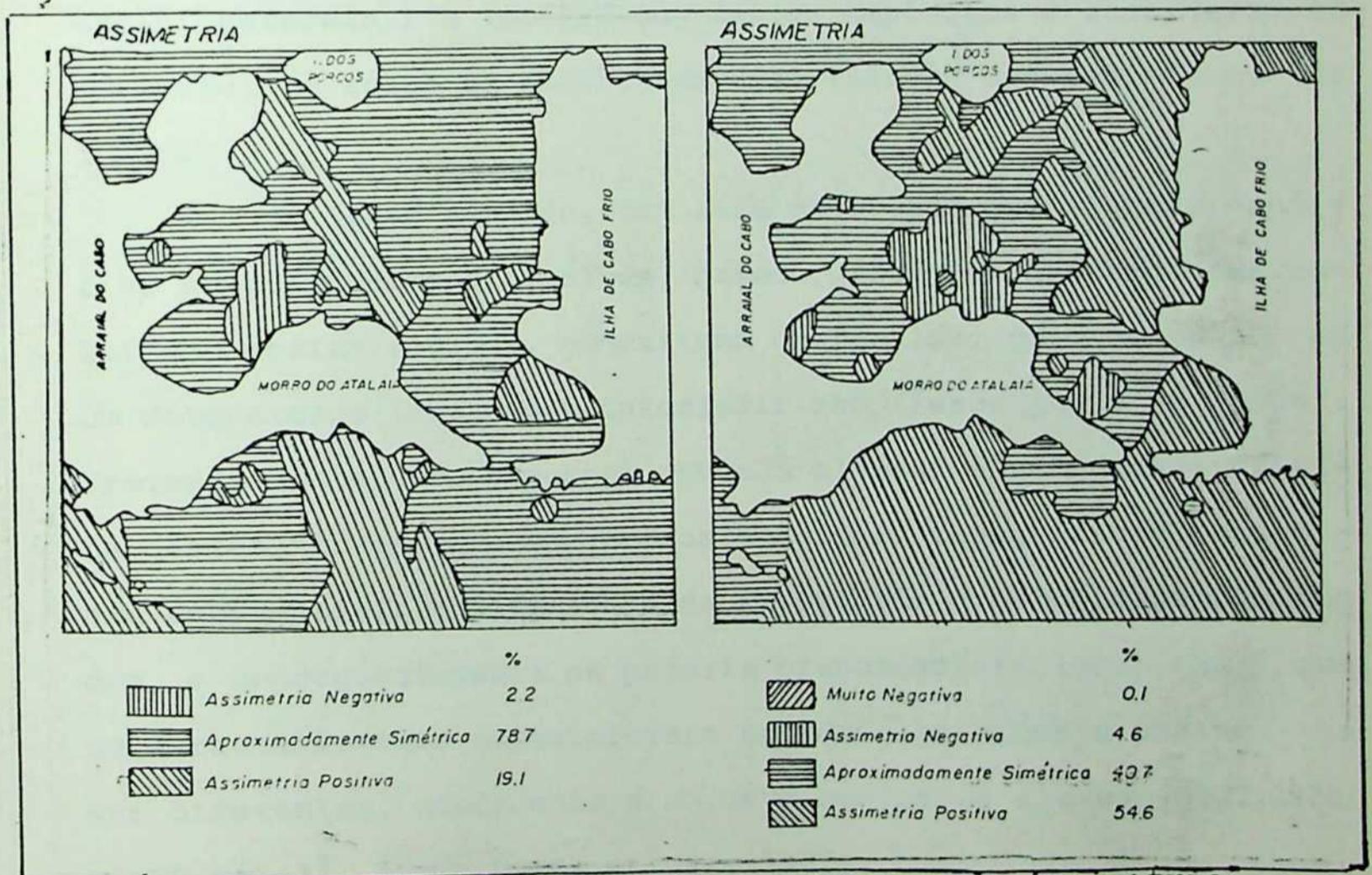
4.1.3. Assimetria

A reprodução dos valores de assimetria, calculados para cada estação, são apresentados por mapas referentes a cada época de amostragem (Fig. 25).

Sua utilização procura também evidenciar as principais características relacionadas ao nível energético do meio deposicional e à própria gênese dos sedimentos, na medida em que vários autores (CROSBY, 1972; FOLK e WARD, 1957; MARTINS, 1968) en-

contraram relações bastante expressivas entre os tipos de sedimentos e seus ambientes de origem.

Estudos realizados por BIGARELLA, SALAMUNI e PAVÃO (1959), nas praias de Ubatuba (SP), revelaram curvas simétricas para o estirâncio inferior e positivas para a zona de crista e do pós-praia. Igualmente, os mesmos autores encontraram para as praias de Matinho e Caiobã (PR) uma tendência bem definida, revelando uma distribuição de assimetria negativa para as praias da enseada e de assimetria positiva para as praias abertas ao oceano. Apesar de a caracterização dos ambientes praias não constituir o principal assunto deste estudo, é interessante observar que de maneira geral os mapas de assimetria (Fig. 25) confirmam as relações anteriores e permitem de forma preliminar avaliar o



DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE ASSIMETRIA (81-82)

FIG. 25

comportamento deste parâmetro na região. Assim, as distribuições assimétricamente negativas localizam-se predominantemente na Parte Interna, enquanto que as distribuições de assimetrias positivas ocupam, em maior percentual, as áreas relativas à Parte Externa, ou seja; correspondentes a ambientes de maior nível de energia.

4.2. Biodetríticos

Considerando que determinadas áreas da plataforma continental interna constituem ambiente natural de deposição dos restos de conchas e esqueletos dos animais, torna-se relevante para estudos que envolvam o conhecimento dos processos de sedimentação, determinar a localização destes depósitos e considerar os seus efeitos sobre os padrões de distribuição dos sedimentos de fundo.

Neste sentido, tem sido observado que algumas espécies de poliquetas e bivalves, quando presentes nas amostras coletadas nestas regiões, constituem obstáculos, cujo acúmulo em um determinado local pode interferir nos fluxos junto ao fundo. Frequentemente, sua presença chega a alterar a velocidade crítica destes fluxos, que sob certas condições topográficas ocasionam substanciais modificações na rugosidade e porosidade dos fundos, e conseqüentemente na própria granulometria local, já que as características deposicionais sofrem alterações e passam a ser diferentes, obedecendo a um novo regime de fluxos (OZOY, 1978; NOWEL et al, 1981; MAYER et al, 1982).

Para evidenciar os teores de carbonato de cálcio (CaCO_3) obtidos durante a pesagem do material peneirado, são apresentados mapas com os valores percentuais de cada estação de co-

leta, relativos a cada época de amostragem (Fig. 26).

Observem-se nestes mapas que nas duas amostragens os níveis de concentração de CaCO_3 não se apresentam expressivos nas áreas relativas à Parte Externa. Apesar de corresponderem a uma boa porção da superfície mapeada, os níveis percentuais de concentração são notoriamente muito baixos. Na realidade a distribuição destes níveis reflete a sua própria localização. Locais sob a ação de ondas e correntes configuram ambientes de maior energia, cuja intensidade e frequência dificultam a deposição e a permanência de biodetritos nesta área. As características topográficas da plataforma continental também constituem um aspecto relevante na caracterização destes materiais. Isto vem, por conseguinte, despertando interesse cada vez maior de diversos estudiosos, tendo em vista que a existência de inclinações superiores a 5 (graus) ter sido apontada como uma das causas que dificultam e algumas vezes impedem a concentração de qualquer mate

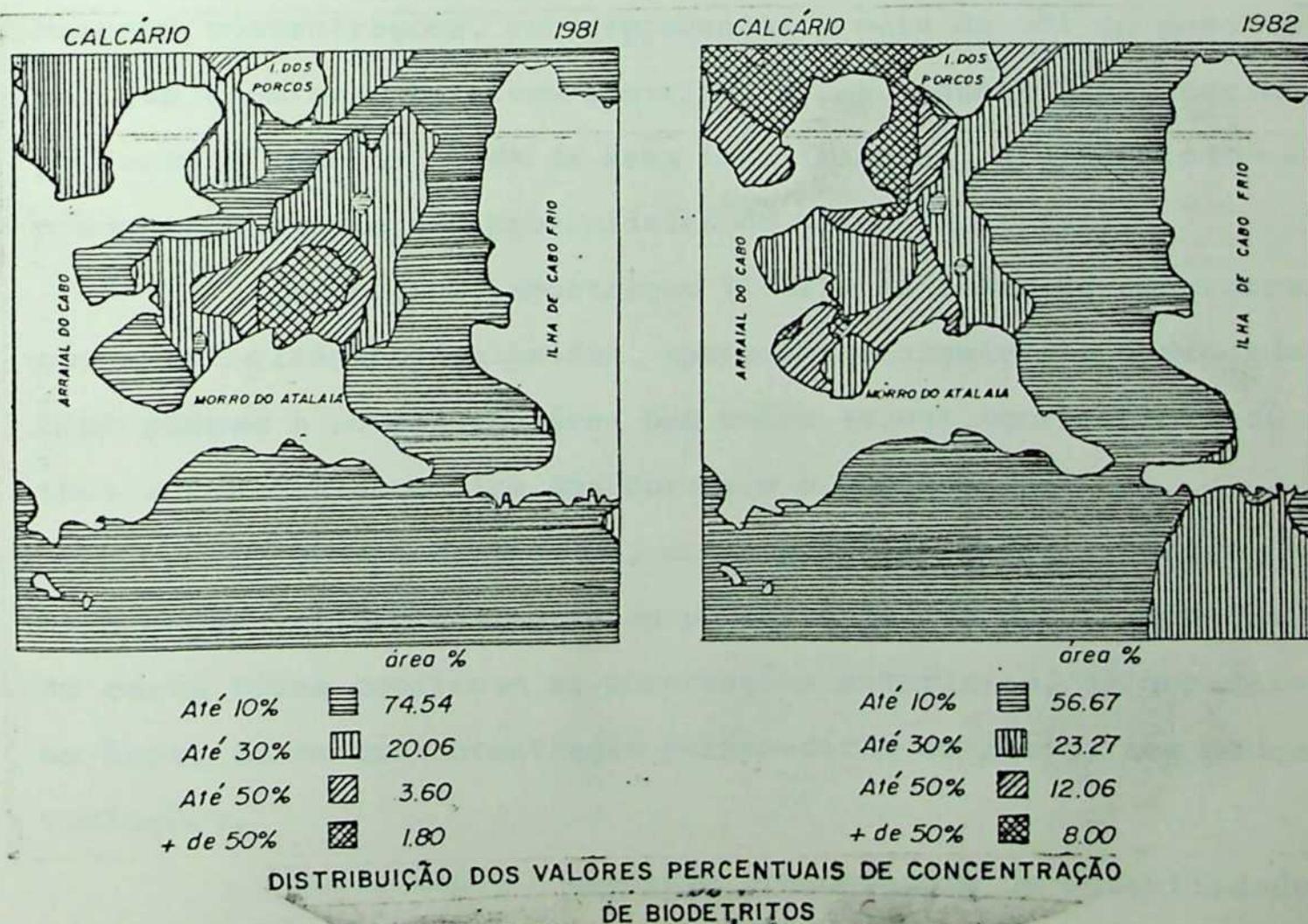


FIG. 26

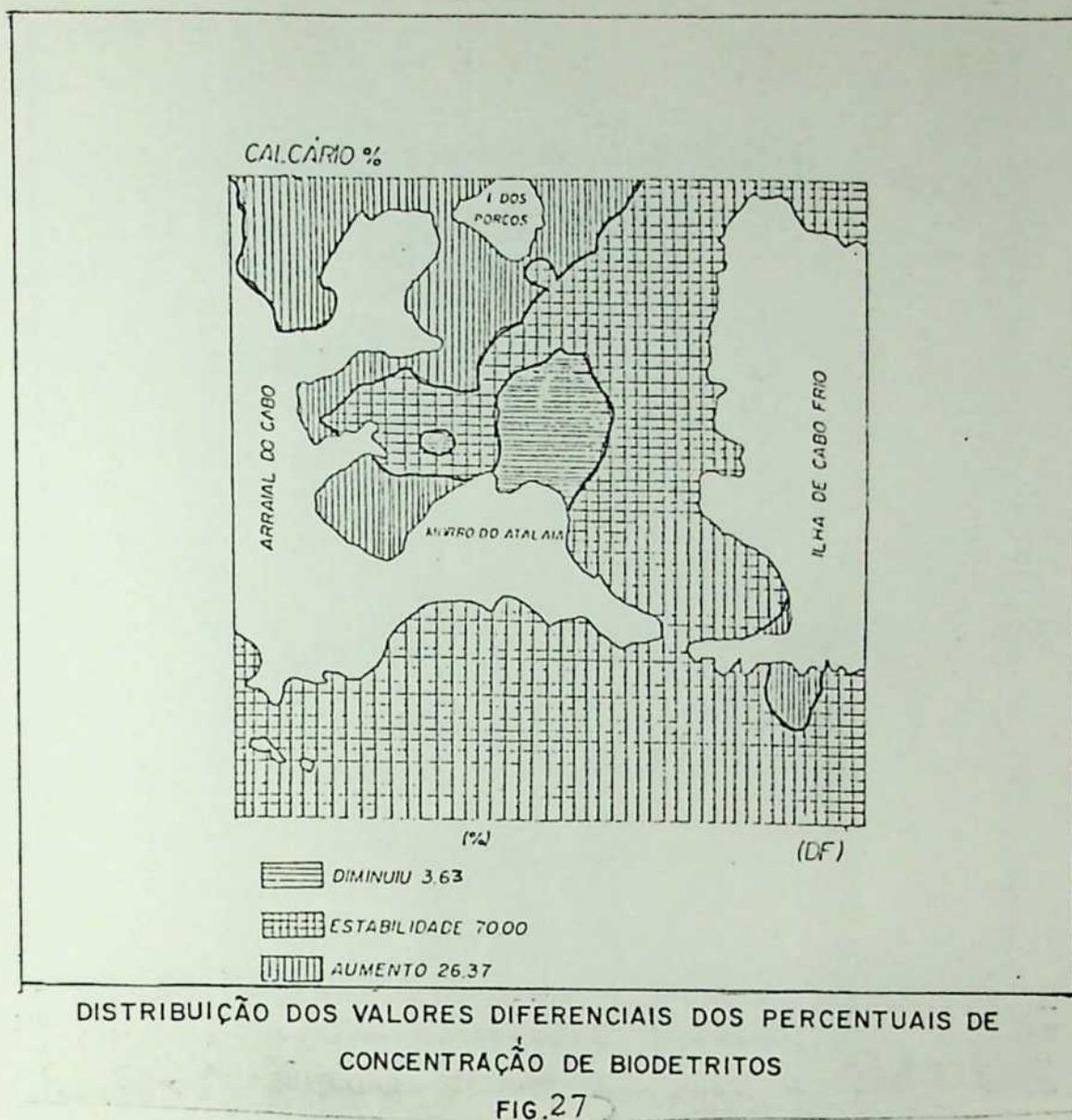
rial nesta área (OZOY, 1978). Desta forma, é interessante observar, com relação ao mapeamento apresentado (Fig. 26), que na Parte Externa apenas a estação 30F, na extremidade da Ilha do Cabo Frio, apresenta índices de concentração de biodetritos mais elevados, refletindo possivelmente alguma irregularidade na topografia de fundo, que em algumas ocasiões facilita e permite a maior concentração de biodetritos naquela área. A Parte Interna, sujeita a menor nível de energia, principalmente aquela gerada pelas ondas oceânicas (Swell), é a que apresenta as maiores taxas de concentração de CaCO_3 . A proteção natural oferecida pela presença da Ilha do Cabo Frio, associada a uma topografia suave, e ao próprio contorno batimétrico da Enseada dos Anjos, constituem, entre outros, os principais fatores físicos que permitem a existência de ambientes propícios a alta taxa de concentração de restos de animais que vão ao fundo.

Durante a primeira campanha (1981), os locais de maiores concentrações, correspondentes a mais de 50% do peso total das amostras, aparecem restritos a uma pequena área, correspondente a apenas 1.8% da área total mapeada, distribuindo-se predominantemente nas proximidades do morro da Atalaia.

Na segunda amostragem (1982), as áreas de concentração anteriormente localizadas, aparecem sensivelmente deslocadas. Elas passam a ocupar uma área bem maior (8.0%), correspondendo à toda a zona entre a Ilha dos Porcos e o Continente.

O mapa da fig. 27, correspondente a distribuição das diferenças aritméticas entre os percentuais das duas campanhas, de certa forma confirmam as observações anteriores, já que neles as áreas de menor concentração permaneceram estáveis, com poucas variações.

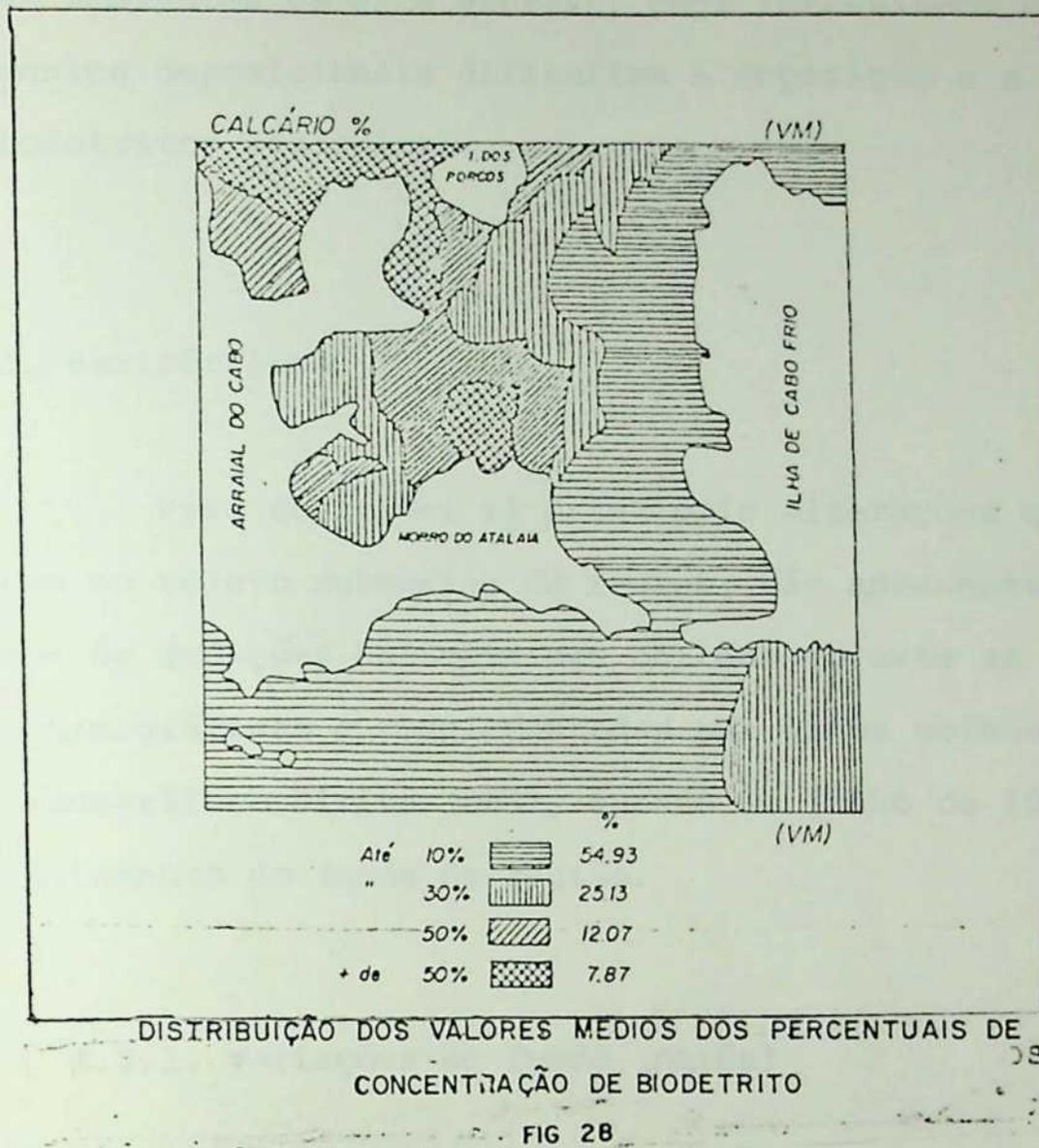
Neste mapa, a condição predominante de estabilidade



dos níveis percentuais de áreas, refletem a manutenção dos baixos teores de concentração de CaCO_3 para a maior parte da região (70%).

Considerando-se somente as áreas onde ocorreram alterações dos níveis de concentração, é interessante observar que as áreas relacionadas ao aumento dos percentuais de concentração (26.37%), são bem superiores àqueles que dizem respeito às áreas de diminuição destas taxas (3.63%).

Ainda que nos mapeamentos anteriores, as principais modificações tenham sido apresentadas, a situação mais comum atribuída a região é mostrada pelo mapa dos valores médios (Fig.28), no qual as áreas de concentração aparecem bem definidas. Através dele é possível confirmar que as áreas de maior concentração



de maneira geral restringem-se a duas grandes células na Parte Interna.

Tendo em vista, que os mapas relativos a cada época apresentam alternadamente as áreas de maior teor de concentração de CaCO_3 , torna-se evidente que tais alterações estejam diretamente relacionadas à circulação local, certamente afetada pelas condições meteorológicas, sob as quais foram efetuadas as campanhas de amostragem dos sedimentos.

As áreas correspondentes aos baixos teores de concentração de CaCO_3 mostram-se bastante expressivas. Ocupando mais da metade da área total mapeada, elas distribuem-se principalmente por duas áreas bem definidas. Tanto a Zona do Canal, quanto a Parte Externa marcadas pela quase ausência destes materiais, evi

denciam ambientes de alta energia, cuja intensidade e frequência dos agentes deposicionais dificultam a deposição e a permanência dos biodetritos nesta área.

4.3. Batimétricos

Para descrever as principais alterações que se processaram no relevo submarino da região, são apresentados os resultados de medições batimétricas obtidas durante as duas campanhas oceanográficas e complementadas por dados coletados pelo navio oceanográfico SÍRIUS (DHN), quando em junho de 1982 realizou um levantamento do fundo da região.

4.3.1. Variações de fundo (marés)

Em relação às análises das variações de fundo, que serão apresentadas pelos mapas batimétricos diferenciais, é interessante ressaltar que, ainda que as correções de maré, normalmente efetuadas durante a elaboração das cartas batimétricas, não tenham sido realizadas diretamente sobre os valores de profundidade obtidos para cada estação, tais correções não deixaram de ser realizadas. Mesmo tendo sido consideradas desprezíveis, as variações devidas às diferenças entre os níveis de marés dos dois períodos analisados foram estimadas limitando-se à oscilações da ordem de 20cm (Fig. 29), em torno do nível médio do mar (0.67cm). Tal fato na realidade configura uma situação bem inferior às menores variações consideradas nos mapeamentos diferenciais do fundo, no caso $\pm 1.5m$ em média, conforme veremos adiante.

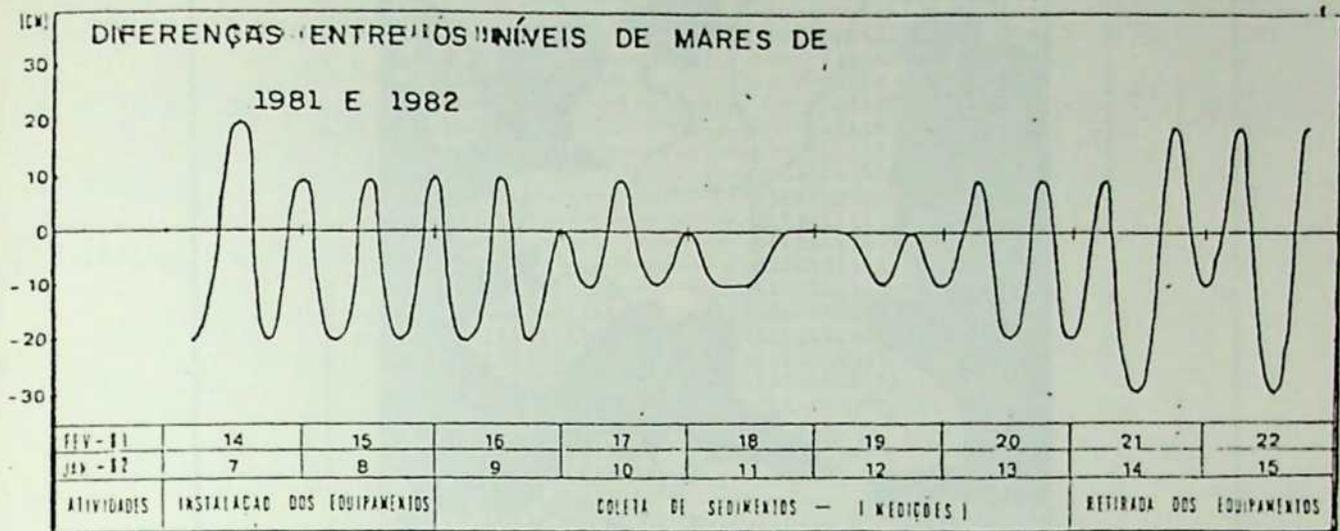


FIG. 29

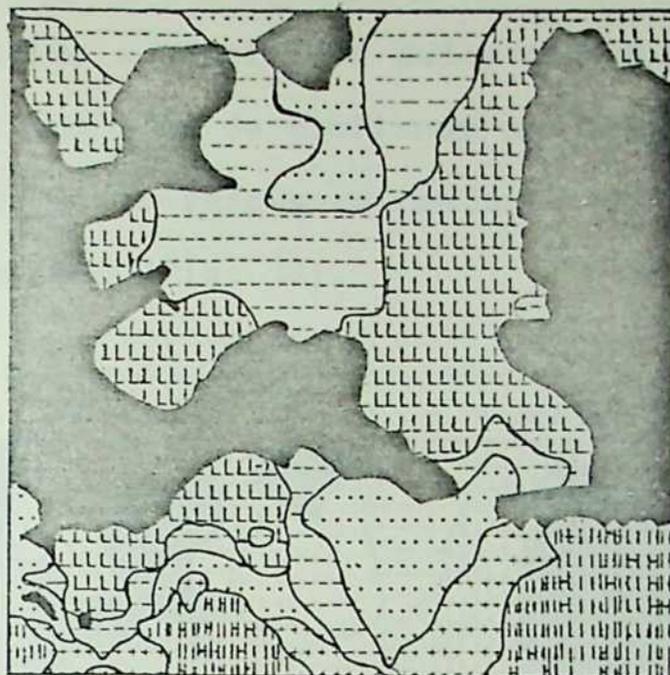
4.3.2. Mapeamentos

Os dois primeiros mapas (Fig. 30) retratam as medições batimétricas relativas a cada campanha e apresentam feições semelhantes, evidenciando poucas variações nos níveis batimétricos entre as duas épocas.

A simples comparação visual entre estes dois mapas permite observar de imediato o nítido predomínio das áreas de pouca profundidade. Na Parte Interna, apenas nas áreas contíguas a Ilha dos Porcos, as profundidades ultrapassam os 20 m, enquanto que na Parte Externa poucas regiões encontram-se em limites batimétricos inferiores.

BATIMETRIA

FEVEREIRO/81



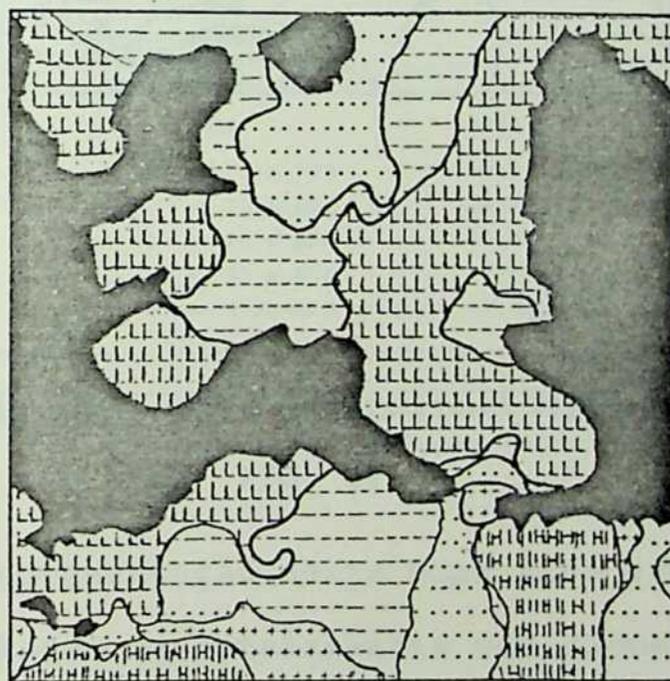
LEGENDA

ÁREA

L = 0 a 10 m	49.9
- = 10 a 20 m	22.4
. = 20 a 30 m	13.4
+ = 30 a 40 m	5.2
H = + de 40 m	9.1

BATIMETRIA

JANEIRO/1982



LEGENDA

ÁREA

L = 0 a 10 m	55.8
- = 10 a 20 m	21.5
. = 20 a 30 m	13.1
+ = 30 a 40 m	3.5
H = + de 40 m	6.1

DISTRIBUIÇÃO DE VALORES DE BATIMÉTRIA, DAS MEDIÇÕES REALIZADAS.

FIG. 29

Além destes dois mapeamentos é também apresentado um terceiro, produzido a partir dos dados obtidos pelo navio oceanográfico Sirius, que além de confirmar as feições anteriormente mapeadas, constitui um relevante conjunto de dados adicionais utilizados neste estudo (Fig. 31).

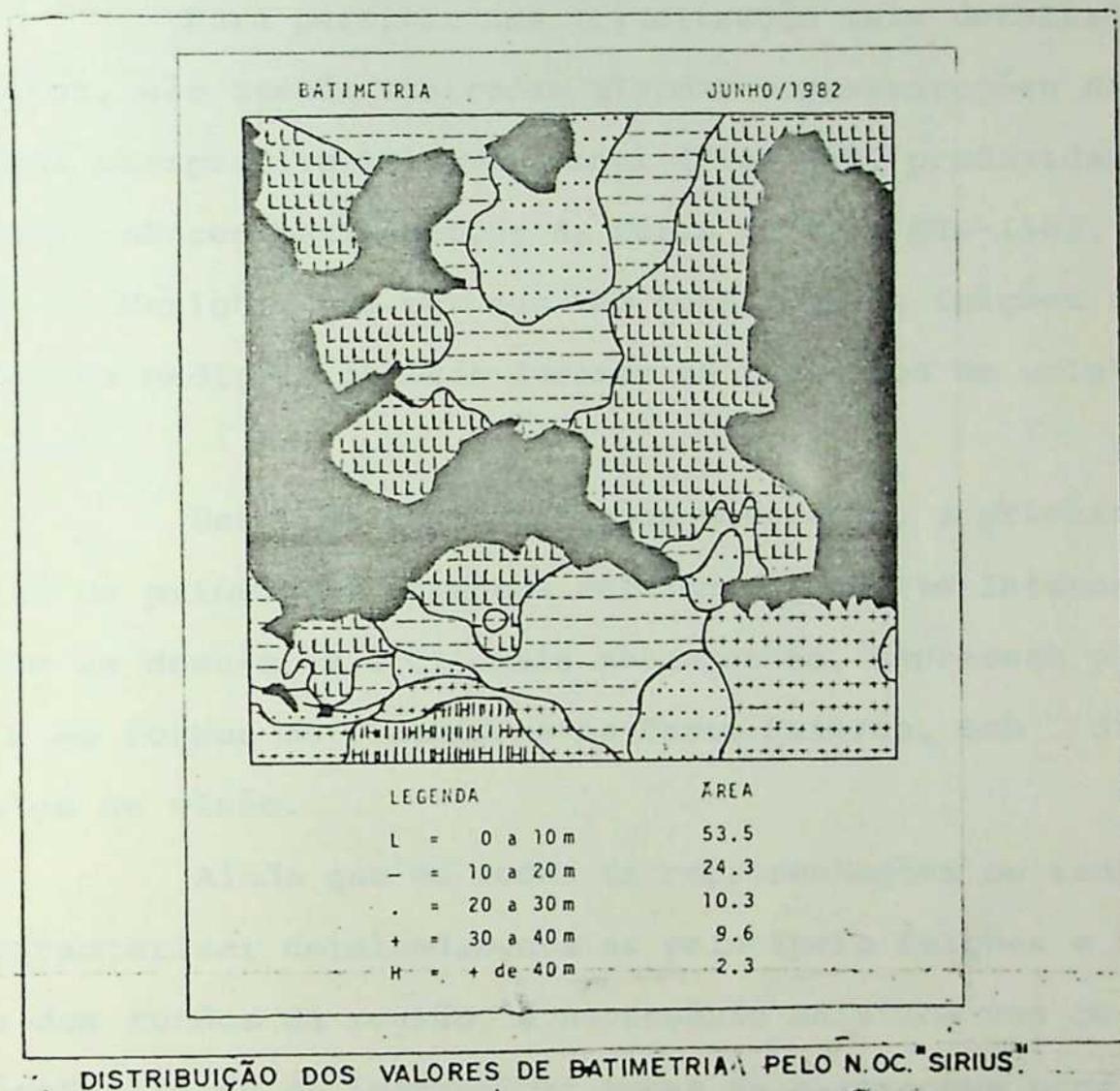


FIG. 31

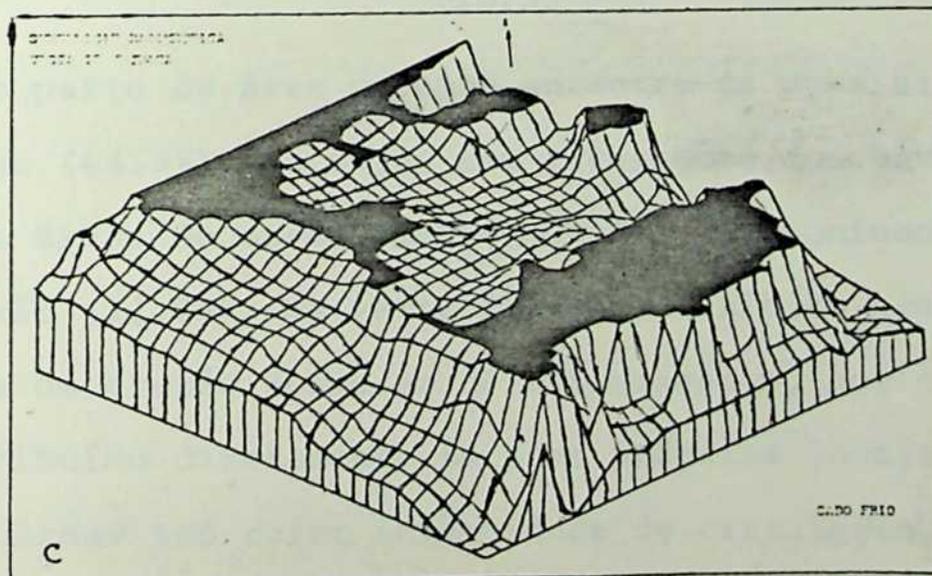
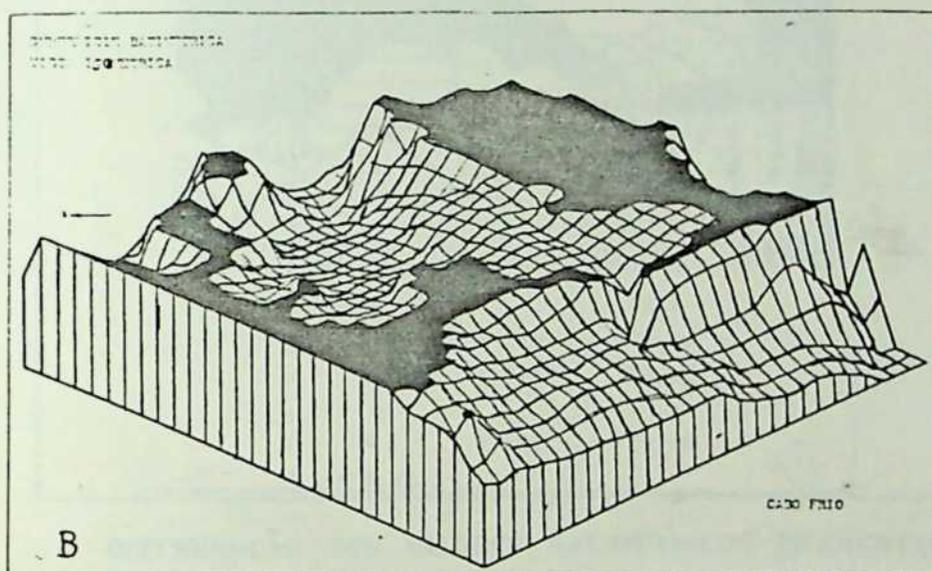
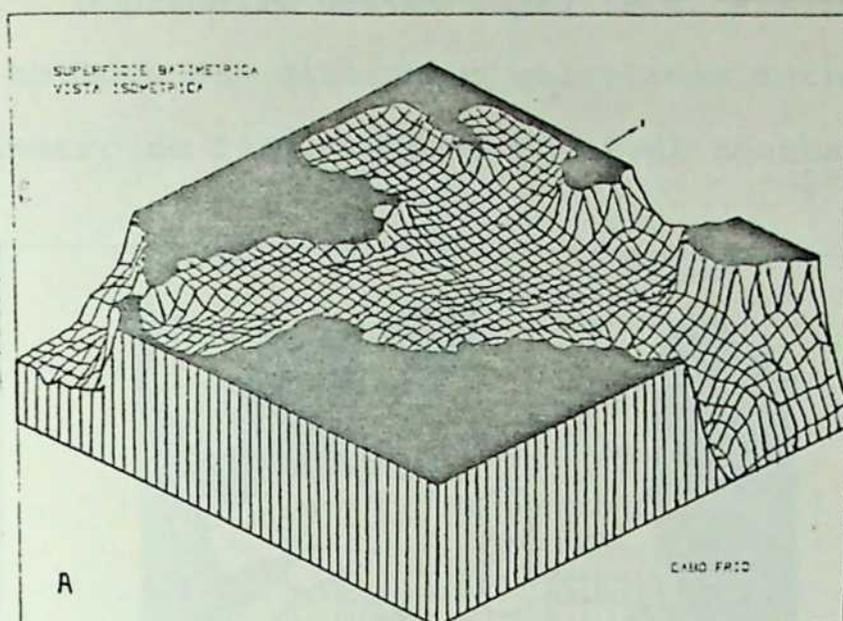
A apresentação deste mapa visa em primeiro lugar permitir uma avaliação da consistência dos dados obtidos durante as campanhas oceanográficas e posteriormente permitir localizar as áreas onde os processos hidrodinâmicos apresentam maior ou menor atuação na manutenção dos mecanismos de erosão, transporte ou assoreamento. Refletindo uma topografia de fundo bastante suave, já que mais de 70% da área total mapeada apresenta profundidades inferiores a 20m, as áreas com batimetria superiores a esta cota são muito reduzidas e restringem-se às proximidades da Ilha dos

Porcos e à Parte Externa, onde são registradas as maiores profundidades. Nesta área, dentro dos limites pesquisados, as menores profundidades são encontradas nas imediações da Ilha dos Franceses, enquanto que as maiores localizam-se nas proximidades da Ilha de Cabo Frio.

Para permitir uma visualização mais detalhada destes aspectos, são também mostradas algumas representações da região com uma perspectiva tridimensional (Fig. 32), produzidas a partir dos valores batimétricos da carta náutica DHN-1503, do Ministério da Marinha, que por sua vez confirmam as feições constatadas pelas medições obtidas durante os trabalhos de coleta dos sedimentos.

Das três representações mostradas, a primeira (A) sintetiza os principais aspectos referentes a Parte Interna, enquanto que as demais (B e C), mais abrangentes, expressam principalmente as formas da plataforma na Parte Externa, sob diferentes ângulos de visão.

Ainda que em todas as representações se tenha tentado caracterizar detalhadamente as principais feições e modificações dos fundos da região, é necessário mais uma vez observar a impossibilidade de identificar todas as alterações ocorridas entre 1981 e 1982. Alguns aspectos batimétricos e mesmo sedimentológicos eventualmente não puderam ser registrados. Em função destes fatos são mostrados adicionalmente mais três mapas (Figs. 34, 35 e 36), relativos aos resultados das diferenças aritméticas entre os valores de profundidade apresentados pelos mapas batimétricos de cada época. Com isto torna-se possível verificar situações distintas da topografia do fundo, principalmente em relação às alterações ocorridas entre as épocas estudadas. Na realidade seus resultados permitem comparativamente classificar as áreas de erosão ou assoreamento, tendo em vista tal procedimento já vir

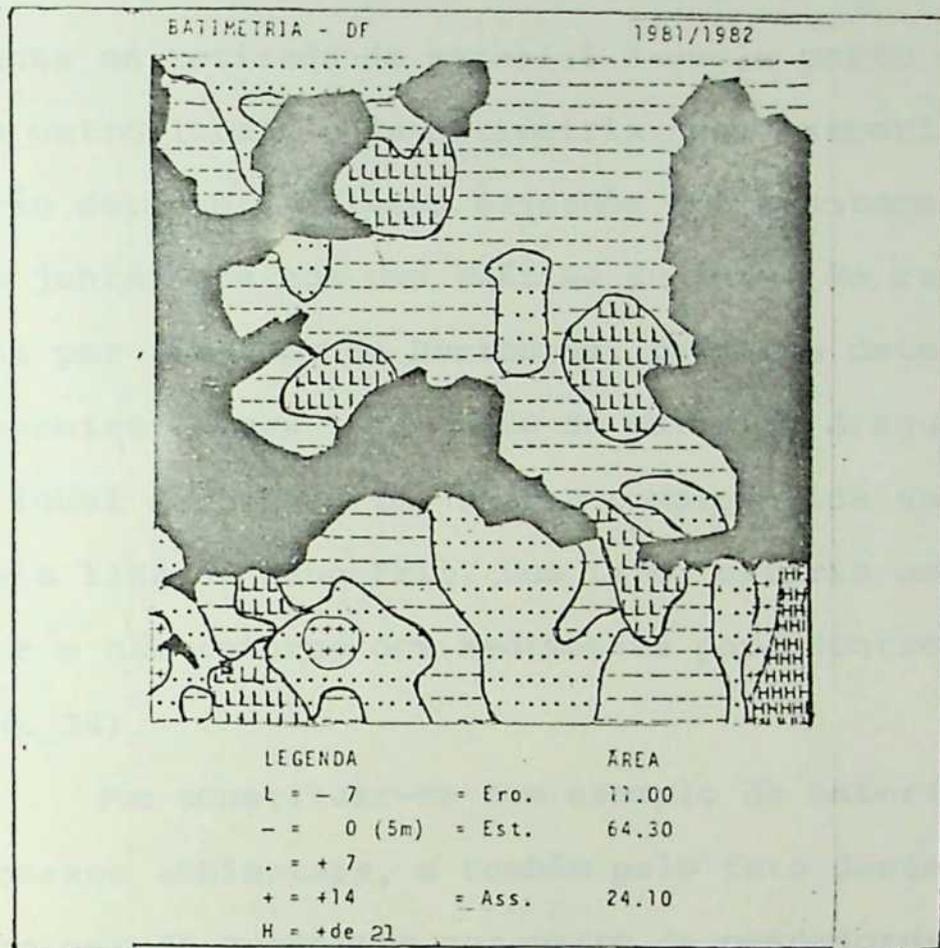


VISÕES EM PERSPECTIVA TRIDIMENSIONAL DA PLATAFORMA
CONTINENTAL DA ÁREA DE ESTUDOS

FIG. 32

sendo adotada com sucesso em outras regiões do mundo, semelhantes a Cabo Frio (HUMPHRIES, 1978).

O primeiro destes mapas (Fig. 33) representa os resultados obtidos das diferenças calculadas entre fevereiro de 1981 e janeiro de 1982. Nele, é possível constatar que, ainda que



DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES BATIMÉTRICOS DIFERENCIAIS
ENTRE FEV. 1981 E JAN. 1982

FIG. 33

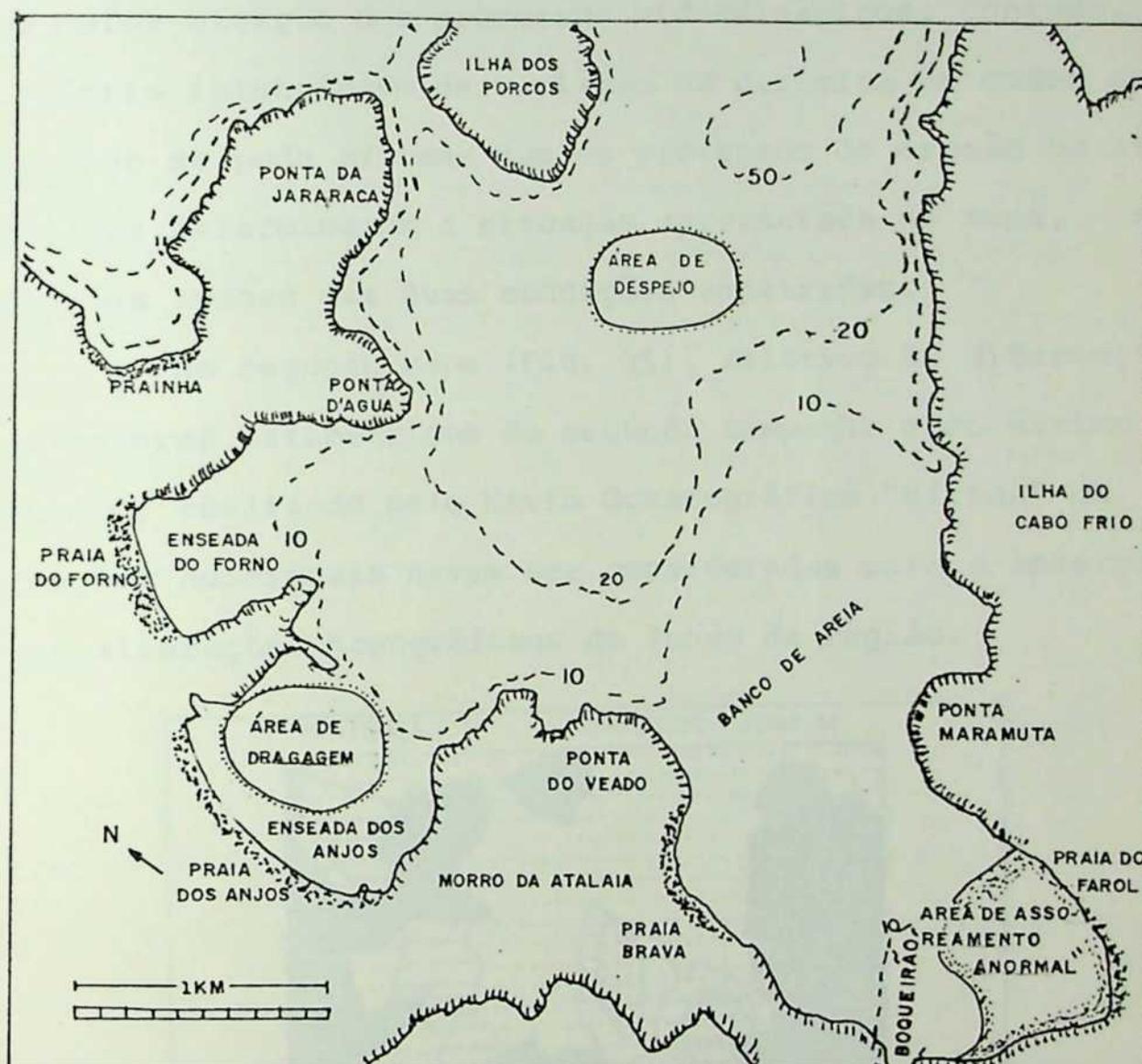
a maior parte da área mapeada encontra-se numa situação de estabilidade (64.3%), ou seja, sem alterações dos níveis batimétricos, as áreas de assoreamento (24.1%), predominam sobre as áreas de erosão (11.0%). Na Parte Interna, o nítido predomínio das células de erosão sobre as de assoreamento, por outro lado, pode ser atribuído diretamente às suas próprias localizações, já que ocupam áreas sob maior intensidade de circulação. Neste sentido, é interessante esclarecer que a célula de erosão localizada próximo à Praia dos Anjos, deve ser considerada como um caso particular.

Naquele local, durante o período que antecedeu a realização da segunda campanha de amostragem (janeiro 1982), foram desenvolvidos trabalhos de dragagem de fundo, visando a conservação de um terminal portuário ali existente. Os trabalhos, realizados pela Companhia Brasileira de Dragagens (CBD), consistiram basicamente na retirada de material daquele porto e no seu lançamento em outro local, cuja batimetria fosse superior a 40m. Esta orientação deve-se a estudos baseados em levantamentos anteriores, que juntamente com uma análise sucinta do regime de ondas, realizada por técnicos da Portobrás, permitiu determinar o local mais conveniente para lançamento do material dragado. Em função disto o local escolhido foi a área compreendida entre a Ilha dos Porcos e a Ilha de Cabo Frio. Com isto, estaria assegurada a eliminação e o não retorno dos sedimentos para dentro da Enseada dos Anjos (Fig. 34).

Por constituir-se num exemplo de interferência humana nos processos ambientais, e também pelo fato destes acontecimentos terem gerado suspeitas por parte de pescadores locais, de que a ocorrência quase que simultânea de um assoreamento anormal na Praia do Farol na Ilha de Cabo Frio, tenha tido relação direta com os trabalhos de dragagem, será apresentada no final deste item uma descrição detalhada desta situação; a partir do que, serão fornecidos subsídios, que permitirão comprovar ou não tais suspeitas. As outras células de erosão localizadas próximas a Ilha dos Porcos e na zona do Canal do Boqueirão, possivelmente relacionam-se a intensificações dos processos de circulação, principalmente pela atuação das correntes marinhas naqueles locais.

A área de assoreamento registrada na parte central da Enseada dos Anjos, por outro lado, deve ser compreendida a partir de uma análise mais detalhada da própria fisiografia local.

Considerando-se que a enseada, em relação às cotas batimétricas da Parte Externa, constitui uma região mais rasa, é interessante observar que os mapas batimétricos e as representações tri-



LOCAIS DE DRAGAGEM, DESPEJO E ASSOAREAMENTO "ANORMAL"

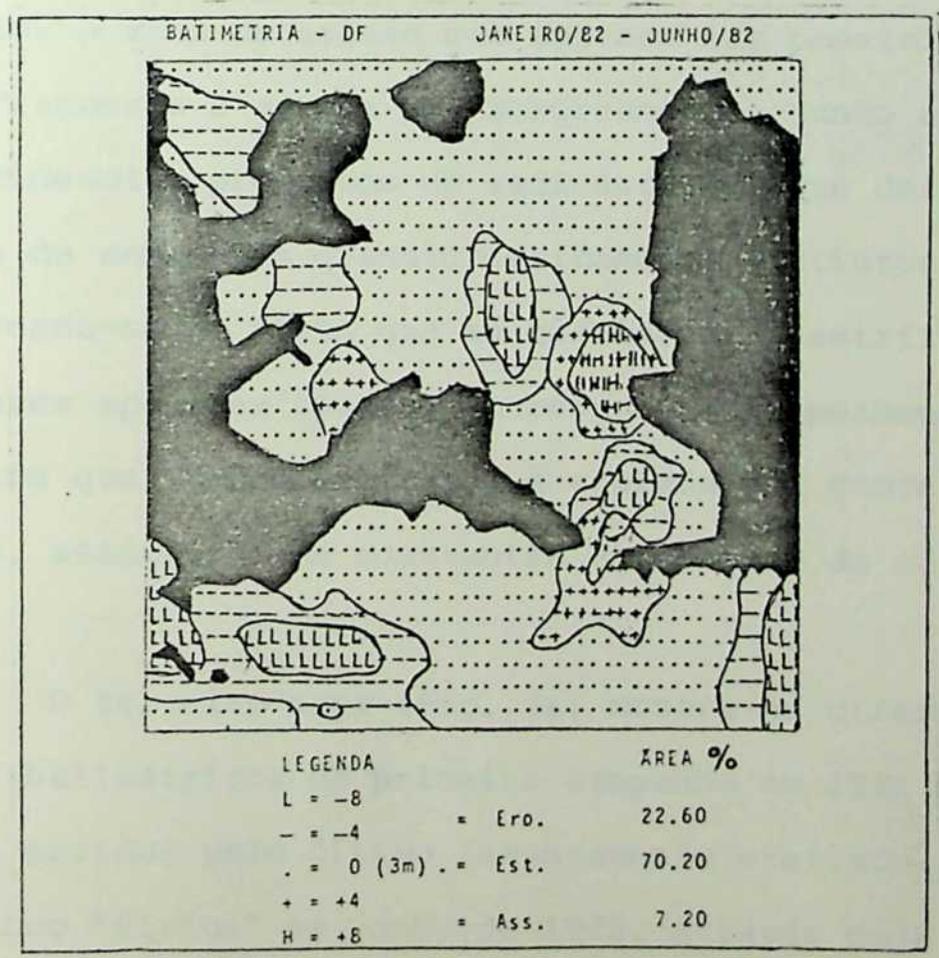
FIG. 34

dimensionais apresentadas, revelam naquela área a existência de uma depressão relativa às áreas circunvizinhas da própria enseada. Considerando-se ainda, que esta depressão está localmente associada aos limites do banco de areia existente na zona do Canal do Boqueirão, é provável que o assoreamento observado seja conse

quência retenção e do acúmulo de parte dos materiais que por ali são transportados em função da própria circulação interna.

Na Parte Externa, apesar de predominar a situação de assoreamento entre as duas épocas, algumas áreas sob processos de erosão também podem ser observadas, evidenciando locais de menor ou maior atuação dos processos hidrodinâmicos. Contudo, devido a própria intensidade de variação na dinâmica de ondas e correntes, não se pode afirmar que os processos de erosão ou assoreamento, que determinaram a situação apresentada no mapa, sejam resultantes apenas das duas condições amostradas.

No segundo mapa (Fig. 35), relativo às diferenças entre os valores batimétricos da segunda campanha e do último levantamento, realizado pelo Navio Oceanográfico "Sirius" da (DHN), informações adicionais devem ser consideradas para a interpretação das alterações topográficas do fundo da região.



DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES BATIMÉTRICOS DIFERENCIAIS ENTRE JAN 1982 E JUN. 1982

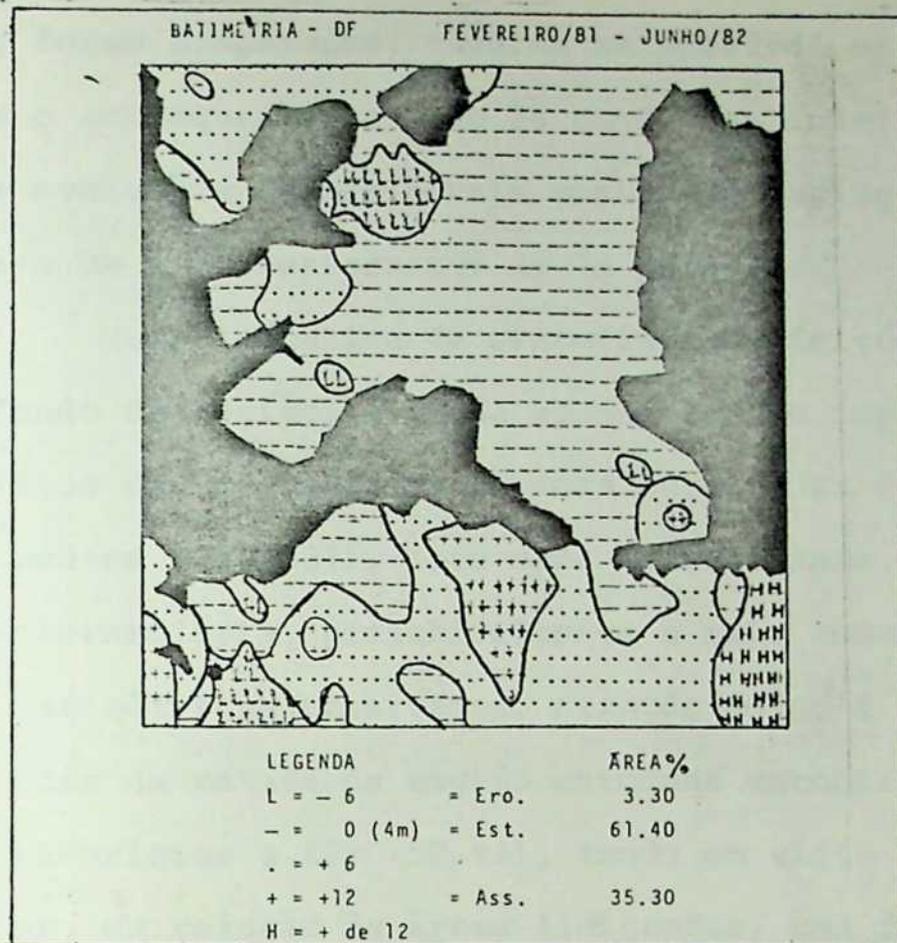
FIG. 35

De maneira geral, as áreas relacionadas às zonas de estabilidade estão semelhantemente distribuídas em relação ao mapeamento anterior, mostrando apenas um pequeno aumento desta situação de 64.30% para 70.02%. Apesar disto, algumas áreas relativas às zonas de assoreamento passaram a ser erodidas, enquanto outras, anteriormente sob processos erosivos apresentam-se assoreadas.

A evidente situação de alternância de processos verifica-se mais claramente na Parte Interna, sugerindo que tais modificações sejam ainda reflexo das possíveis alterações ocorridas no regime de circulação desta área entre as duas épocas. Em função disto, torna-se presumível que esta situação esteja também relacionada a fenômenos de ciclicidade, que normalmente ocorrem em áreas deste tipo (SELLEY, 1982).

Na Parte Externa este segundo mapa mostra uma sensível ampliação das áreas de estabilidade, niveladas à cota batimétrica de 3m. A zona de erosão que aparece nas proximidades da Ilha dos Franceses e a zona de assoreamento junto a Ilha de Cabo Frio evidenciam processos de sedimentação, que determinam a existência de ambientes granulometricamente distintos, também nesta área. Tendo-se em vista que as células de identificação destes ambientes aparecem opostas em relação ao mapeamento anterior, fica patente que também esta área é afetada por processos de sedimentação, associados às constantes alterações da circulação costeira.

O terceiro mapa (Fig. 36) mostra as diferenças entre os valores batimétricos da primeira campanha em 1981 e os dados adicionais obtidos pelo último levantamento efetuado pelo Navio Oceanográfico "Sirius" em junho de 1982. Através dele, é possível confirmar que alguns aspectos relacionados aos processos de



DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES BATIMÉTRICOS DIFERENCIAIS
ENTRE FEV 1981 E JUN 1982

FIG. 36

sedimentação anteriormente mapeados, voltaram a ocorrer, enquanto outros foram suprimidos.

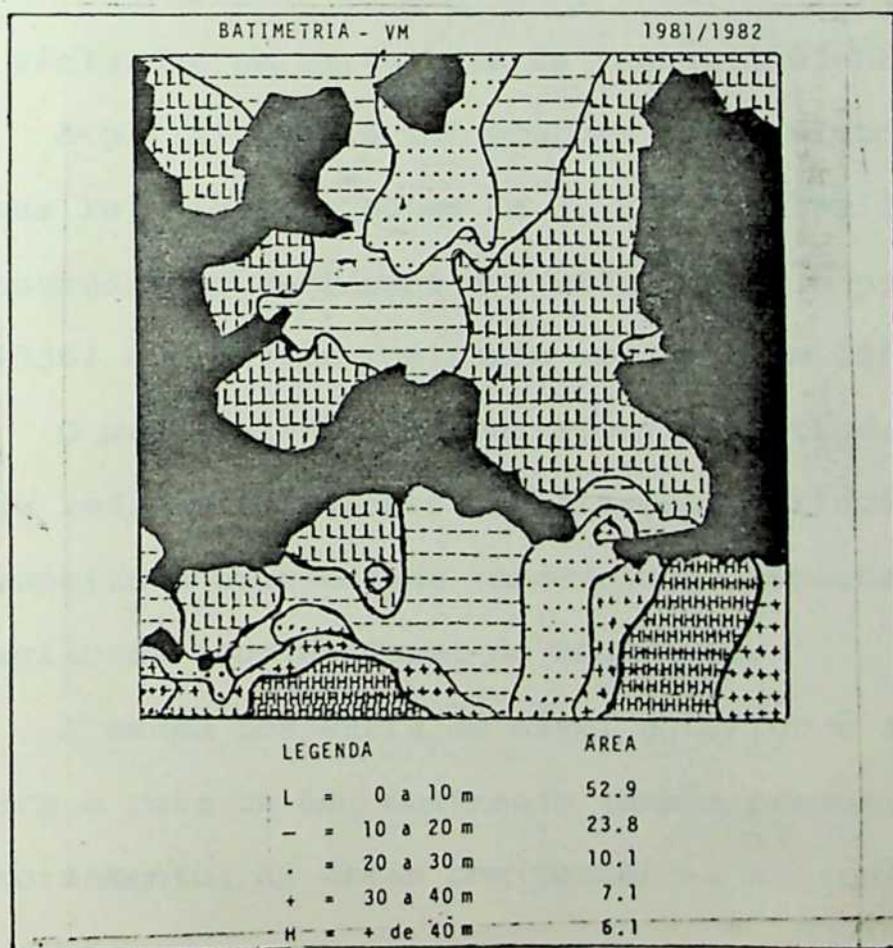
As áreas de estabilidade, que aparecem na Parte Interna, continuam predominando sobre aquelas onde ocorreram alterações por erosão ou assoreamento. A localização das zonas com tendências a erosão ou ao assoreamento, mostradas no primeiro mapeamento diferencial, reaparecem neste mapa sugerindo um retorno da batimetria às condições inicialmente registradas.

Na Parte Externa, com menor evidência, situações semelhantes também podem ser constatadas. Nesta área, ainda que com variações de localização, os processos mostram-se igualmente repetitivos em relação às feições mostradas no primeiro mapeamento diferencial.

Além dos aspectos descritos, é interessante ressaltar que as variações dos níveis de referência, a partir dos quais

os mapas foram comparados, sugerem um possível estado de ciclicidade com o conseqüente retorno às condições iniciais, tendo em vista as evoluções destes níveis mostrarem variações relativas de 5m para 3m e posteriormente de 3m para 4m.

Numa tentativa de sintetizar as feições da topografia do fundo da região, é ainda apresentado o mapeamento dos valores médios das medições realizadas durante as épocas de coleta dos sedimentos (Fig. 37). Este mapa na realidade, reflete uma situação intermediária, presumivelmente a mais comum, entre as situações batimétricas observadas. Através dele, é possível constatar que mais da metade da região estudada encontra-se com profundidades inferiores a 10m (52.9%), tendo em vista a Parte Interna apresentar, em relação às áreas limítrofes, uma fisiografia suave configurando uma área mais elevada de fundos mais rasos, com características de platô submarino.



DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES MEDIOS DE BATIMETRIA
FIG-37

4.3.3. Evolução do Fundo (Perfis)

Considerando ainda que as alterações do fundo, registradas pelos mapeamentos diferenciais de batimetria, estivessem ligadas aos trabalhos de dragagem no terminal portuário da Praia dos Anjos, são a seguir apresentados estudos complementares da evolução batimétrica da área. A partir deles são fornecidos aspectos mais detalhados da Parte Interna, que permitem avaliar o comportamento das variações ali registradas.

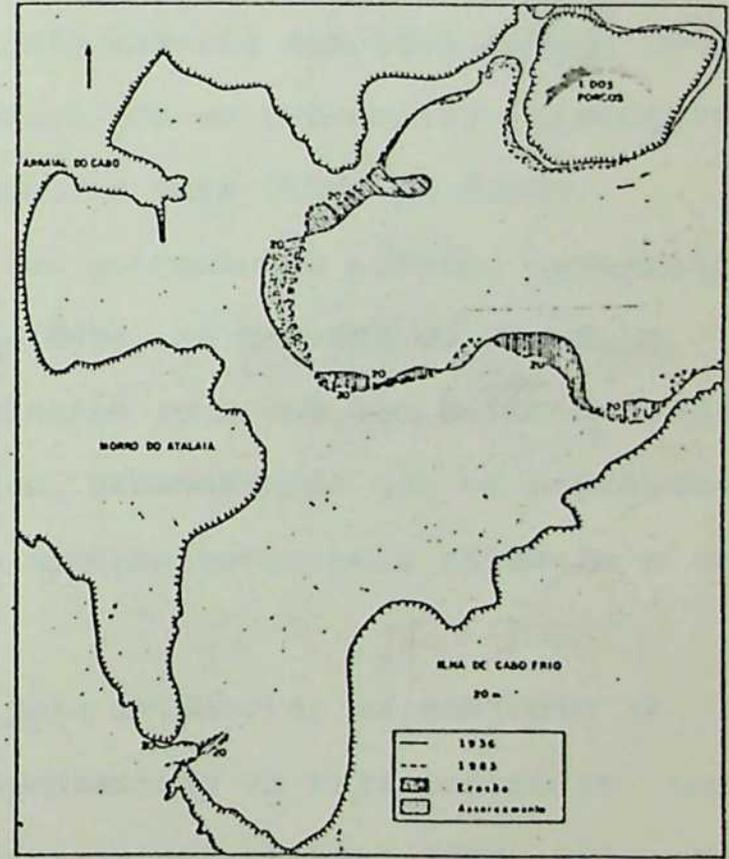
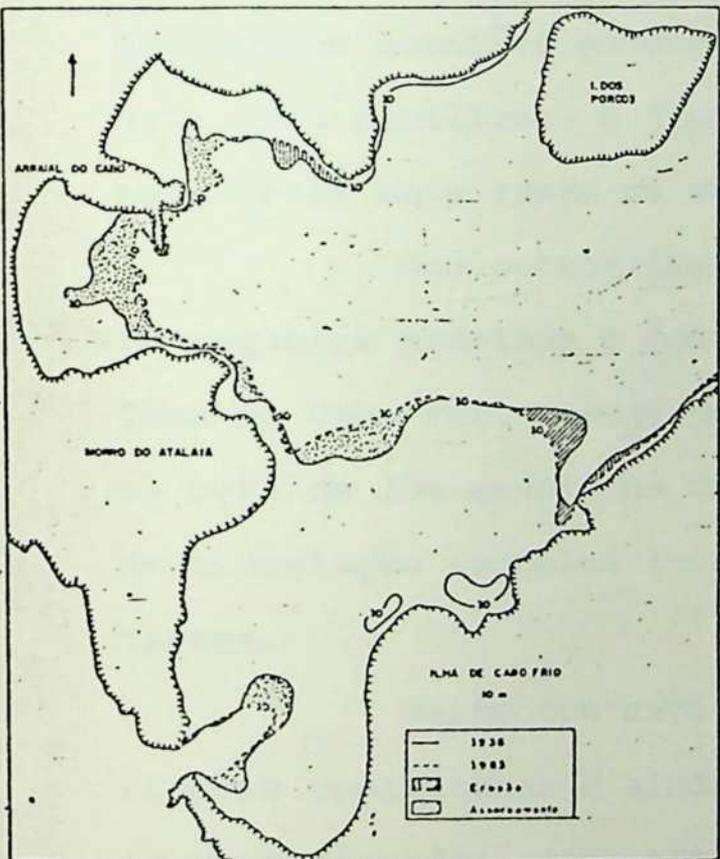
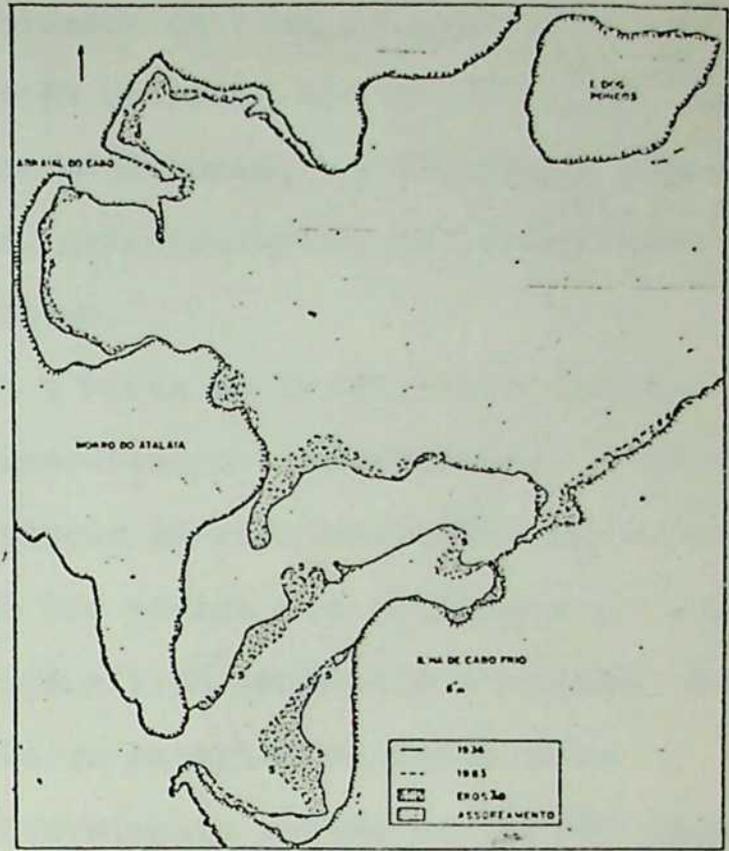
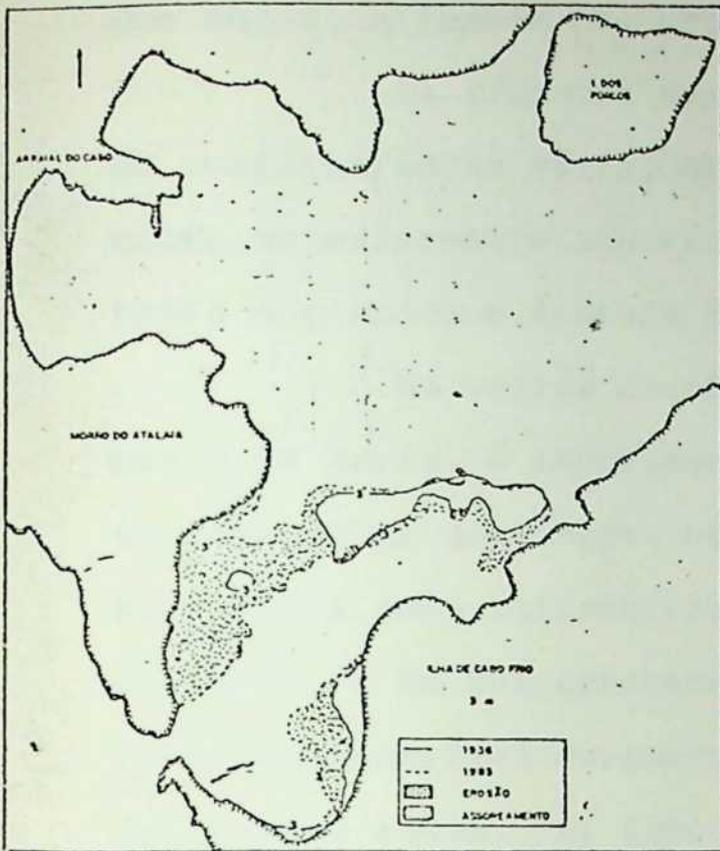
Para tanto, foram compiladas medições batimétricas desde 1936, obtidas a partir de levantamentos realizados na área por diversas embarcações da Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha.

Tendo em vista que estes levantamentos normalmente são atualizados de tempos em tempos, foi preparada uma série de cinco mapas correspondentes às correções que desde aquela época vem sendo efetuadas na carta base da região (1503-DHN).

A partir destas informações foram elaboradas cartas batimétricas relativas às cotas de 3, 5, 10 e 20m (Fig. 38). Nessas são mostradas as variações ocorridas entre o primeiro levantamento (1936) e o último realizado em junho de 1982.

O mapa relativo às variações registradas na cota de 3m, é o que reflete as maiores modificações, principalmente no que diz respeito à pronunciada tendência ao assoreamento, observada na região da zona do Canal do Boqueirão.

A mesma tendência do nível anterior é igualmente observada para a cota de 5m, mostrando também predominar uma situação de assoreamento. As áreas com tendência a erosão, tanto nes-



38 - Evolução das Cotas Batimétricas de 3,5,10 e 20m desde 1936 até jun.de 1982

ta cota como na anterior, apresentam-se reduzidas, aparecendo apenas nos limites internos do banco de areia dentro da Enseada

dos Anjos, e também nas proximidades da Ilha de Cabo Frio.

Os traçados das cotas batimétricas de 10 e 20m além de confirmarem as variações das anteriores, configuram o assoreamento anteriormente registrado, principalmente nas imediações da Praia dos Anjos e Enseada do Fôrno.

Na região contígua a Ponta do Veado, área limite do banco de areia, é importante ressaltar o comportamento destas últimas cotas analisadas em relação às suas evoluções no tempo. Enquanto a cota batimétrica de 10m mostra uma tendência ao assoreamento, a de 20m apresenta uma nítida tendência a erosão, sugerindo uma possível movimentação de material do fundo para as áreas mais rasas. Tal fato provavelmente ocorre em função daquele ponto estar exposto mais diretamente às ondas do nordeste, que em algumas ocasiões penetram pela enseada com intensidade suficiente para mobilizar, e juntamente com as correntes, transportar para áreas mais rasas os sedimentos mais finos do fundo.

Nas outras áreas sob processo de erosão, especialmente naquelas próximas a Ponta d'Água, na Enseada do Fôrno, e da Ilha de Cabo Frio, estas tendências aparecem bem definidas, tanto na cota de 10m quanto na de 20m, demonstrando que os processos de circulação naqueles locais apresentam-se mais estáveis e constantes.

Neste contexto e para evidenciar em conjunto as variações constatadas é ainda apresentado um mapa resumo de todas as variações das cotas batimétricas pesquisadas (Fig. 39). Nele são igualmente relacionadas as áreas sob os efeitos de erosão e de assoreamento entre as cotas de 3 e de 30m. Novamente fica visível a tendência ao assoreamento, que apesar de se fazer sentir em quase toda a enseada, aparece mais acentuada na zona do banco de areia e nas partes laterais do Canal do Boqueirão, afetando in

clusiva a questionável área da Praia do Farol, na Ilha de Cabo Frio.

Ainda que as variações analisadas tenham sido limitadas a cota de 20m, o nível de 50m também foi pesquisado desde 1936, a fim de obter-se indicações sobre a tendência dos processos de sedimentação. Esta cota aparece somente na área entre a Ilha de Cabo Frio e a Ilha dos Porcos e reflete a clara situação de assoreamento, que predomina sobre os demais processos desde aquele limite (Fig. 39).

Todavia, mesmo com constatação destes fatos, ainda não é possível afirmar definitivamente, que o assoreamento anormal, registrado em 1982 nesta área, esteja diretamente relacionado às dragagens efetuadas nas proximidades da Praia dos Anjos.

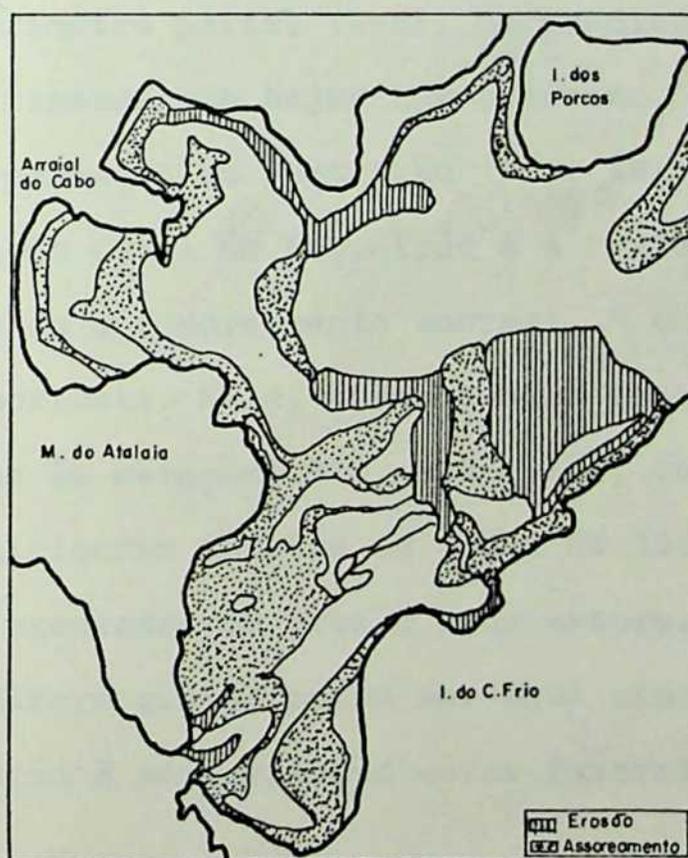


FIGURA 39 - EVOLUÇÃO CONJUNTA DAS COTAS
BATIMÉTRICAS DESDE 1936

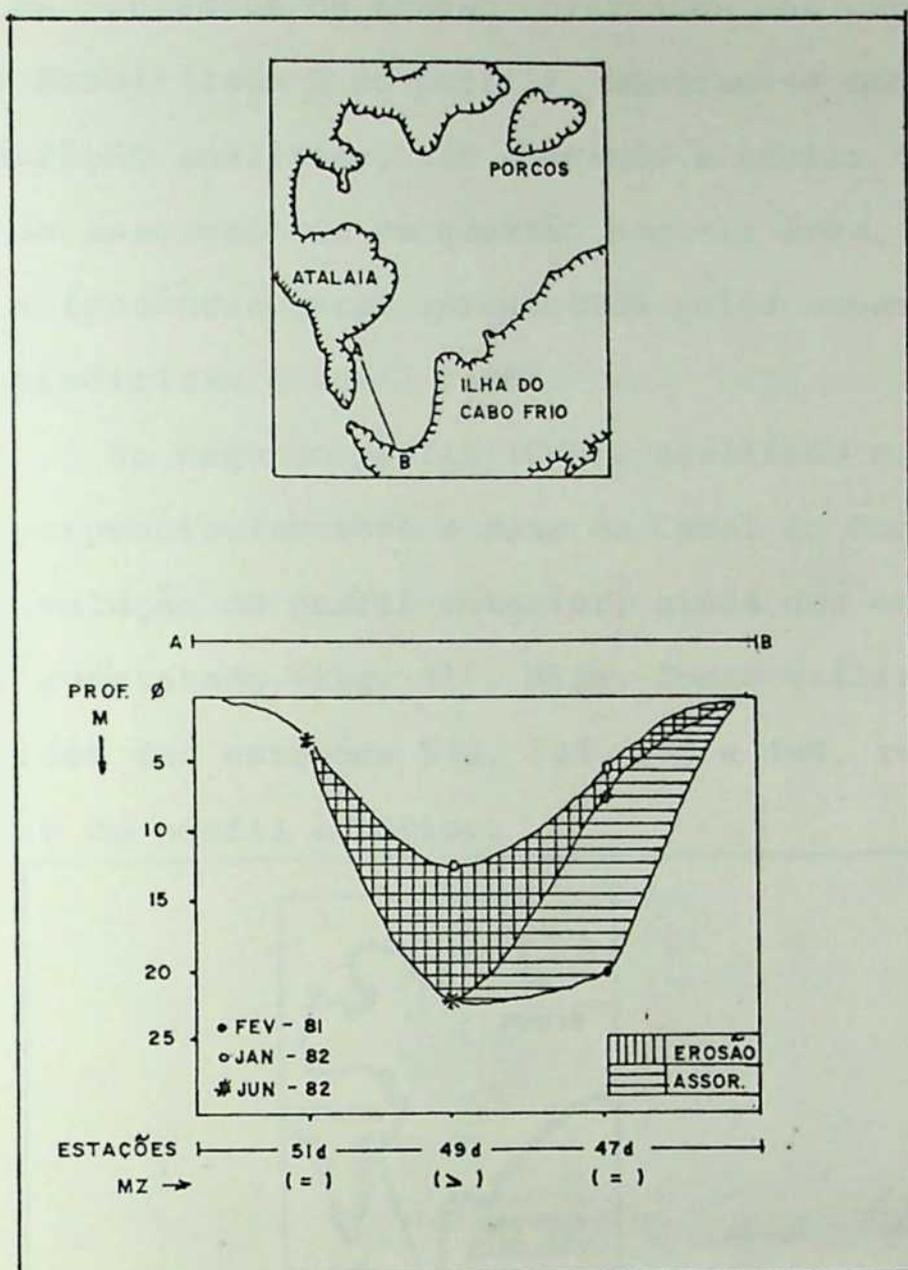
Considerando-se ainda que as análises das variações batimétricas apresentadas nos mapeamentos anteriores configuram a zona do Canal do Boqueirão como sendo área crítica, na qual as modificações mostram-se mais evidentes, torna-se conveniente para melhor compreender o comportamento da granulometria local, acompanhar mais intimamente as alterações batimétricas ali registradas. Em função disto, recorreu-se a utilização de perfis batimétricos localizados, usando-se as medições de profundidade obtidas em algumas estações da zona do Canal do Boqueirão, bem como os resultados obtidos pelas medições efetuadas pelo navio oceanográfico Sirius em junho de 1982.

As variações granulométricas de cada estação, são igualmente fornecidas para evidenciar aspectos relativos ao aumento (>), estabilidade (=) ou redução (<) do tamanho dos grãos nas estações localizadas nos respectivos perfis.

O primeiro perfil (A-B), perpendicular ao canal de comunicação da Enseada dos Anjos com o oceano, representa o mais próximo a passagem do Boqueirão (Fig. 40). Este perfil, por englobar a zona do Canal do Boqueirão e a Praia do Farol, local onde foi observado o assoreamento anormal, constitui-se talvez no mais importante. Nele, foram usadas as medições batimétricas relativas às estações 51d, 49d e 47d, complementadas pelas medições adicionais obtidas em junho de 1982.

Os processos de erosão e de assoreamento registrados nos mapas diferenciais, podem ser aqui constatados e acompanhados, em relação à sua evolução entre fevereiro de 1981 e junho de 1982.

Abrangendo praticamente toda a área do perfil, o processo de assoreamento predomina visivelmente em quase toda a sua extensão. As variações granulométricas são igualmente apresentadas permitindo relacioná-las às alterações batimétricas de



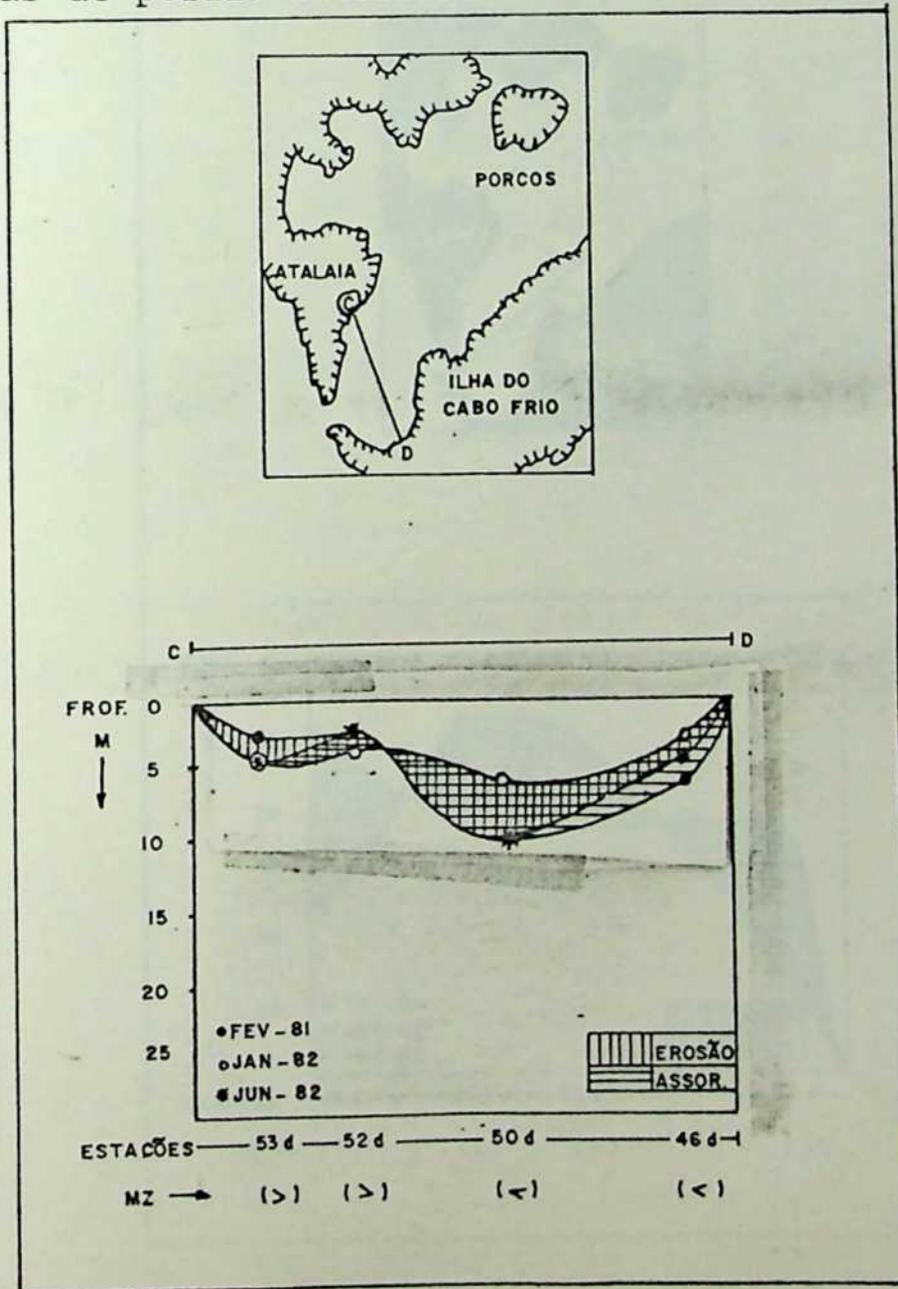
PERFIL Nº 1 TRANSVERSAL AO CANAL DO BOQUEIRÃO

FIG. 40

cada estação. Neste sentido, é interessante ressaltar que a estabilidade granulométrica encontrada nas estações laterais do perfil (51d e 47d), não é mantida na estação correspondente a sua parte central, representada pela estação 49d. Nesta estação, é possível notar que o assoreamento registrado entre fevereiro de 1981 e janeiro de 1982, não se mantém em relação a junho de 1982, já que esta situação cede lugar ao processo de erosão, que atuando quase nas mesmas proporções, ocasiona um retorno do perfil às

condições inicialmente encontradas. Contudo, é importante ressaltar que os processos de erosão observados nas proximidades da Praia do Farol (lado B do perfil), mostram-se menos intensos no último período analisado, não chegando a anular totalmente os efeitos do assoreamento em questão naquela área, confirmando inclusive a tendência geral apresentada pelos mapas de variação das cotas batimétricas entre 3 e 20m.

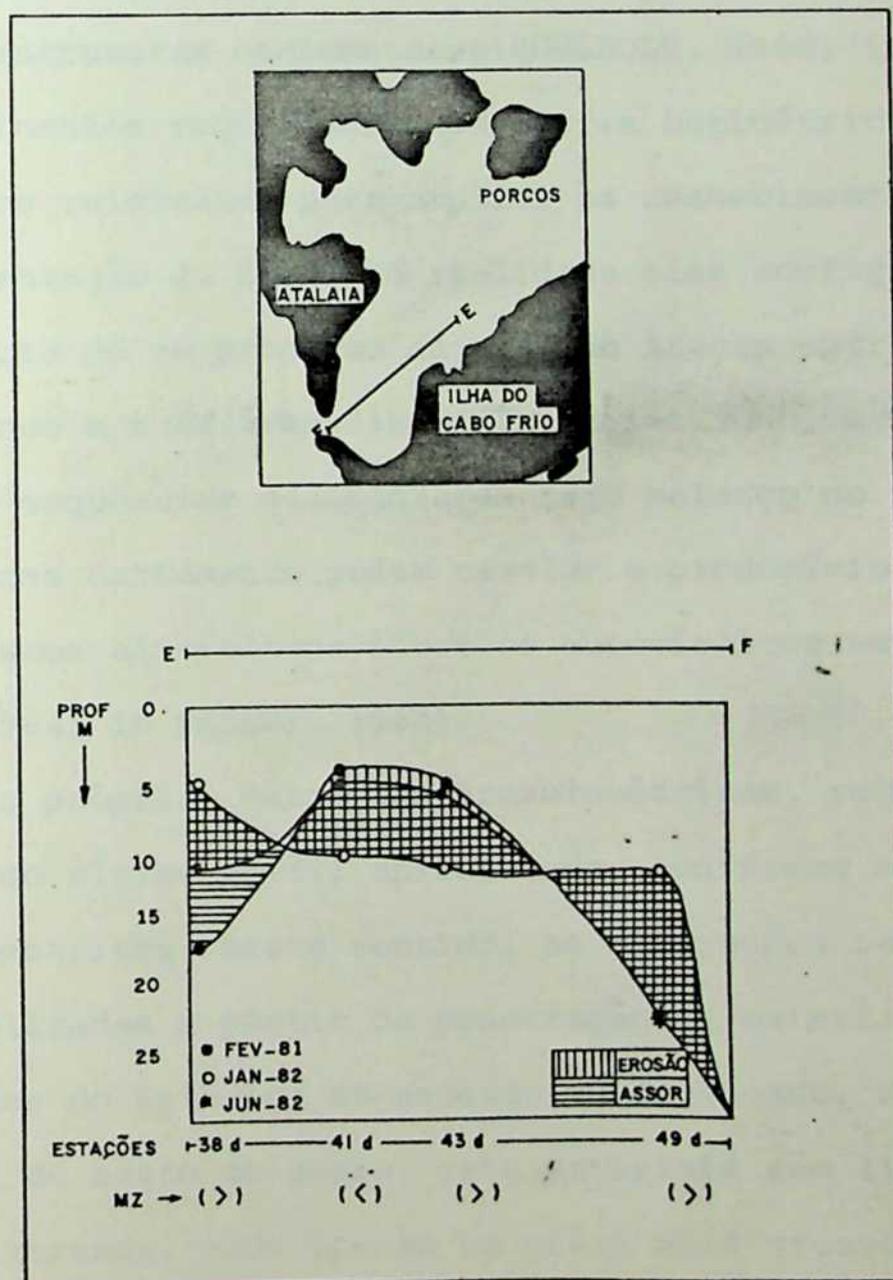
No segundo perfil (C-D), realizado mais internamente e ainda perpendicularmente a zona do Canal do Boqueirão, o mesmo tipo de evolução do perfil anterior, ainda que em menor escala, pode ser constatado (Fig. 41). Nele, foram utilizados os dados batimétricos das estações 53d, 52d, 50d e 46d, relativos às mesmas épocas do perfil anterior.



PERFIL Nº2 TRANSVERSAL AO CANAL DO BOQUEIRÃO

FIG. 41

A parte mais próxima ao Morro do Atalaia, zona de pouca profundidade correspondente ao banco de areia, onde estão localizadas as estações 51d e 52d, mostra aspectos bem definidos em relação à evolução dos processos de sedimentação que ali ocorreram. A situação de assoreamento predominando sobre a erosão, apresentada no perfil anterior, é novamente observada. A granulometria das estações neste perfil também refletem as alterações de tamanho semelhante às anteriormente observadas. Enquanto as estações localizadas a esquerda do perfil apresentam um aumento no tamanho dos grãos, as localizadas mais próxima à Praia do Farol, mostram uma variação oposta, ou seja, uma diminuição de sua granulometria.



PERFIL NO. 3 LONGITUDINAL AO CANAL DO BOQUEIRÃO.

Ainda abordando os mesmos aspectos, é apresentado um terceiro perfil (E-F), através do qual procura-se definir a área, em maior nível de detalhes, sob outro ângulo (Fig. 42). Traçado longitudinalmente à zona do canal, este perfil fornece uma visão mais ampla das alterações registradas nos perfis anteriores. Para tanto são usados os dados das estações 38d, 41d, 43d e 49d, através dos quais é possível verificar que as medições de janeiro de 1982 (segunda campanha) foram as que realmente refletiram as maiores alterações registradas na topografia do fundo da região. Nesta época, as feições do banco de areia englobadas pelo perfil, aparecem ampliadas em relação as outras épocas.

Considerando a existência de relacionamentos entre morfologia e estruturas sedimentares (HOULBOLT, 1968; in SELLEY, 1982), os movimentos registrados nos perfis batimétricos representam aspectos relevantes para ampliar os conhecimentos da dinâmica de sedimentação da área. Na realidade eles configuram também a existência de um processo natural de trocas entre a parte central do banco e suas áreas laterais, neste caso, evidenciando a presença de sequências sedimentares cujo balanço ao longo de períodos maiores certamente podem revelar o predomínio de atuação de mecanismos alocíclicos sobre os autocíclicos nesta área (BEERBOWER, 1964; in SELLEY, 1982).

As próprias variações granulométricas, registradas pelas estações do último perfil apresentado, confirmam em parte os fatos acima descritos. Neste sentido, as alterações batimétricas podem ser explicadas a partir da penetração de materiais mais finos, oriundos do interior da enseada ou do oceano. Retidos na parte central do banco de areia, este materiais são liberados nas partes mais extremas, onde apenas os grãos mais grosseiros e mais pesados permanecem expostos temporariamente ocasionando tais va-

riações, que são refletidas com maior ou menor intensidade na batimetria local, em função de alterações dos níveis de energia dos agentes deposicionais, por sua vez, relacionados aos fatores meteorológicos atuantes na região.

A constatação desta dinâmica natural, relacionada a repetitividade dos processos de sedimentação, que atuam na região, em parte altera a suposição de que o assoreamento "anormal" registrado na Praia do Farol, estivesse direta e unicamente relacionado ao retorno do material dragado e lançado nos limites da isóbata de 40m, já que a presença do banco de areia constitui-se num evidente obstáculo a este retorno.

Por outro lado, se levarmos em consideração os levantamentos batimétricos e os mapas diferenciais apresentados, é possível também afirmar que a fisiografia do fundo da região tende mais para um processo gradativo de assoreamento do que para erosão ou estabilidade na Parte Interna. Também é possível que os trabalhos de dragagem, ali efetuados, sob condições meteorológicas e oceanográficas mais intensas, como as de 1982, tenham gerado condições favoráveis ao retorno mais intenso dos materiais mais finos que estavam sendo dragados e lançados numa cota insuficiente para afastá-los da área. Desta forma, estes materiais, possivelmente induzidos pela própria circulação interna, pode em certas ocasiões provocar o acúmulo anormal de sedimentos na área em questão.

5. DISCUSSÃO E DELIMITAÇÃO DOS PRINCIPAIS AMBIENTES E SUB-AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO

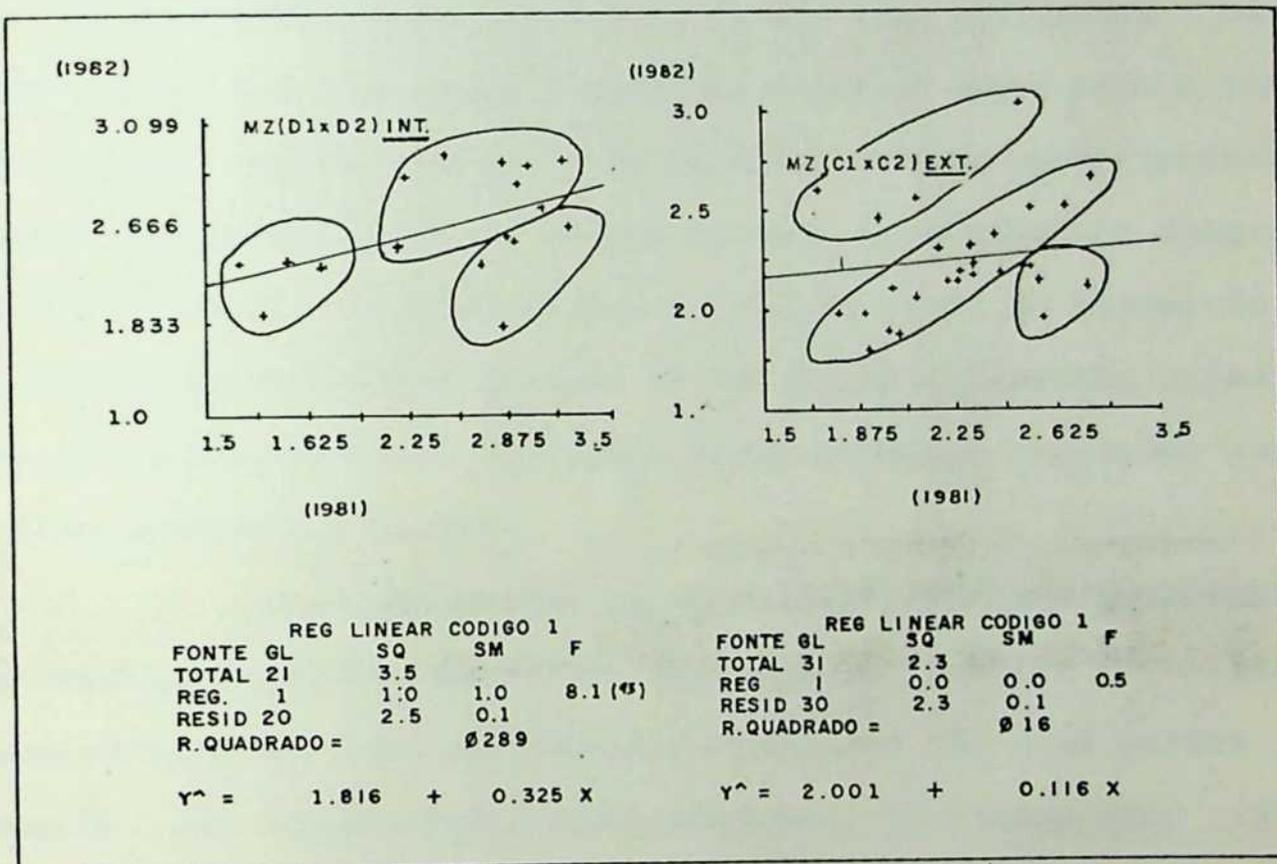
As informações preliminares sobre os tipos de sedimentos, extraídas das curvas granulométricas utilizadas em uma primeira aproximação para definir a Parte Interna e a Parte Externa como áreas sedimentologicamente distintas, não foram suficientes e nem satisfatórias para distinguir integralmente todos os ambientes de sedimentação existentes.

Como já foi mencionado em capítulo anterior, quando da análise dos histogramas, algumas estações da Parte Interna e da Parte Externa mostraram aspectos semelhantes em relação às suas classes modais, que na realidade dificultaram definir precisamente todos os ambientes deposicionais existentes, principalmente na Parte Interna. Nos histogramas da Parte Interna, estações da zona do Canal do Boqueirão apresentaram classes modais muito mais relacionadas àquelas localizadas em mar aberto (Parte Externa), do que as da própria Enseada dos Anjos, onde realmente se localizavam.

Para localizar e delimitar os ambientes deposicionais e as variações granulométricas, que caracterizam as distribuições encontradas, foram elaborados diagramas e tabelas dos principais parâmetros utilizados, onde algumas distinções e relacionamentos entre os parâmetros utilizados podem ser melhor observadas.

Neste contexto, através da aplicação de rotinas estatísticas de um micro computador HP-85, foram efetuados cálculos de regressão entre os parâmetros de cada campanha de amostragem e para cada um dos ambientes inicialmente definidos. Para tanto, assumiu-se como variável dependente os valores dos parâmetros cor

respondentes à segunda campanha, e como variável independente os valores dos parâmetros da primeira campanha. Com isto, as variações ocorridas entre as duas épocas se refletem na variância, em torno da linha de regressão em cada diagrama (Fig. 43), que por sua vez é usada para comparar os reflexos dos processos em cada um dos ambientes e partir dos índices relativos às validades destas regressões.



DIAGRAMAS DE REGRESSÃO ENTRE OS VALORES DOS DIÂMETROS MEDIOS DE CADA CAMPANHA DE AMOSTRAGEM.

FIG. 43

Nestes gráficos, a validade das regressões aplica-se exclusivamente às amostras da Parte Interna, já que apenas nesta área os relacionamentos mostram diferenças significativas (95%),

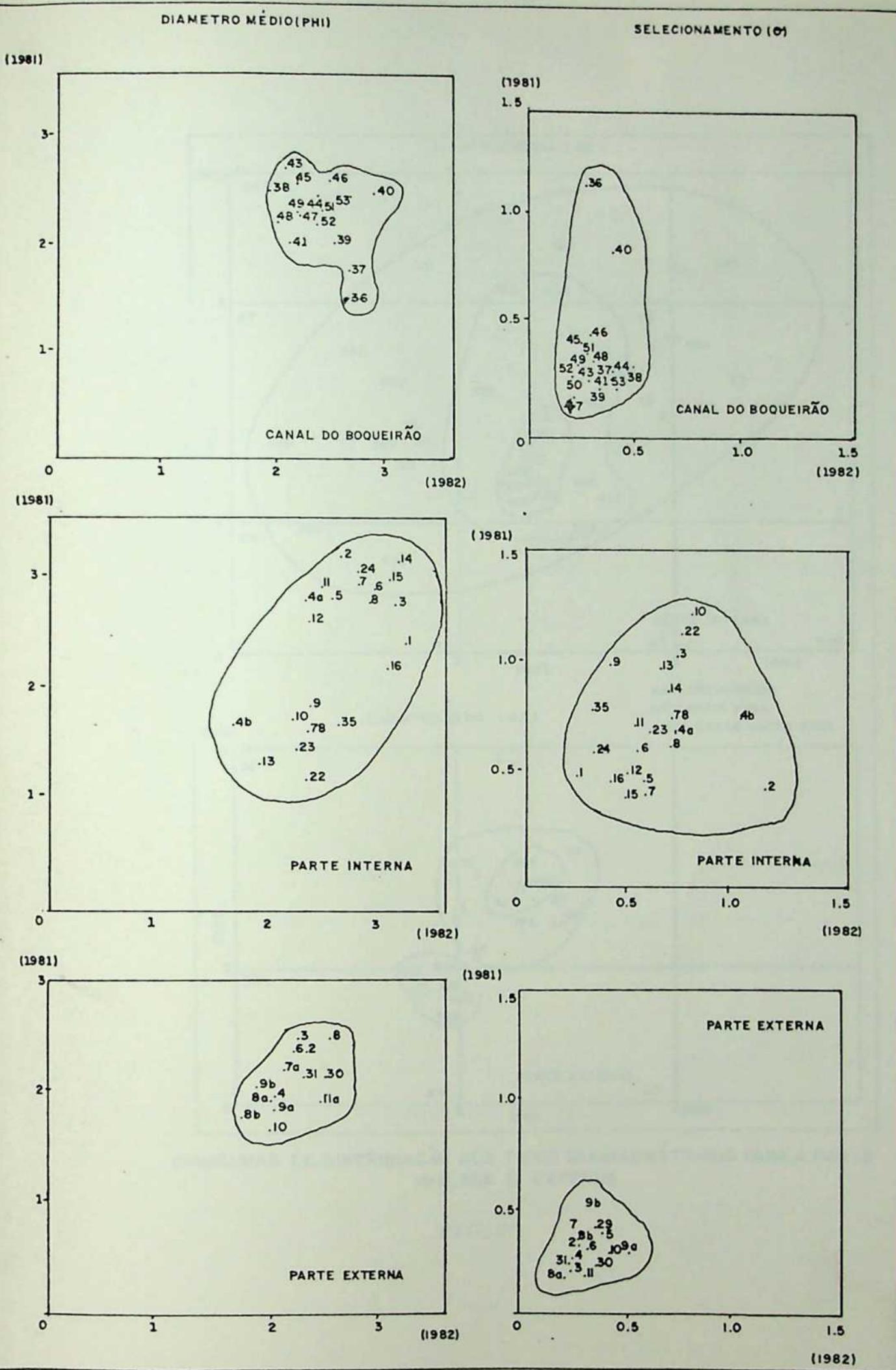
provavelmente em função da maior sensibilidade que esta área oferece aos processos de sedimentação.

Em termos de distribuição, três zonas distintas de agrupamentos relativos ao diâmetro médio dos grãos podem ser empiricamente identificadas em cada uma das partes, delineando a primeira vista a existência de pelo menos seis sub-ambientes deposicionais granulometricamente distintos, analisados a seguir.

A definição dos ambientes é mostrada por diagramas adicionais, onde são plotados os valores dos diâmetros médios e os dos desvios padrão para cada um dos três ambientes básicos (Fig. 44). Através deles é possível observar que tanto o tamanho dos grãos, quanto os níveis de selecionamento, aqui expressos pelos valores dos desvios, ocupam porções distintas dos diagramas. Neste contexto verifica-se que a Zona do Canal do Boqueirão assemelha-se mais à Parte Externa do que à Parte Interna, cujas diferenças podem ser caracterizadas pelas próprias variações nas escalas destes parâmetros.

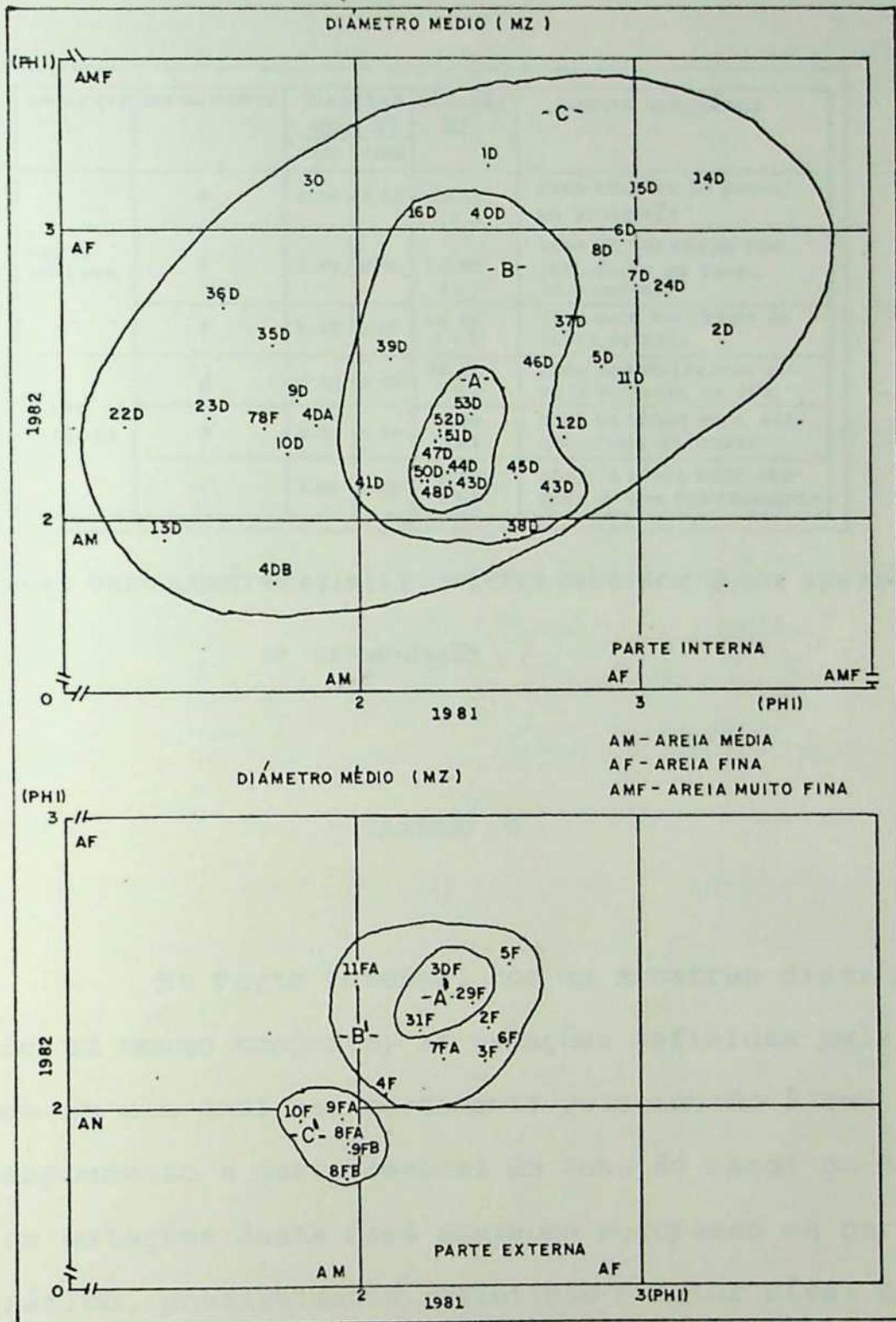
Para demonstrar os principais aspectos relacionados às variações granulométricas, que permitam definir os limites geográficos de cada sub-ambiente, existente nas duas partes da região, são apresentadas ainda plotagens conjuntas dos valores dos diâmetros médios considerando-se as duas épocas de coleta dos sedimentos, através de diagramas (Fig. 45).

Como nos gráficos de regressão, três zonas de concentração de sedimentos podem ser observadas. Elas definem, na realidade, a presença de três sub-ambientes deposicionais com características granulométricas próprias em cada uma das partes, que compõem a área de estudo. Designados para fins de identificação pelas letras A, B e C na Parte Interna e por A', B' e C' na Parte Externa, cada sub-ambiente é definido por um círculo concên-



DIAGRAMAS DE DISTRIBUIÇÃO DOS DIÂMETROS MÉDIOS E DOS DESVIOS PADRÕES NOS AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO

FIG. 44



DIAGRAMAS DE DISTRIBUIÇÃO DOS TIPOS GRANULOMÉTRICOS PARA A PARTE INTERNA E EXTERNA

FIG. 45

trico, nestes diagramas, cujas variações são mostradas na tabela 5.

AMBIENTE	SUB-AMBIENTE	DIAMETRO MÉDIO MZ		VARIACÃO MZ	ASPECTO GEOGRÁFICO
		1981	1982		
PARTE INTERNA	A	2.30	2.25	-0.05 (>)	ZONA CENTRAL DO CANAL DO BOQUEIRÃO
	B	2.45	2.45	=0.00 (=)	ZONA DE TRANSIÇÃO SOB INFLUÊNCIA DO CANAL DO BOQUEIRÃO
	C	2.38	2.60	+0.22 (<)	ZONA MAIS PROTEGIDA DA PARTE INTERNA
PARTE EXTERNA	A'	2.25	2.37	+0.02 (<)	ZONA SOB INFLUENCIA DIRETA DO CANAL DO BOQ.
	B'	2.31	2.26	-0.05 (>)	ZONA DE MENOR PROF. SOB INFLUENCIA DA COSTA
	C'	1.92	1.90	-0.02 (>)	ZONA DE POUCA PROF. PROXIMA A ILHA DOS FRANCÊSES

VALORES GRANULOMÉTRICOS (MZ) E ASPECTOS GEOGRÁFICOS DOS SUB AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO

TABELA 6

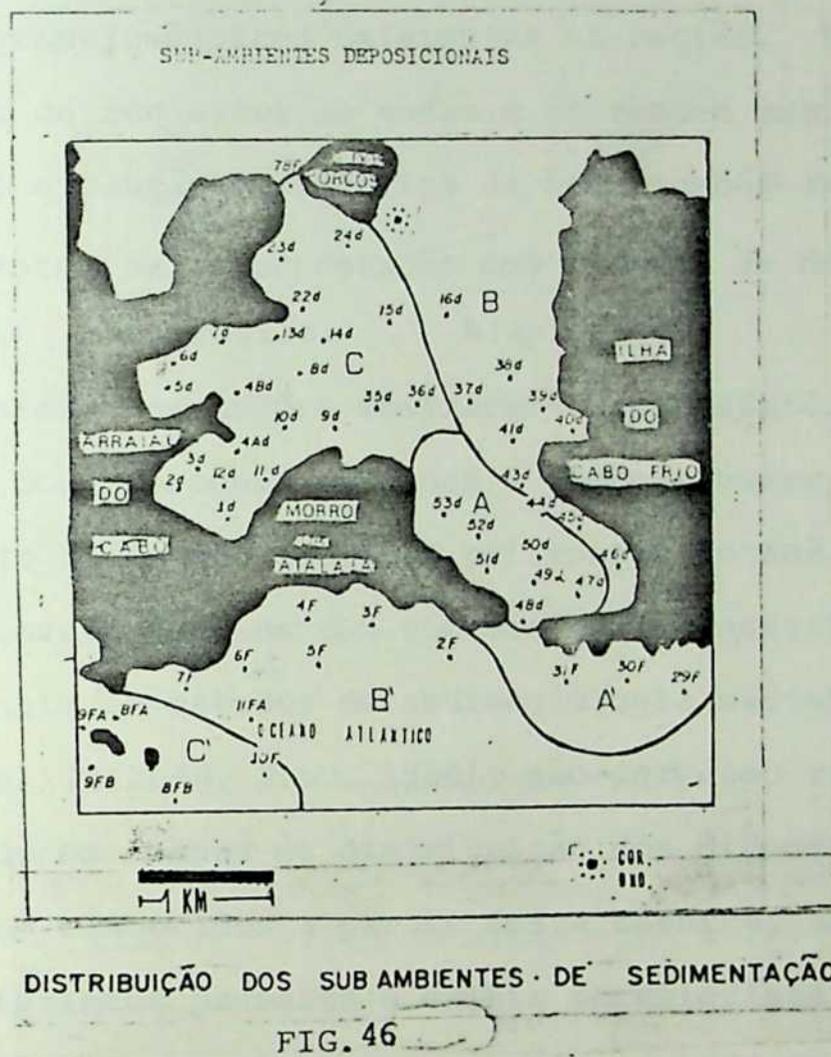
Na Parte Interna, com as amostras distribuindo-se dentro de um mesmo conjunto, as estações definidas pela letra A constituem um sub-ambiente certamente relacionado à sua localização. Correspondendo a parte central da Zona do Canal do Boqueirão, todas as estações desta área aparecem agrupadas na parte central do gráfico, possivelmente refletindo o maior nível energético local. As estações agrupadas pela letra B caracterizam uma área intermediária entre zonas internas mais protegidas e a parte central do canal, constituindo portanto um sub-ambiente de transição entre estas duas áreas. Completando este gráfico, as estações agrupadas pela letra C constituem o sub-ambiente de menor nível energético. Ele representa as amostras localizadas nas áreas mais protegidas, onde as características granulométricas

pouco definidas traduzem-se, no gráfico, em amplo espectro com as maiores variações dos tamanhos dos grãos.

No gráfico da Parte Externa, ainda que com menor variação de tamanho dos grãos, alguns aspectos geográficos são igualmente considerados na definição de cada um dos sub-ambientes de sedimentação, cujas estações apresentam-se agrupadas de maneira diferente da anterior. As estações relacionadas a letra A' configuram uma área sob influência direta do Canal do Boqueirão, tendo em vista estar quase sempre sujeita às correntes que cruzam a entrada do canal, possivelmente deslocando material daquela área para este sub-ambiente, fazendo com que esta área seja granulometricamente semelhante ao sub-ambiente definido pela letra A na Parte Interna. As amostras definidas pela letra B', ainda dentro do mesmo conjunto anteriormente definido, constituem um sub-ambiente que pode ser explicado a partir da disposição de suas estações na área. Localizadas próximas à costa e em menores profundidades, estas estações configuram um sub-ambiente com características granulométricas próprias. Por último, as estações definidas pela letra C, grupadas a parte dentro do diagrama, apresentam uma granulometria distinta dos demais sub-ambientes, possivelmente reflexo da proximidade da Ilha dos Franceses, cuja presença constitui uma barreira natural à circulação litorânea naquela área, contribuindo para a existência deste sub-ambiente.

Neste contexto, é importante observar que os limites definidos nos diagramas, pelas classificações dos tipos granulométricos, não são exatamente os mesmos definidos pelos círculos correspondentes aos limites de cada sub-ambiente mostrados pelos diagramas ambientais de granulometria. Ainda que os resultados das classificações granulométricas mostrem distinções entre os tipos de sedimentos dentro de um mesmo sub-ambiente, é importan-

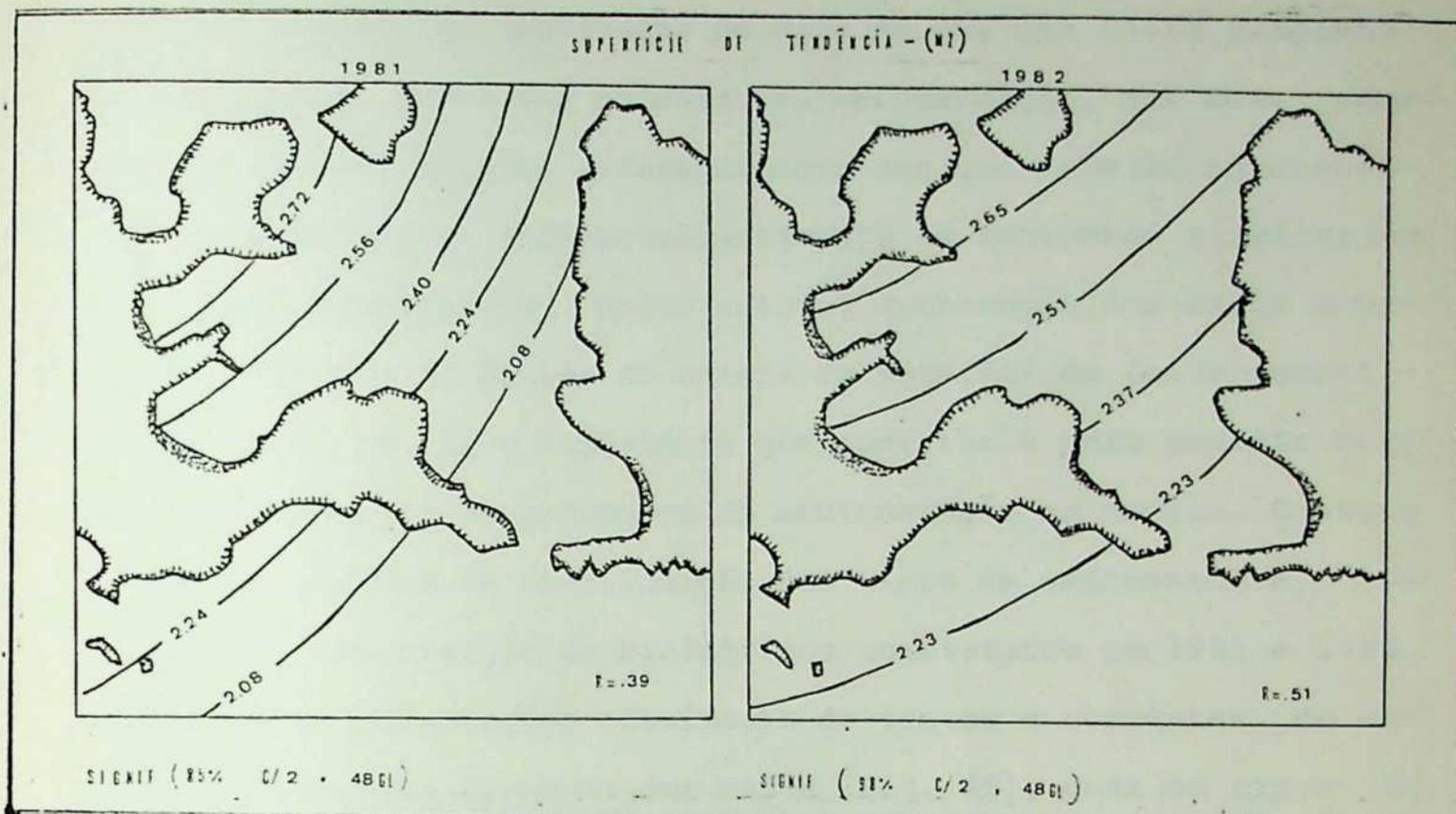
te ressaltar que a identificação destes sub-ambientes torna-se mais coerente quando aspectos geográficos locais são também considerados (Fig. 46).



6. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Reflexo dos padrões de distribuição dos sedimentos na área de estudos, os resultados apresentados no capítulo anterior constituem o produto final de uma série de tentativas de aplicação de métodos, que permitissem reproduzir com fidelidade os tipos granulométricos existentes na região. Neste contexto a utilização de registros de ondas e correntes associados ao conhecimento da evolução batimétrica da área também foram extremamente importantes na interpretação dos padrões de distribuição dos sedimentos da região. A aplicação de algumas técnicas nem sempre mostraram-se satisfatórias em seus resultados, comprometendo os dados e algumas vezes afastando os resultados da realidade local. A utilização de Análise de Tendência normalmente adotada com sucesso para classificar ambientes deposicionais em estudos de sedimentologia marinha da plataforma continental (MILLER, R.L., 1956), não forneceu resultados coerentes. Quando os mapas de distribuição dos diâmetros médios dos grãos foram elaborados a partir desta técnica, ambientes deposicionais distintos passaram a exibir características granulométricas semelhantes que não refletem a realidade (Fig.47). Os sedimentos mais finos da Parte Interna, caracterizados pelo baixo nível de energia a que estão sujeitos, possuem nestes mapas os mesmos aspectos granulométricos definidos para a Parte Externa, áreas de maior nível energético e de maior granulometria. Possivelmente tal fato ocorre em função da própria complexidade fisiográfica da região, que neste contexto pode constituir uma das limitações para a aplicação desta técnica neste tipo de estudo.

Todavia as técnicas convencionais de plotagem, utilizadas no capítulo 5 para definir os sub-ambientes deposicionais,



DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE TENDÊNCIA CALCULADOS PARA CADA ÉPOCA DE AMOSTRAGEM DOS SEDIMENTOS

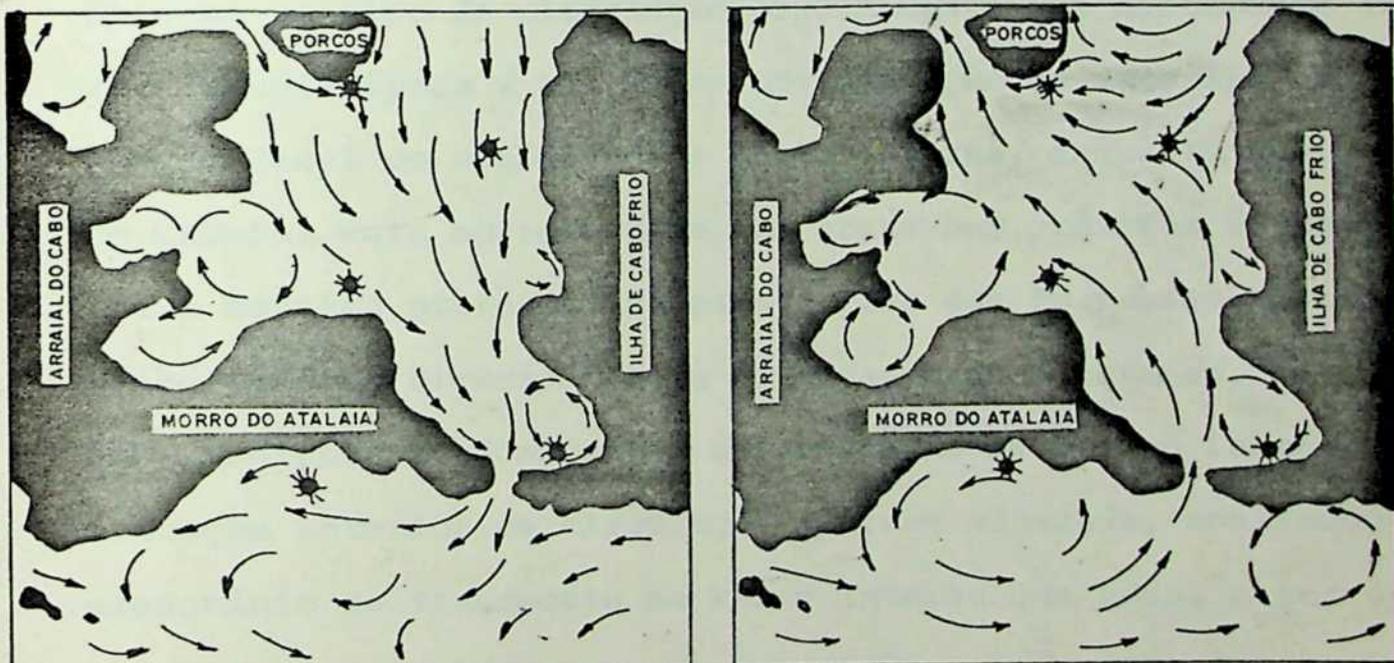
FIG. 47

mostraram-se mais eficazes. Complementando as informações obtidas dos mapeamentos granulométricos, estas técnicas permitiram distinguir mais facilmente os ambientes e sub-ambientes existentes, distinguindo inclusive áreas de pouca variação granulométrica. Além disto, através destas plotagens foi possível relacionar diretamente os parâmetros granulométricos aos processos de sedimentação estabelecendo ainda os níveis de energia a que estão expostos os sedimentos em cada ambiente.

De qualquer forma, cumpre destacar neste ponto a grande importância da realização de mais de uma campanha de amostragem de sedimentos, já que a realização de uma única campanha dificultaria identificar as principais modificações dos padrões de distribuição ocorridas ao longo do tempo, e que poderia permitir no máximo estabelecer uma variação entre as áreas. A necessi

dade de um acompanhamento mais efetivo das variações granulométricas, através da realização de mais do que uma única campanha de coleta não constitui somente uma recomendação, mas deve sempre ser a preocupação, principalmente dos que estejam interessados em interpretar sedimentologicamente os ambientes semelhantes aos aqui encontrados. Neste estudo, a obtenção dos dados ambientais durante as épocas de coleta do material de fundo constitui também um fator importante que contribuiu para ampliar o conhecimento sobre os processos de sedimentação na região. Considerando os padrões de distribuição dos tipos de sedimentos e as áreas de concentração de biodetritos constatados em 1981 e 1982, bem como as informações adicionais de ventos e correntes de outras épocas, são apresentados mapas (Fig. 48), onde os tipos de circulação, condicionantes do transporte de grãos no fundo, são relacionados às condições meteorológicas vigentes nas épocas de amostragem.

CIRCULAÇÃO - CORRENTES - U *



TEMPO BOM
VENTOS DE NE

TEMPO INSTÁVEL
VENTOS DE SW

* LOCAIS DE OBSERVAÇÕES CORRENTOMÉTRICAS DE OUTRAS ÉPOCAS

Fig.48 - Tipos de Circulação de Fundo relacionados às épocas de Amostragens dos Sedimentos. (Fonte - Projeto Cabo Frio)

Ainda que tenham sido utilizadas informações correntométricas de outras épocas, e de as mesmas só terem sido consideradas quando os seus dados tivessem sido obtidos sob condições meteorológicas semelhantes às de cada campanha de coleta de sedimentos, cabe observar neste esboço, que os tipos de circulação atribuídos a cada época devem ser considerados com as devidas restrições. Neste sentido, mais uma vez, a carência de informações oceanográficas globais (fundo + superfície), cronologicamente mais contínuas, constitui um hiato, que deve passar a ser objeto de maior preocupação de todos os interessados em estudos ambientais semelhantes. Em função destes fatos e dos aspectos meteorológicos constatados durante as épocas de coleta torna-se conveniente observar que tanto em 1981 quanto em 1982, as condições de direção dos ventos predominantes aparecem como condição determinante dos tipos de circulação em cada época. Em 1981, sob condições de ventos de NE (tempo estável), as feições apresentadas con- figuram um tipo de circulação predominante que certamente induziu naquela época a uma maior movimentação de material em direção ao Canal do Boqueirão na Parte Interna, enquanto que na Parte Externa esta movimentação, em áreas bem próximas à costa, teria o sentido preferencial para a Ilha dos Franceses, provavel- mente tomando direção oposta em áreas mais afastadas. Em 1982, sob condições predominantes de ventos de SW (tempo instável), a situação anterior de circulação aparece alterada, mostrando um predomínio de transporte na Parte Interna que passa a ter o sentido preferencial da Zona do Boqueirão para a Ilha dos Porcos, provavelmente induzida pela circulação costeira, que na Parte Externa mostra predominar da Ilha dos Franceses para a Ilha de Cabo Frio. Todavia, é importante voltar a observar que, apesar destes mapas resumirem em última análise uma presumível situação

de circulação que condicionaria o transporte e deposição dos sedimentos da região nestas épocas, eles devem ser considerados com as devidas restrições, tendo em vista as situações analisadas não possuírem a continuidade necessária ao conhecimento de todas as alterações que certamente ocorreram naquela região entre as duas épocas. Em vista disto, cumpre ainda enfatizar a necessidade de que trabalhos na plataforma continental interna sejam sempre realizados a partir da aplicação de métodos que garantam maior continuidade das observações sedimentológicas e ambientais nestas áreas. Sempre que possível, este procedimento deverá ser adotado, principalmente se a estabilidade dos padrões de distribuição dos sedimentos estiver sendo pesquisada. As conclusões de uma única campanha, como no caso de Cabo Frio, pode não ser suficiente para representar a realidade das distribuições dos sedimentos de fundo. A localização geográfica, as condições oceanográficas e meteorológicas podem influenciar os tipos de distribuição, alterando ou assegurando os padrões granulométricos de uma região.

7. CONCLUSÕES

As alterações granulométricas associadas às variações da batimetria e aos percentuais de concentração de biodetritos constituem aspectos relevantes para a compreensão da geomorfologia da plataforma continental interna. Considerando que os processos de sedimentação são partes integrantes dos sistemas costeiros torna-se evidente que a análise detalhada dos parâmetros granulométricos associados às variáveis ambientais deva ser o caminho mais efetivo para a interpretação global dos ambientes deposicionais da plataforma continental interna. As explicações das alterações dos padrões de distribuição dos sedimentos, constatadas neste estudo, não devem ser consideradas unicamente função dos tipos granulométricos da área. Além de ter sido realizada mais de uma campanha de amostragem de sedimentos, os dados ambientais foram também considerados e avaliados cronologicamente de modo a permitir uma interpretação integrada dos dados ambientais e granulométricos. A simples definição e mapeamento dos padrões de distribuição dos tipos de sedimentos coletados em cada campanha de amostragem não demonstrou ser suficiente para caracterizar os processos de sedimentação e relacioná-los aos ambientes deposicionais existentes na área.

Realizar mais de uma campanha de amostragem e adotar um procedimento não tradicional, como o aqui adotado, foi uma decisão que além de assegurar a compreensão das distribuições dos sedimentos em cada época, permitiu também estimar quantitativamente a mobilização de material no fundo ocorrida entre as duas campanhas. Estes procedimentos possibilitaram ainda delimitar com maior precisão os ambientes e sub-ambientes deposicionais da área, bem como esclarecer determinados aspectos relacionados à

movimentação do banco de areia existente na Zona do Canal do Boqueirão. Assim, episódios de assoreamento e de erosão observados em alguns locais da Parte Interna, e inicialmente considerados e ventos anormais, quando analisados dentro da metodologia aqui adotada, demonstraram aspectos diferentes. As características de ciclicidade, evidenciadas a partir da análise dos dados de diferentes épocas obtidas dos registros e dos perfis batimétricos disponíveis demonstraram que os episódios observados, ao contrário do que inicialmente se imaginava, constituem-se em processos perfeitamente normais.

Em relação às características granulométricas da região, apesar de não terem sido constatadas grandes variações dos tipos de sedimentos, nota-se que os padrões de distribuição na região de Cabo Frio não devem ser considerados estáticos. Neste sentido, a condição natural de zona de maior energia atribuída à Parte Externa é motivo de uma maior reflexão sobre o seu comportamento granulométrico, tendo em vista os resultados indicarem ser esta a área das menores variações dos padrões de distribuição dos tipos de sedimentos na região.

De maneira geral três são os ambientes de sedimentação que caracterizam a região estudada. Em primeiro lugar, temos a Parte Interna, que define um ambiente tipicamente deposicional, que raramente sofre os efeitos diretos do oceano e cujas áreas apresentam-se normalmente tranquilas caracterizando-se granulometricamente pela presença predominante de material mais fino. Todavia é interessante observar que em algumas ocasiões, quando sonam-se atividades meteorológicas às oceanográficas mais intensas, esta condição praticamente deixa de existir. Nestas ocasiões grandes modificações podem ocorrer, alterando as características granulométricas e topográficas desta área, configurando por conse -

guinte uma situação de instabilidade, pautada sobretudo na maior sensibilidade deste ambiente às variações ambientais, conforme constatado em 1982. Em segundo plano encontra-se a Zona do Canal do Boqueirão, uma área de maior energia, que se apresenta como um ambiente transicional para o oceano. Nele, diversos ambientes deposicionais se sobrepõe ciclicamente caracterizando uma área granulométrica e topograficamente instável, principalmente em função de estar mais diretamente condicionada aos movimentos de marés. O terceiro dos ambientes, é caracterizado por estar diretamente condicionado aos efeitos do oceano. Ele define uma área aberta ao oceano, sujeita a uma maior atividade oceanográfica mais constante e mais definida. A pouca variação dos padrões de distribuição dos sedimentos e a reduzida variação da batimetria permite atribuir-lhe a condição de ser o mais estável dos três ambientes analisados entre as duas épocas. Este quadro além de caracterizar os tipos de ambientes deposicionais existentes na área de estudo, torna evidente as razões que levaram a propor a realização de mais do que uma única campanha de amostragem para se tentar definir os tipos de sedimentos da região. Em áreas costeiras, abertas ao oceano, livre dos efeitos que a presença de enseadas ocasiona aos padrões de distribuição dos sedimentos, realizar uma única campanha de amostragem pode ser perfeitamente suficiente para caracterizar os ambientes deposicionais existentes. A constância dos processos definidos pelos agentes oceanográficos que atuam nestas áreas certamente induzirá estes ambientes a uma situação de quase equilíbrio, semelhante àquela observada na Parte Externa da área aqui estudada.

Finalizando, é possível concluir que a região, granulometricamente pode ser definida pela presença predominante de areia fina emoldurada por areias médias e muito finas que em ge-

ral localizam- e em zonas de alta e de baixa energia respectivamente. Todavia uma atenção especial deve ser prestada à Zona do Canal do Boqueirão, que apesar de constituir um ambiente confinado, possui características hidrodinâmicas distintas, que aparecem também na sua granulometria e na batimetria, cujo comportamento assemelha-se àqueles observados em canais de marés. Ali, os níveis de energia mais elevados determinam padrões de circulação mais expressivos que refletem-se nos processos de sedimentação que ocorrem naquela área. A ciclicidade das variações de fundo associadas principalmente ao alto grau de selecionamento dos grãos configuram características morfológicas e sedimentológicas particulares que individualizam e distinguem esta área das demais. No cômputo geral, os resultados alcançados demonstram estar a região sob um processo de assoreamento muito lento, provavelmente decorrente do aporte de sedimentos muito finos, que em algumas épocas penetram na enseada trazidos de outras áreas por correntes costeiras que cruzam a região. As implicações deste fato na geomorfologia da região, a priori não chegam a afetar de imediato as atividades ou os relacionamentos das populações locais com o mar. Assim, pelos resultados obtidos, torna-se evidente mais uma vez a necessidade de um monitoramento mais efetivo da plataforma continental interna, que certamente, além de ampliar os conhecimentos dos potenciais que esta área pode nos oferecer, trarão significativos benefícios a todos aqueles que têm suas atividades ligadas ao oceano, permitindo inclusive superar mais facilmente problemas ambientais que venham surgir nestas áreas.

8. BIBLIOGRAFIA

- Airy, G.B., 1845 - On Tide and Waves. Encyclopedia Metropolitana (Data original desconhecida).
- Almeida, F.F.M., 1976 - The System of Continental Rifts Bordering The Santos Basin, Brazil, An.Acad.Bras.Ciências 48(supl), pp. 15-26.
- Asmus, H.E., 1978 - Hipótese sobre a origem dos sistemas de fratu ras oceânicas/alinhamentos continentais que ocorrem nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. In: Aspectos da margem continental Leste e Sudeste do Brasil, Rio de Janeiro, CENPES / DINTEP., pp.39-73 (série Projeto Remac, nº 4).
- Bagnold, R.A., 1941 - The Physics of Blown Sand and Desert Dunes: London, Methuen, 265 p.
- Barbière, E.B., 1975 - Ritmo Climático e Extração do Sal em Cabo Frio. Separata da Rev.Bras.de Geografia, ano 37, nº 4, IBGE.
- Beerbower, J.R., 1964 - Cyclothems and cyclic depositional mechanisms in alluvial plain sedimentation. Bull.Kans.Univ.Geol. Surv. 169 p. 35-42.
- Bigarella, J.J.; Freire, S.S.; Salamuni, R. & Viana, R., 1966 - Con tribuição ao Estudo dos Sedimentos Praiais Recentes, II - Praias do Matinho e Caiobã - Univ.Federal do Paraná, Geol.Fís, nº 6.
- Bigarella, J.J.; Salamuni, R. & Pavão, Z., 1959 - Contribuição ao Estudo dos Sedimentos Praiais Recentes, I - Praia de Ubatuba, Univ.Fed.do Paraná, Inst.de Geol., Geol., nº 1.
- Coutinho, P.N. & Morais, J.O. de, 1970 - Distribución de los Sedi - mentos en la Plataforma Continental Norte y Nordeste del Bra sil. Arq.Ci.Mar., Univ. Fed.Cearã, 10(1):79-90pp.

- Crosby, E.J., 1972.- Classification of Sedimentary Environments. Recognition of Ancient Sedimentary Environments. Spec. Publs. Soc. Econ. Paleont. Miner. Tulsa 16, 1-11 pp.
- Davis, J.C., 1973 - Statistics and Analysis in Geology. Kans. Geol. Surv. by John Willey & Sons.
- Doeglas, D.J., 1946 - Interpretation of Results of Mechanical Analysis. Journal of Sedimentary Petrology, vol. 16, n^o 1, pp. 19-40.
- Doeglas, D.J., 1968 - Grain Size Indices, Classification and Environments. Sedimentology, Amsterdam 10 pp.
- Duxbury, A.C., 1970 - "The Earth and its Oceans". Addison-Wesley Publishing Company, Seattle Washington.
- Ebdon, D., 1977 - Statistics in Geography: A Practical Approach. J.W. Arrowsmith LTD, Bristol, Great Britain, 195 pp.
- Figueiredo Jr., A.G., 1980 - Response of Water Column to Strong Wind Forcing, Southern Brazilian Inner Shelf: Implications for Sand Ridge Formation. Marine Geology, vol. 35, 367-376pp.
- Folk, R.L. & Ward, W.C., 1957 - Brazos River: A Study in the Significance of Grain Size Parameters. Jour. Sed. Petrol., vol. 27, n^o 1, 13-26pp.
- Fuller, A.O., 1961 - Size Distribution Characteristics of Shallow Marine Sands From The Cape of Good Hope, South Africa, Jour. Sed. Petrol., vol. 31, 256-261 pp.
- Gaad, P.E.; Lavelle, J.W. & Swift, D.J.P., 1978 - Estimates of Sand Transport on the New York Shelf using near-bottom current meter observations. Jour. Sed. Petrol., vol. 48, n^o 1, 239-252pp.
- Giese, E., 1978 - Investigation of Coastal Sedimentation Processes. Coastal Zone '78, San Francisco, Ca(USA), 14 mar 1978 Fed. Inst. Waterways Eng., Hamburg, GFR in: Coastal Zone 78, Symposium on Technical, Environmental Socioeconomic and Regulatory Aspects of Coastal Zone Management. San Francisco, Ca(USA), mar 14-16, 1978 ASCE, New York, NY (USA).

- Guerra, A.J.T., 1975 - Dicionário Geológico-Geomorfológico. 4a. ed., Rio de Janeiro, IBGE.
- Guerra, A.T.J., 1981 - Delimitação de Unidades Ambientais na Baía do Mazomba, RJ, Tese de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências, UFRJ.
- Houlbout, J.J.H.C., 1968 - Recent Sediments in the Southern Bight of the North Sea, *Geologie Mijnb*, vol. 47, 245-273 pp.
- Humphries, S.M., 1978 - Morphologic Equilibrium of a Natural Tidal Inlet. Presented at: Coastal and Ocean Division of ASCE Charleston, SC (USA), 2 nov 1978.
- Inman, D.L., 1949 - Sorting of Sediments in Light of Fluid Mechanics, *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 19, nº 2, 57-70pp.
- Inman, D.L., 1952 - Measures for Describing the Size Distribution of Sediments, *Jour.Sed.Petrol.*, vol. 22, 125-145 pp.
- Jago, C.F., 1981 - Sediment Response to Waves and Currents, North Yorkshire Shelf, North Sea, *Spec.Publs.Int.Ass.Sediment.*, vol.5.
- Kempf, M.; Coutinho, D.N. & Morais, J.O.de, 1968 - A Plataforma Continental do N-NE do Brasil. Nota preliminar sobre a natureza do fundo. *Trab. de Oceanografia da Univ.Federal de Pernambuco*.
- Komar, P.D., 1976 - The Transport of Cohesionless Sediments on Continental Shelves. In D.J.Stanley & D.J.P.Swift (Editors). *Marine Sediment Transport & Environmental Management*. Wiley, New York, NY, 107-125 pp.
- Komar, P.D. & Miller, M.O., 1975 - On Comparison Between the Threshold of Sediment Motion Under Waves and Unidirectional Currents with a Discussion of the Practical Evaluation of the Threshold; School of Oceanography. Oregon State University Corvallis, Oregon, 97-331 pp.
- Krumbein, W.C., 1934 - Size Frequency Distributions of Sedimentary *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 4, nº2, 65-77 pp.

- Krumbein, W.C., 1936 - Application of logarithmic Moments to Size Frequency Distribution of Sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, vol.6, 35-47 pp.
- Krumbein, W.C. & Pettijohn, F.C., 1938 - *Manual of Sedimentary Petrography*. Appleton-Century-Grofts, Inc, New York, NY.
- Leatherman, S.P., 1978 - Overwash Hydraulics on Sediment Transport. Presented at: Coastal Sediment '77: 5^o Symposium of the Waterway, Port, Coastal and Ocean Division of ASCE. Charleston, SC(USA), 2 nov 1978, 135-140 pp.
- Mabesoone, J.M. & Tinoco, J.de M., 1965 - Shelf off Alagoas and Sergipe (NE-Brasil). 2. Geology. *Trabs. Inst.Oceanogr.Univ.Fed. de Pernambuco, Recife* 7/8, 2 nov 1978, 135-140 pp.
- Macedo, M.H.F., 1977 - Estudos Sedimentológicos da Baía de Todos os Santos, Tese de Mestrado em Geologia/Sedimentologia. UFBA. *Rev.Bras.de Geoc.*, vol.9, n^o 3(set.1979).
- Martins, L.R., 1967 - Aspectos Texturais e Depositionais dos Sedimentos Praiais e Eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, *Escola de Geologia da UFRGS*, pe. n^o 13.
- Martins, L.R., 1968 - Contribuição à Sedimentologia da Lagoa dos Patos, II - Sacos do Umbú, Arraial e Mangueira, *Escola de Geologia de Porto Alegre, Notas e Estudos*, vol. 1, n^o 1, 27-44 pp, junho de 1968.
- Mayer, L.R. & Rossi, D.M., 1982 - Specific Surface Areas in Coastal Sediments: Relations with other textural factors. *Mar. Geol.*, vol. 45, n^o 3/4, 241-252 pp.
- Meireles, D.S., 1978 - Emprego de Sensoriamento Remoto na Identificação de Zonas Perigosas à Navegação e Apoio aos Levantamentos Hidrográficos. *Anais Hidrográficos*, Tomo XXXV, 1978 MM.
- Melo, F.E., 1982 - Investigação sobre a Análise da Agitação Marítima. Tese de Mestrado submetida ao Corpo Docente da Coordenação dos Programas de Pós-Grad.em Engenharia da UFRJ, fev/82.

- Miles, J.W., 1957 - "On the Generation of Surface Waves by Shear Flows", *Journal of Fluid Mechanics*, vol.3, 185-204 pp.
- Miller, L.R., 1956 - Trend Surface: Their Application to Analysis and Description of Enviroments of Sedimentation. *The Journal of Geology*, vol.64, nº 5, september 1956, 425-446pp.
- Moreira da Silva, P.C., 1968 - O Fenômeno da Ressurgência na Costa Meridional Brasileira. Publ.24, Inst.Pesq.Marinha, MM.
- Moreira da Silva, P.C., 1968 - Correntes Litorais produzidas pelo Vento. Publ.20, Inst.de Pesq.da Marinha, MM.
- Muehe, D. & Sucharov, E.C., 1981 - Considerações sobre o Transporte de Sedimentos na Plataforma Continental nas proximidades das Ilhas Maricás, RJ. *Rev.Bras.de Geociências*, vol.11(4) : 238-246 pp., dez 1981, S.Paulo.
- Netto, A.S.T., 1980 - Manual de Sedimentologia. Salvador. Petrobrás/Sepes/Diven. Setor de Ensino da Bahia, 1980.
- Nittrouer, C.A. & Sternberg, R.W., 1981 - The Formation of Sedimentary Strata in an Allocthonous Shelf Environment: The Washington Continental Shelf, *Marine Geology*, vol.42, 201-232pp.
- Nowel, A.R.M.; Jumars, P.A. & Eckman, J.E., 1981 - Effects of Biological Activity on the Entrainment of Marine Sediments, *Marine Geology*, nº 42, 133-153 pp.
- Ottman, F., 1959 - Estudos da Amostra de Fundo recolhidas pelo N. E. Almirante Saldanha na Região da Embocadura do Rio Amazonas. *Trabs. Inst. Oceanográfico, Recife*, vol.1, 77-106 pp.
- Pickard, G.L., 1974 - "Oceanografia Física Descritiva", 2a. ed., *Serviços de Relações Públicas da Marinha para FEMAR, RJ*, 1974.
- Rodrigues, R.F., 1977 - Evolução da Massa d'água durante a Ressurgência em Cabo Frio, Publ.115, Inst.de Pesq.da Marinha, MM.
- Sahu, B.K., 1964 - Depositional Mechanisms from the Size Analysis of Clastics Sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 34(1): 73-83 pp.

- Sadowshi, G.R. & Dias Neto, C. de M., 1981 - O Lineamento Sismo - Tectônico de Cabo Frio, Rev. Bras. de Geociências, vol. II, 209-212 pp.
- Ozoy, E., 1978 - Suspended Sediment transport near tidal julets, ASCE, New York, (USA), Waterway Port. Coastal and Ocean Division - Presented at: Coastal Sediments'77: 5nd. Symposium of Waterway, Port. Coastal and Ocean Division of ASCE Charles SC(USA), 2 nov. 1977.
- Selley, R.C., 1982 - An Introduction to Sedimentology, Academic Press. Inc. (London), LTD, 417 pp.
- Severino, A.J., 1978 - Metodologia do Trabalho Científico: Diretrizes para o trabalho didático-científico na Universidade. 3a ed. São Paulo, Cortez & Moraes.
- Shepard, D.F.P.; Marshall, N.F. & Mcloughlin, P.A., 1974 - Currents in Submarine Canyons. Deep-Sea Research, vol. 21, 691-706 pp.
- Spencer, D.M., 1963 - The Interpolation of Grain-Size Distribution Curves of Clastic Sediments. Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa, vol. 33, 180-190 pp.
- Sternberg, R.W., 1971 - Measurements of Incipient Motion of Sediment Particles in the Marine Environment, Marine Geology, vol. 10, 113-119 pp.
- Suguio, K., 1973 - Introdução à Sedimentologia. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, Ed. USP, SP, 317 pp.
- Sverdrup, H.U.; Johnson, M.W. & Fleming, R.H., 1942 - The Oceans ; Their Physics, Chemistry, and General Biology, Prentice-Hall, New York.
- Swift, D.J.P.; Stanley, D.J. & Curray, J.R., 1971 - Relict Sediments on Continental Shelves: A Reconsideration. Journal of Geology, vol. 79, 322-346 pp.

- Tanner, W.F., 1959 - Near Shore Studies in Sedimentology and Morphology along the Florida Panhandle Coast. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol.29, nº 4, 564-574 pp.
- Tanner, W.F., 1964 - Modification of Sediment Size Distribution, *Journal of Sedimentary Petrology*, vol.34, nº 1, 156-164 pp.
- Taylor, P.J., 1977 - "Quantitative Methods in Geography" - An Introduction to Spatial Analysis", Houghton Mifflin Company Boston, Atlanta Dallas Geneva, Ill., Hopewell, N.J., Palo Alto, London, University of Newcastle upon Tyne, England.
- U.S.A., 1975 - Shore Protection Manual, vol.1, Department of the Army Corps of Engineers, 1975.
- Vilas Boas, G.S. & Bittencourt, A.C.S.P., 1979 - Mineralogia e Composição Química da Fração Argilosa dos Sedimentos do Fundo da Baía de Todos os Santos. *Rev. Bras. de Geociências*, vol. 9, nº 3, set. 1979.
- Visher, G.S. & Howard, J.D., 1974 - Dynamic Relationship between Hydraulics and Sedimentation in the Altamaha Estuary. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol.44, nº 2, 502-521 pp.
- Vincent, C.E.; Swift, D.J.P. & Hillard, B., 1981 - Sediment Transport in the New York Bight, North American Atlantic Shelf, *Marine Geology*, vol. 42, 369-378 pp.
- Wentworth, C.K., 1922 - A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *Journal of Geology*, vol.30, 377-392 pp.
- Wentworth, C.K., 1926 - Methods of Mechanical Analysis, *Am. Jour. Science*, Vol., 13, 395-408 pp.

9. A N E X O S

