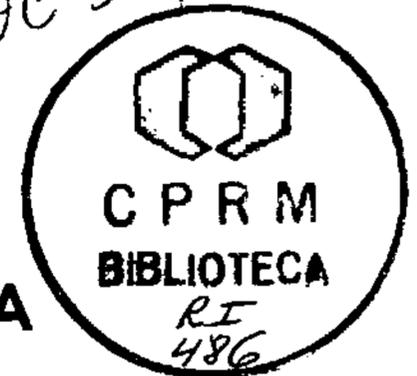


RI

486

Tambor

003435



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

I 99

I/2004

**EXPEDIÇÃO PRECURSORA AOS PENEDOS DE SÃO PEDRO
E SÃO PAULO: GEOLOGIA E GEOTÉCNICA**

João Francisco Silveira de Moraes



Recife
1996

SUMÁRIO

1. Introdução
2. Localização
3. Descrição da Viagem
4. Dados Históricos
5. Aspectos Fisiográficos
6. Trabalhos Realizados
7. Geologia
 - 7.1 Contexto Geotectônico
 - 7.2 Descrição das Rochas
 - 7.3 Considerações Genéticas
 - 7.4 Geocronologia
8. Considerações Geotécnicas
9. Recomendações
10. Bibliografia
11. Documentação Fotográfica

1. INTRODUÇÃO

Consubstanciada na Política Nacional de Recursos do Mar (PNRM), aprovada por Decreto em 12 de maio de 1980, a Comissão Interministerial de Recursos do Mar (CIRM) criou um grupo de trabalho sobre a ocupação das ilhas oceânicas, o qual efetuou o planejamento de uma expedição precursora aos Penedos de São Pedro e São Paulo com a finalidade de estudar a possibilidade de construir um abrigo para pesquisadores de vários ramos das ciências. Nesse sentido, solicitou ao Ministério de Minas e Energia (MME) um profissional para participar dessa expedição com o objetivo de realizar o levantamento geotécnico dos Penedos.

O presente relatório descreve os resultados preliminares do reconhecimento geológico/geotécnico realizado pelo geólogo da **Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM)**, representante do MME. A tabela a seguir apresenta os dados dos pesquisadores participantes da viagem, além do Comandante do navio, do Coordenador da Expedição e do cinegrafista contratado pela CIRM para a filmagem e documentação fotográfica da viagem.

GRUPO PRECURSOR - ARQUIPÉLAGO PENEDOS SÃO PEDRO E SÃO PAULO

Nome: Antônio Jorge Marinho		
Profissão: Militar		
Instituição de origem: Navio Hidrográfico Canopus (Comandante)		
Endereço: R. 1º de Março s/nº - Centro Postal da Marinha		
Cidade: Rio de Janeiro	Estado: RJ	CEP: 20091 - 000
Telefone: (021) 216 - 6695	Telefax: -	BITNET:
Área de estudo no Arquipélago de Penedos: Logística		

Nome: Augusto Cesar Coelho		
Profissão: Engenheiro de Pesca		
Instituição de origem: MMA/IBAMA		
Endereço: Reserva Biológica de Santa Isabel		
Cidade: Pirambu	Estado: SE	CEP: 49190 - 000
Telefone: (079) 276 - 1201/1217	Telefax: (079) 276 - 1201/1217	BITNET:
Área de estudo no Arquipélago de Penedos: Conservação Marinha (tartaruga /UC/ictiofauna recifal/aves)		

Nome: Celso Moraes Peixoto Serra		
Profissão: Militar		
Instituição de origem: Ministério da Marinha - SECIRM		
Endereço: Esplanada dos Ministérios, bloco N, anexo B 3º andar		
Cidade: Brasília	Estado: DF	CEP: 70055
Telefone: (061) 312 - 1317	Telefax: (061) 312 - 1336	BITNET:
Área de estudo no Arquipélago de Penedos: Coordenador		

Nome: Clayton Ferreira Lima		
Profissão: Arquiteto/Coord. Técnico Científico Conselho Nacional Reserva Biosfera Mata Atlântica		
Instituição de origem: Sec. Meio Ambiente São Paulo/ CNR Biosfera Mata Atlântica		
Endereço: R. João Julião 296/11 A		
Cidade: São Paulo	Estado: SP	CEP: 01323 - 020
Telefone: (011) 289 - 6441	Telefax: (011) 289 - 8580	BITNET:
Área de estudo no Arquipélago de Penedos: Coordenador		

Nome: Cristina Engel de Alvarez		
Profissão: Arquiteta - Professora Universitária		
Instituição de origem: Universidade Federal do Espírito Santo; MMA		
Endereço: Av. Fernando Ferrari,, s/nº - DAU, Centro de Artes Campus de Goiabeiras		
Cidade: Vitória	Estado: ES	CEP: 29055 - 000
Telefone: (027) 335 - 2581	Telefax: (027) 335 - 2577	BITNET: engel@npd1.ufes.br.
Área de estudo no Arquipélago de Penedos: Arquitetura (Estudo de viabilidade técnica para Estação Científica)		

Nome: Eduardo Ribeiro Peixoto		
Profissão: Documentarista/Publicitário		
Instituição de origem: EP Produções de Televisão e Cinema		
Endereço: R - Duque de Caxias, 955/501 B		
Cidade: Porto Alegre	Estado: RS	CEP: 90010 - 282
Telefone: (051) 226 - 5933	Telefax: (051) 226 - 5933	BITNET:
Área de estudo no Arquipélago de Penedos: Levantamento fotográfico/imagens		

Nome: Fabio Hissa Vieira Hazin		
Profissão: Engenheiro de Pesca/Professor Universitário		
Instituição de origem: UFRPe/Depto. de Pesca/Lab. Oceanografia Pesqueira		
Endereço: Rua das Pernambucanas, 377/1102 - Graças		
Cidade: Recife	Estado: PE	CEP: 52011 - 010
Telefone: (081) 221 - 4279	Telefax: (081) 441 - 4697	BITNET:
Área de estudo no Arquipélago de Penedos: Pesca/Oceanografia/Biologia		

Nome: João Francisco Silveira de Moraes		
Profissão: Geólogo		
Instituição de origem: Ministério de Minas e Energia - CPRM		
Endereço: Av. Beira Rio, 45 - Madalena		
Cidade: Recife	Estado: PE	CEP:
Telefone: (081) 227 - 0277	Telefax: (081) 228 - 2142	BITNET: cprm@pop-pe.rnp.br
Área de estudo no Arquipélago de Penedos: Levantamento geotécnico		

Nome: José Estanislau Vale Evangelista		
Profissão: Engenheiro de Pesca		
Instituição de origem: IBAMA/CEPENE		
Endereço: R = Dr. Samuel Hardeman s/n Tamandaré		
Cidade: Rio Formoso	Estado: PE	CEP: 55578 - 000
Telefone: (081) 675 - 1109	Telefax: (081) 527 - 1090	BITNET:
Área de estudo no Arquipélago de Penedos: Coleta de material biológico		

Nome: Judith Cortesão		
Profissão: Professora Universitária		
Instituição de origem: FURG/MEC		
Endereço: Museu Oceanográfico		
Cidade: Rio Grande	Estado: RS	CEP:
Telefone: (0532) 32 - 2997	Telefax: (0532) 32 9633	BITNET: museu.br@.
Área de estudo no Arquipélago de Penedos: Geopolítica/ensino/ornitologia/mídia		

Nome: Kaiser Gonçalves de Souza		
Profissão: Geólogo Marinho		
Instituição de origem: Ministério da Ciência e Tecnologia - SEDEC		
Endereço: Esplanada dos Ministérios, bloco E sala 398		
Cidade: Brasília	Estado: DF	CEP: 70067 - 900
Telefone: (061) 317 - 7993	Telefax: (061) 317 - 7991	BITNET:
Área de estudo no Arquipélago de Penedos: Geologia		

Nome: Maurilio Callipo S. Ferreira		
Profissão: Arquiteto/Of. Marinha		
Instituição de origem: MM - Diretoria de Obras Civis da Marinha		
Endereço: Rua 1º de março, 118/9º andar, centro		
Cidade: Rio de Janeiro	Estado: RJ	CEP:
Telefone: (021) 216 - 5249	Telefax:	BITNET:
Área de estudo no Arquipélago de Penedos: Condições físicas para implantação de edificações.		

2. LOCALIZAÇÃO

Os Penedos de São Pedro e São Paulo constituem o ponto mais avançado do território brasileiro no Oceano Atlântico, estando quase na metade da distância em relação a costa da África. Os Penedos distam 1.210 km de Recife no rumo N 32°30'E e a linha que une esses dois pontos passa tangenciando o arquipélago de Fernando de Noronha, o qual se encontra a 560 km de Recife (Fig.1).

Os Penedos representam o único conjunto de ilhas oceânicas do país no hemisfério norte, pois localizam-se a 100 km ao norte da linha do Equador. As coordenadas geográficas do ponto central são 29° 37'30" de longitude oeste de Greenwich e 0° 50'51" de latitude norte. Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte, é o ponto da costa brasileira mais próximo dos Penedos, cuja distância é de 1.010 km no rumo N41°15'E.

3. DESCRIÇÃO DA VIAGEM

A viagem aos Penedos foi feita a bordo do navio hidrográfico Canopus, da Marinha do Brasil, que partiu do Rio de Janeiro e fez escala no porto de Recife, onde embarcaram o geólogo da CPRM/MME e o Professor Fábio Hazin da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

O navio partiu de Recife no dia 02/03/96 direto para os Penedos, chegando ao destino após quatro dias e meio de viagem (dia 06/03/96). Na madrugada do dia 04/03/96 o navio passou ao largo do arquipélago de Fernando Noronha, que foi identificado pela luz do farol.

Durante a viagem o Comandante do navio reuniu os pesquisadores e os oficiais para as apresentações e instruções sobre a rotina de bordo, exercícios e manobras de adestramento da tripulação. Por solicitação do Coordenador da Expedição, todos os pesquisadores fizeram exposição, para o Comandante do navio e oficialidade, dos trabalhos a serem executados nos Penedos.

Os pesquisadores foram transportados para os Penedos por um helicóptero Esquilo com capacidade para quatro passageiros, decolando do heliporto do navio, que se encontrava a cerca de uma milha dos Penedos. Devido a grande profundidade do mar, o navio não pôde baixar âncoras, e durante a permanência nos Penedos ele navegava em marcha lenta.

O helicóptero conseguiu pousar em uma área plana e alagadiça da ilhota Belmonte, único local dos Penedos que permite aterrissagem. O pesquisador da CPRM/MME fez parte da primeira equipe de desembarque nos Penedos às 6:30 horas.

O pesquisador da CPRM/MME tinha solicitado ao Coordenador da Expedição um bote inflável com motor de popa para se deslocar de uma ilhota para outra. Mas, o Comandante do navio informou que só dispunha de um bote e que o mesmo serve de apoio a aeronave, em caso de necessidade de socorro. Dessa forma, usou-se o helicóptero para desembarque em outras seis ilhotas, saltando de uma altura da ordem de 0,70 m. Após o desembarque de todos os pesquisadores, o Comandante liberou o bote para apoio aos mergulhadores da Marinha que instalaram um marégrafo na enseada formada pelos Penedos.

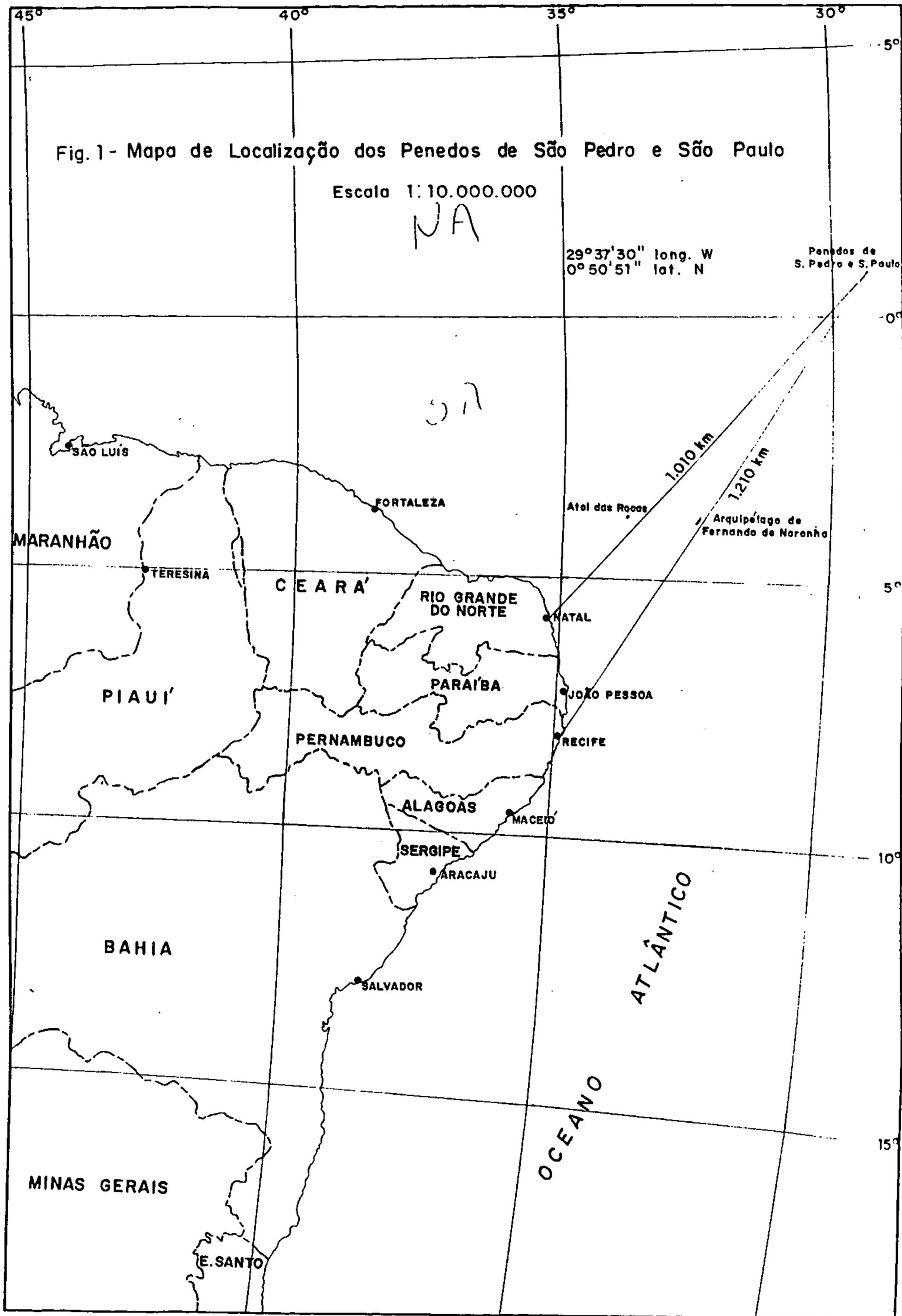
Fig. 1 - Mapa de Localização dos Penedos de São Pedro e São Paulo

Escala 1:10.000.000

NA

29°37'30" long. W
0°50'51" lat. N

Penedos de S. Pedro e S. Paulo



A enseada é formada por quatro ilhotas que não possuem praias e suas bordas são de rochas que despontam verticalmente do mar. Contudo, com um bote inflável, dirigido por piloto experiente, é possível o desembarque nessas ilhotas.

Durante os vários pousos e decolagens do helicóptero, cinco atobás, ave que habita os Penedos e atinge 0,5m de comprimento, foram decepados pela hélice. Por causa desse problema, por medida de segurança, o Comandante do navio decidiu cancelar o segundo dia de desembarque nos Penedos, conforme estava previsto na programação.

Às 16 horas do dia 06/03/96, sob forte chuva, o Coordenador da Expedição suspendeu as operações em terra, solicitando o embarque imediato de todo o pessoal. Às 20:00 horas o navio retornou com destino a Fortaleza.

Durante a permanência nos Penedos as operações de pouso, decolagem, embarque e desembarque foram bem sucedidas. Ao longo de toda a viagem houve apenas um acidente: No dia 08/03/96 o representante do MME escorregou no convés e teve rutura nos ligamentos do joelho. Foi prontamente socorrido pelo Ten. Joselito, médico do navio.

No dia 10/03/96 o Canopus aportou em Fortaleza, onde todos os pesquisadores desembarcaram, e posteriormente seguiu para a sua base no Rio de Janeiro.

Atendendo a solicitação do Coordenador da Expedição cada pesquisador entregou, antes do desembarque, um relatório preliminar sobre os trabalhos realizados. O representante do MME entregou uma cópia do seu relatório ao Superintendente da CPRM em Recife, Dr. Marcelo Soares Bezerra, e enviou outra cópia para o Secretário de Minas e Metalurgia do MME, Dr. Giovanni Toniatti.

4. DADOS HISTÓRICOS

O descobrimento dos Penedos de São Pedro e São Paulo remonta de longa data, uma vez que desde 1538 eles já constavam da carta náutica de Mercator.

Data de 1799 o primeiro registro de desembarque nos Penedos, através do navegador espanhol Amansa Delano a bordo da nau Perseverance, o qual, entre outras observações, destaca a grande quantidade de tubarões na área.

No século XIX duas expedições famosas estiveram nos Penedos, uma em 1831 do navio Beagle que conduziu o naturalista Charles Darwin, e a outra em 1872 do navio Challenger (Mesquita, 1982). Darwin, no seu livro "Viagem de um Naturalista ao Redor do Mundo" assinala: "O menor rochedo dos mares tropicais serve de suporte a uma quantidade considerável de algas, animais marinhos, aves e até insetos", referindo-se também à presença de muitos tubarões.

Existem registros de outras expedições que passaram nos Penedos, como a do naturalista inglês H. N. Moseley em 1874 e a do irlandês Ernest Shackleton em 1921 a bordo do navio Quest, o qual cita também a presença de tubarões.

A origem do nome dos Penedos é devido a nau São Pedro que naufragou em 1911 ao ser arremessada contra os rochedos (Mendonça, 1972).

A visita mais curiosa foi a dos aviadores portugueses Gago Coutinho e Sacadura Cabral que, em 1922, amerissaram seu hidroavião nas imediações dos Penedos para reabastecimento por um navio, numa viagem de Lisboa para o Rio de Janeiro.

Em 1930 a equipe do navio Belmonte, da Marinha do Brasil, instalou um farol na ilha maior, que foi batizada com o nome do navio; poucos anos após o farol foi destruído por um terremoto (Mesquita, op. cit.).

Sachs (1963) descreve a viagem aos Penedos, juntamente com mais três geólogos, a bordo do navio R/V Chain do Serviço de Hidrografia da Marinha dos Estados Unidos.

A edição de agosto de 1966 da revista Oceanus é dedicada à expedição aos Penedos do navio de pesquisa da Marinha Americana R/V Atlantis II, cuja equipe era formada por geólogos, biólogos, paleontólogos, entre outros (Bowen et al., 1966).

Em 1979, pesquisadores ingleses da Expedição Cambridge realizaram estudos de biologia marinha em torno dos Penedos e registraram 48 espécies de peixes e 5 espécies de corais de água rasa (< 60m de profundidade), sendo que alguns desses peixes e corais nunca tinham sido descritos noutras ilhas tropicais do mundo (Edwards, 1979).

Segundo informações verbais do Professor Fábio Hazin, da UFRPE, desde 1988 barcos pesqueiros partem de Natal - RN para os Penedos objetivando a captura de albacora laje (*Thunus albacares*), utilizando o peixe-voador como isca. Como resultado dessa atividade são capturados anualmente cerca de 500 toneladas de peixes, onde o albacora laje representa cerca de 80% do pescado.

A partir de 1992 pesquisadores da UFRPE iniciaram estudos dos recursos pesqueiros da região dos Penedos através do Projeto Ecologia dos Tunídeos e Afins no Atlântico Sudoeste-Equatorial - Ecotuna. Identificaram duas espécies de crustáceos, o aratu (*Grapsus grapsus*) e a lagosta (*Paulinus equinatus*), e vinte famílias de peixes, sendo as seguintes as mais representativas: *Exocoetidae* (peixes voadores), *Carangidae*, *Pomacentridae* e *Blennidae*. Considerando a grande importância da região como zona de esca, em 1995, esses pesquisadores encaminharam ao Ministério do Meio Ambiente um documento intitulado "Projeto de Instalação de uma Base Permanente de Pesquisa nos Rochedos de São Pedro e São Paulo". Os principais objetivos desse Projeto são: Monitoramento dos principais parâmetros físico-químicos e biológicos da água do mar e determinação dos padrões de variação sazonal; levantamento da atividade pesqueira existente na região; coleta contínua de dados meteorológicos; promover a ocupação dos Penedos que constituem um verdadeiro ponto avançado do território brasileiro; reivindicar uma zona econômica exclusiva em torno dos Penedos.

5. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Os Penedos de São Pedro e São Paulo constituem o pináculo de um colossal edifício rochoso submarino que se ergue de uma profundidade abissal da ordem de 4.000m.

Na superfície do mar eles formam um pequeno arquipélago representado por seis ilhotas maiores, quatro menores e diversas pontas de rochas (Fig.2). A distância entre os pontos extremos do arquipélago, correspondente a Rocha Erebus e Rocha Pillar, é de 420m na direção NE-SW.

Os nomes das ilhotas foram consignados por pesquisadores de expedições pretéritas. Assim, os pesquisadores americanos que participaram da expedição do navio R.V. Atlantis II, em 1966, denominaram as ilhotas em relação aos quadrantes dos pontos cardeais em que se situavam. As ilhotas também foram batizadas pelos nomes de outras expedições científicas como Challenger, Beagle e Cambridge. A ilha Belmonte herdou o nome do navio da Marinha Brasileira cujos técnicos instalaram o farol em 1930. As ilhotas Cabral e Coutinho homenageiam os pilotos portugueses que em 1922 amerissaram nas imediações dos Penedos para reabastecimento por um navio.

As dimensões das ilhotas maiores (as seis primeiras) e menores (as quatro últimas) são as seguintes:

Nome	Comprimento (m)	Direção	Largura (m)	Área aproximada (m ²)
Belmonte ou Sudoeste	104	N56°W	60	6.000
Challenger ou Sudeste	80	N 9°E	70	5.000
Ilhota Cabral ou Noroeste	70	N74°W	54	2.400
Nordeste	55	N10°W	32	1.300
South	46	N26°E	28	1.200
Rocha Coutinho	46	N64°W	15	500
Rocha Erebus	14	—	14	200
Rocha Beagle	20	—	18	360
Rocha Pillar	8	—	6	50
Rocha Cambridge	4	—	3	12

As ilhotas são formadas apenas de rochas que se projetam no mar com forte declive, sendo desprovidas de praia, solo, vegetação e água doce. A encosta leste da ilha Belmonte é o único local onde se encontra uma pequena vegetação rasteira. As ilhotas são habitadas apenas pelo crustáceo de nome aratu, e por dois tipos de aves marinhas: o atobá e a viuvinha,

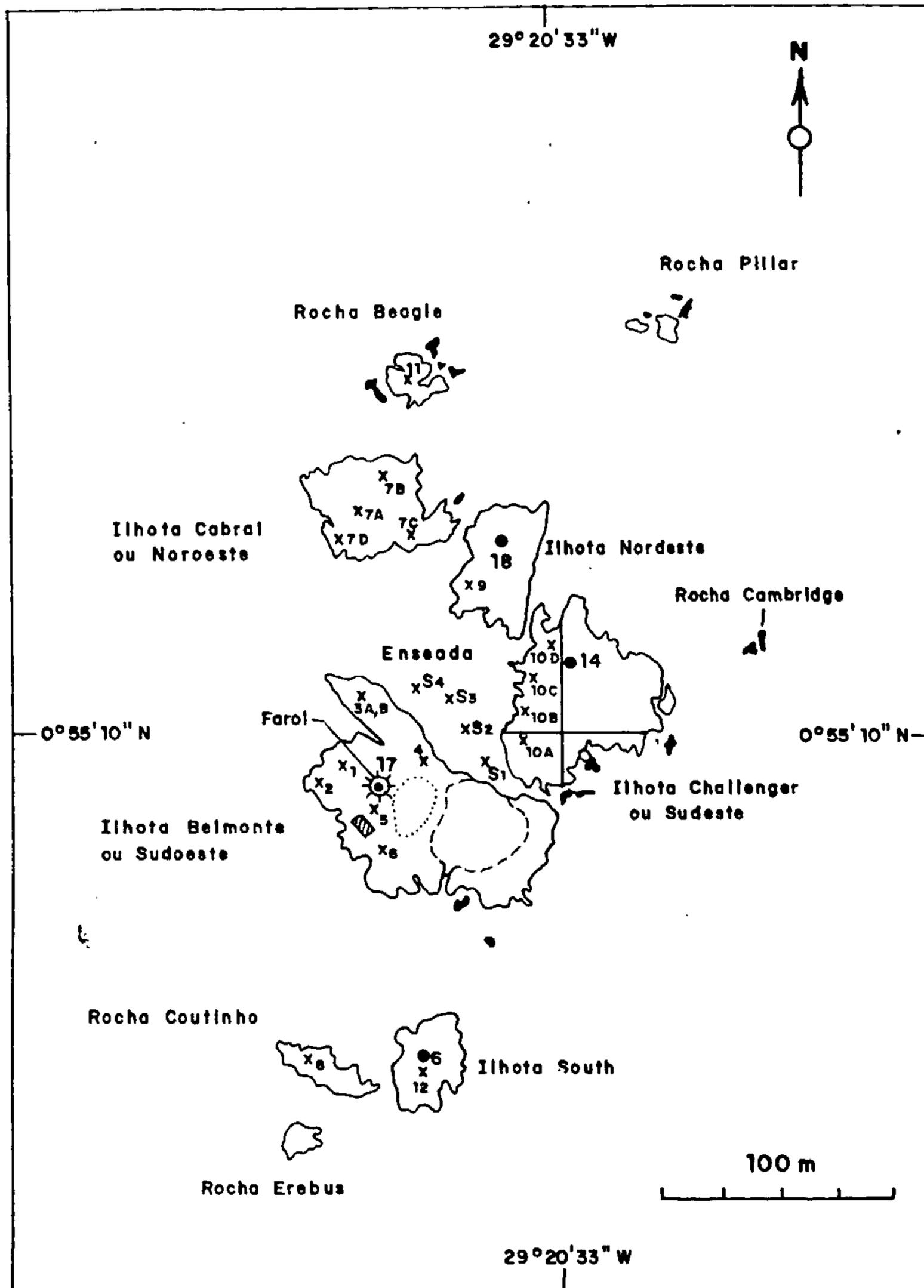


FIGURA 2 – MAPA PLANIMÉTRICO DOS PENEDOS DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO (Edwards, 1979).

- | | | | |
|------------|---|-----------------|-------------------------------|
| ○ (dotted) | Limite aproximado do principal berçário das aves atobás | x ₁ | Amostra de rocha coletada |
| ○ (solid) | Limite aproximado da área alagadiça | xS ₁ | Amostra de sedimento coletado |
| ▨ | Localização sugerida para a construção de um abrigo | ● | Altitude em metros |
| | | 18 | |

havendo o predomínio do primeiro. Na ilha Belmonte está o principal berçário dessas aves. No entorno dos Penedos existe grande quantidade de peixes de várias espécies.

O contorno das ilhotas é sinuoso, irregular, denteado e reentrante. As quatro ilhotas maiores (Belmonte, Challenger, Nordeste e Cabral) estão separadas entre si por estreitos canais e formam uma enseada em forma de ferradura, disposta na direção noroeste, cujo eixo tem 100m e abertura de 50m na direção N-S (Fig. 2, Foto1). A profundidade média da enseada é da ordem de 6m e o piso é constituído por fragmentos carbonáticos, além de seixos, blocos e matacões das rochas dos Penedos. A Foto 2 mostra as ilhotas Coutinho e South, situadas na parte sul do arquipélago.

O relevo do arquipélago é acidentado, estando a maior elevação na ilha Nordeste, cuja altitude é de 18m. No ponto mais alto da ilha Belmonte, com altitude de 17m, foi instalado um farol com 6m de altura (Foto 3). Nas ilhotas Challenger e South as maiores elevações têm altitudes de 14m e 6m, respectivamente.

O relevo submarino dos Penedos exhibe uma elevação alongada e de declive relativamente suave na direção WSW-ENE, enquanto na direção oposta seus flancos têm forte inclinação (Fig.3). A curva fechada de contorno batimétrico de 200m tem o eixo maior com extensão de 3.600m na direção WSW-ENE e sua largura é de 700m, ao longo da reta que cruza a porção emersa dos Penedos. Assim, a partir dessa porção aflorante, a cota batimétrica de 200m está a uma distância horizontal da ordem de 350m no rumo norte ou sul, enquanto nos rumos opostos está a cerca de 1.800m de distância.

6. TRABALHOS REALIZADOS

Durante as 10 horas de permanência nos Penedos foram realizados os seguintes trabalhos:

- Reconhecimento geológico e geotécnico das sete principais ilhotas (Belmonte, Challenger, Nordeste, Cabral, South, Coutinho e Beagle);
- Coleta e descrição de 19 amostras de rochas com a seguinte distribuição: 7 amostras na ilha Belmonte, 4 na ilha Challenger, 4 na ilha Cabral, 1 na ilha Nordeste, 1 na Rocha Beagle, 1 na ilha South e 1 amostra na Rocha Coutinho;
- Coleta e descrição de 4 amostras de sedimentos do fundo da enseada;
- Locação de todas as amostras coletadas em mapa planimétrico na escala 1:2.000 (Fig.2).

Com exceção das amostras da ilha Belmonte, as demais amostras de rochas foram coletadas pelo geólogo Kaiser Gonçalves de Souza.

No escritório foram preparadas e enviadas para laboratórios 19 amostras de rochas para estudos petrográficos e análises químicas, e 2 amostras de sedimentos para caracterização mineralógica. Até a presente data, os resultados das análises petrográficas e químicas ainda não foram recebidas. A interpretação desses dados será objeto de outro relatório versando

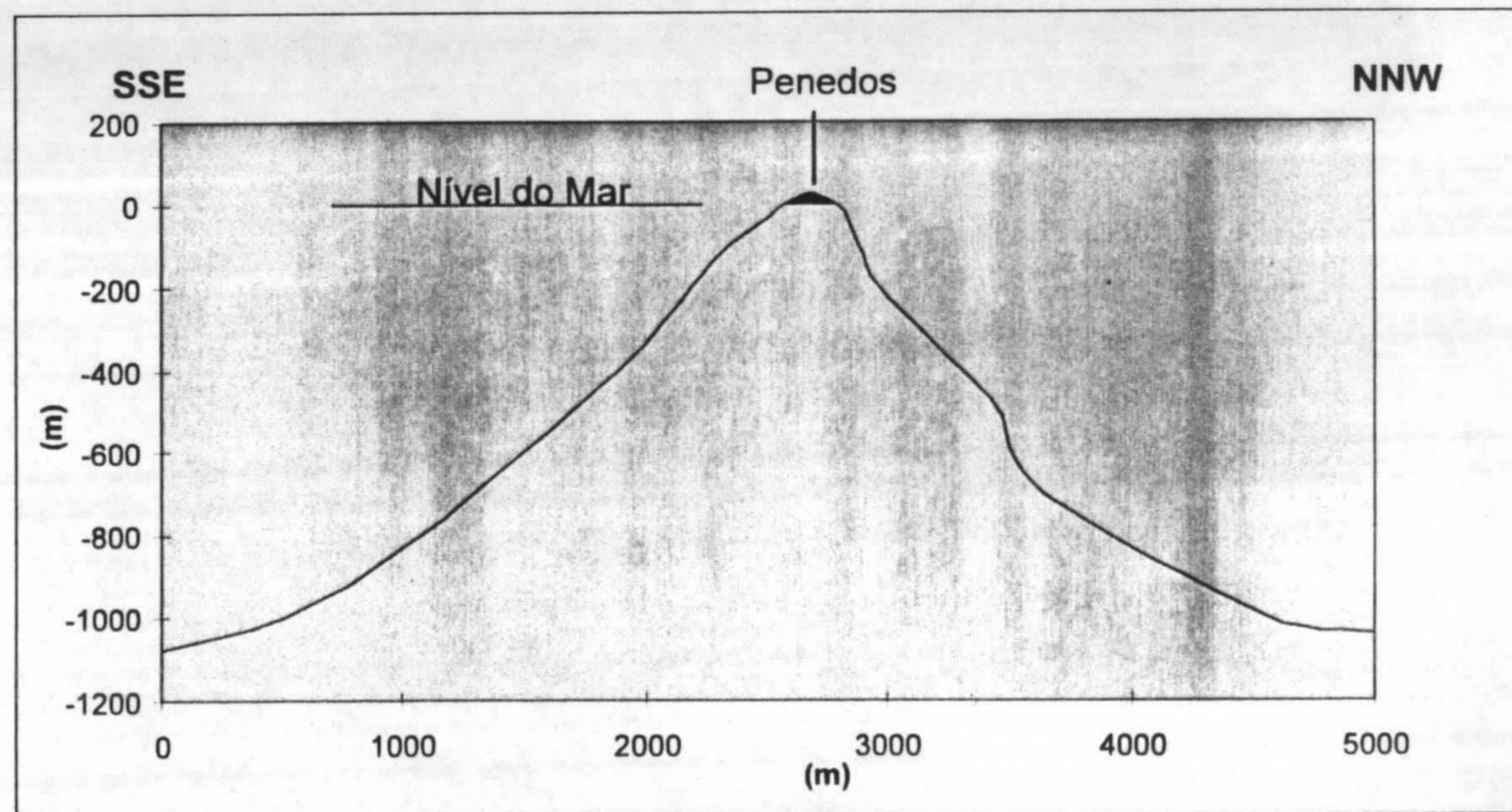
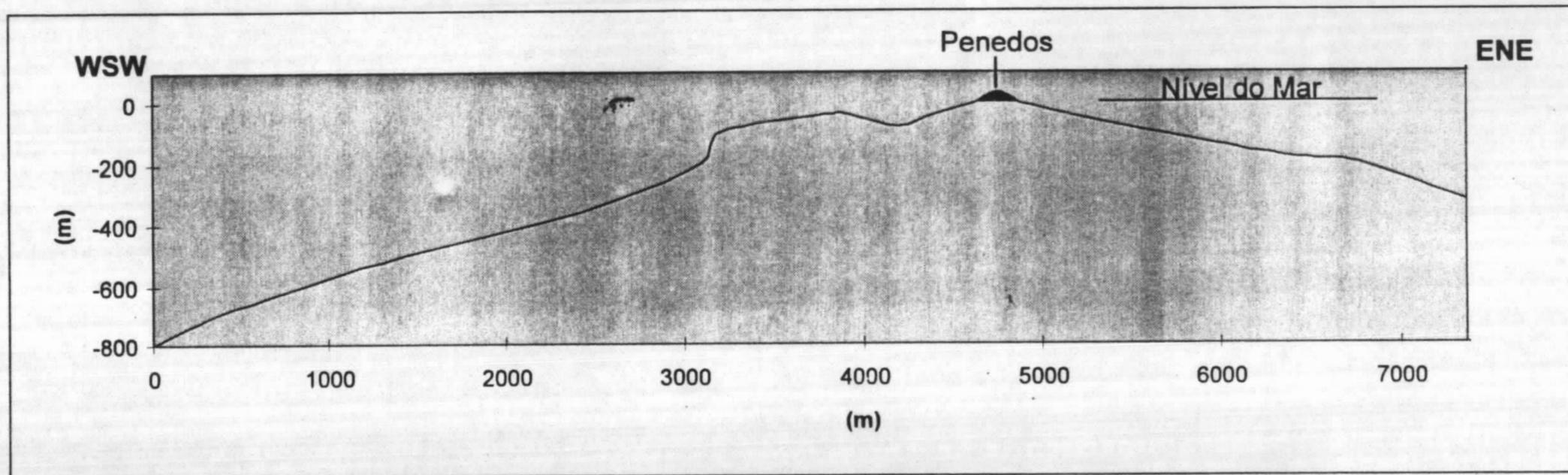


Fig. 3 - Seções batimétricas nas imediações dos Penedos de São Pedro e São Paulo. Dados batimétricos extraídos da Carta Náutica nº 51 da Marinha do Brasil.

sobre a caracterização petrográfica e química das rochas dos Penedos, bem como a interpretação genética das mesmas.

7. GEOLOGIA

7.1 - Contexto Geotectônico

Do ponto de vista geotectônico, o arquipélago de São Pedro e São Paulo está situado na região limítrofe das placas divergentes e construtivas Sul-Americana e Africana, mas posicionando-se dentro da primeira (Fig. 4). O limite dessas placas é marcado pela Dorsal Meso-atlântica e o arquipélago se encontra na zona Equatorial, onde a dorsal é seccionada pela extensa falha transformante de São Paulo. Esta falha, de direção geral E-W, produziu um rejeito horizontal da ordem de 600 km, separando os dois ramos da dorsal. Nesse contexto, o arquipélago está localizado próximo ao limite setentrional da zona de falha transformante e próximo a sua intersecção com o ramo norte da dorsal (Fig. 4).

Como mostrado na Fig. 3 o relevo submarino do arquipélago tem direção WSW-ENE, sendo portanto sub-paralelo à falha transformante de São Paulo. Isto sugere que as rochas do arquipélago são controladas pela falha e que alguma fratura subsidiária pode ter servido de conduto à passagem dessas rochas.

A Fig. 5a mostra que nas imediações do arquipélago a zona de falha transformante tem largura da ordem de 120 km. Dentro da zona, as profundidades atingem cerca de 3.600m, e além dos seus limites norte e sul são detectadas profundidades abissais com mais de 4.000m. Na direção oposta (E-W) as profundidades dentro da zona de falha são menores, da ordem de 3.000m (Fig. 5b). A Figura mostra a projeção do ramo norte da Dorsal Meso-Atlântica Equatorial na sua intersecção com a falha transformante de São Paulo, e a proximidade desse ramo da dorsal com o arquipélago.

7.2 - Descrição das Rochas

O arquipélago de São Pedro e São Paulo é formado predominantemente por uma rocha dura, compacta, maciça, de coloração cinza escura, textura muito fina, de aspecto vítreo, e fortemente fraturada (Foto 4). Os afloramentos estão parcialmente revestidos por uma película esbranquiçada de guano (Foto 4). Algumas amostras apresentam uma estrutura que sugere acamamento magmático. As fraturas ocorrem em várias direções e seus planos de mergulho variam de 40° a vertical. Alguns sistemas são ortogonais e outros conjugados formando entre si ângulo de 30° (Foto 5). Existem fraturas com direções sub-paralelas a direção geral da falha transformante. A maioria das fraturas são fechadas, mas existem diversas fraturas abertas com espessura variando de alguns centímetros a 0,60m. Tais fraturas são preenchidas por material ferruginoso (Foto 5) e/ou por uma rocha com aspecto de brecha, contendo fragmentos angulosos da encaixante, nódulos brancos de fosfato, e matriz carbonática (Foto 6). As análises petrográficas e químicas das amostras coletadas durante a presente expedição ainda não foram concluídas.

Guimarães (1932) efetuou estudos petrográficos em várias lâminas de rochas dos Penedos de São Pedro e São Paulo. Uma delas foi classificada como basalto nefelínico, idêntico ao que ocorre no arquipélago de Fernando Noronha. Esta rocha compõe-se de olivina

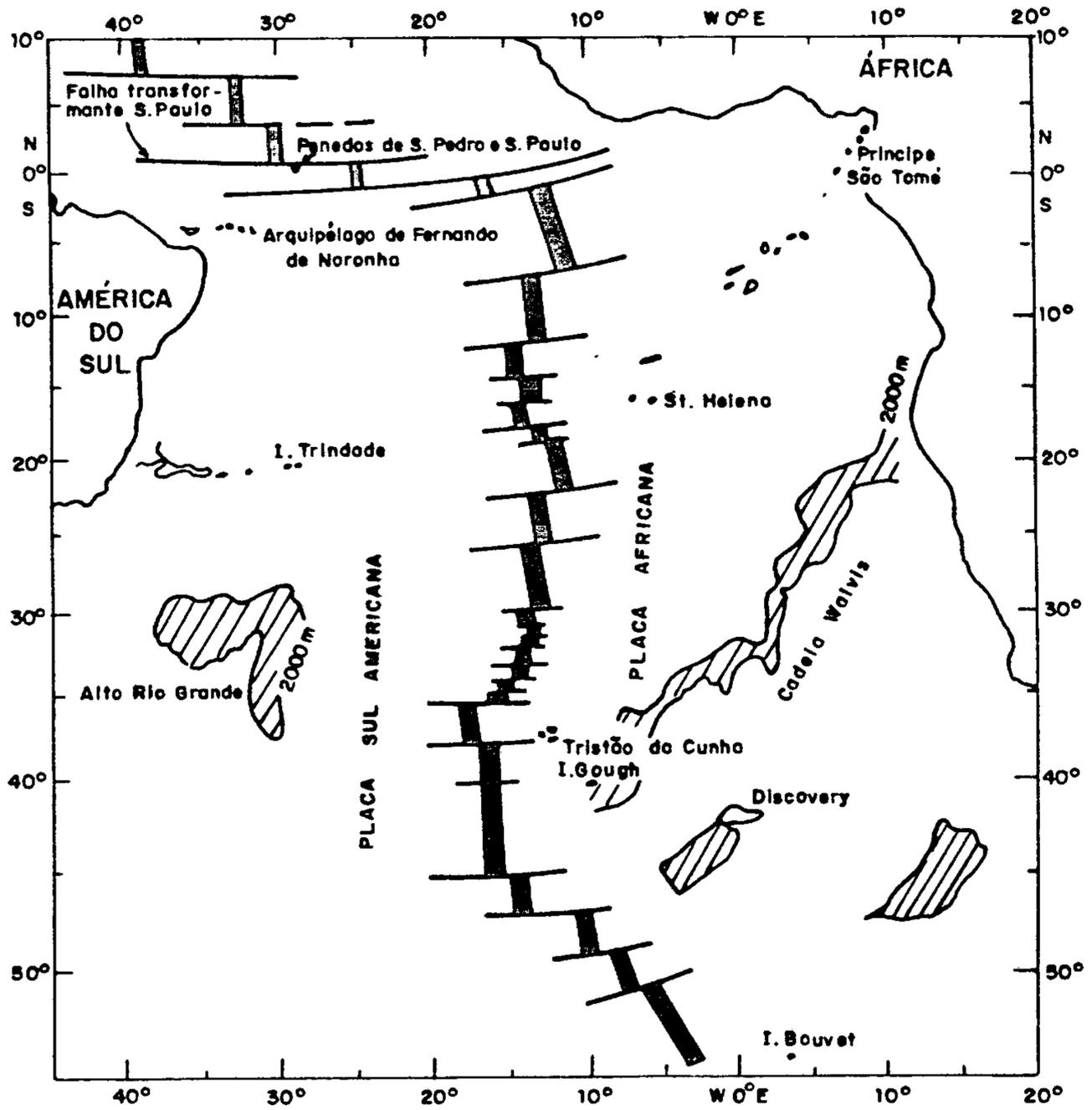
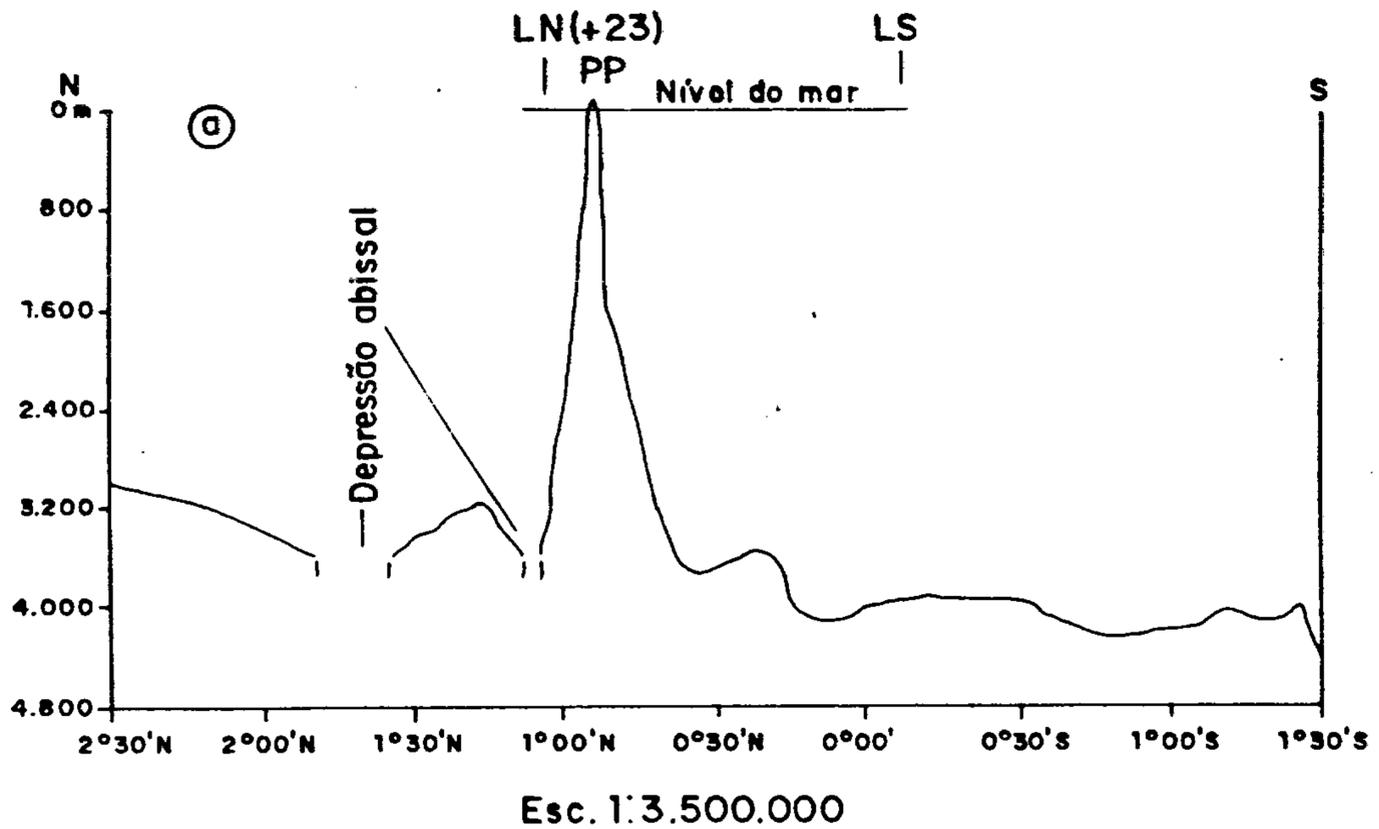


Figura 4 - Placas tectônicas Sul-Americana e Africana, e a localização dos Penedos de São Pedro e São Paulo. A dorsal Meso-Atlântica (barras negras) é cortada por falhas transformantes. Modificado de Schilling et al., 1985.



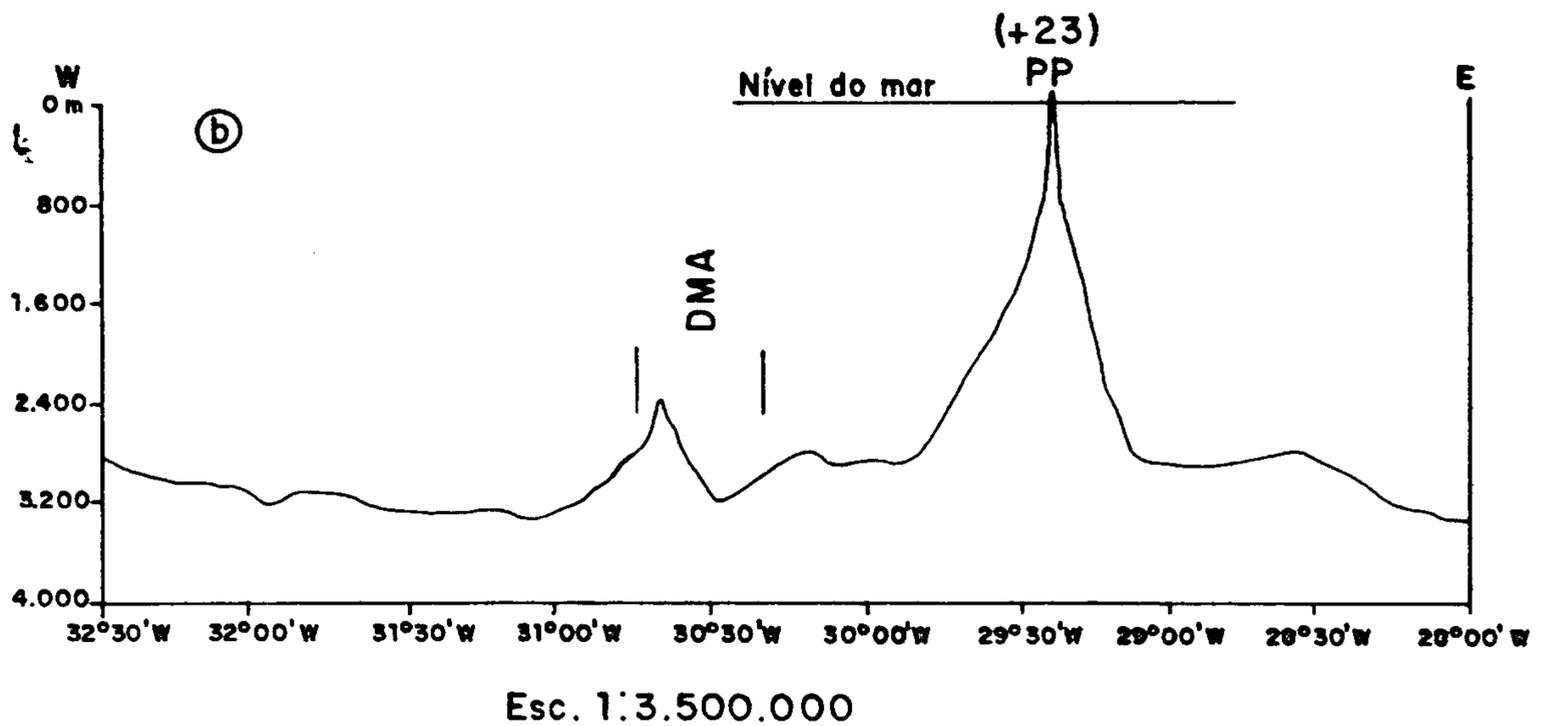
Seção Batimétrica sobre os Penedos de São Pedro e São Paulo, Ortogonal a Zona de Fratura São Paulo.

LN - Limite Norte da Zona de Fratura São Paulo

LS - Limite Sul da Zona de Fratura São Paulo

PP - Penedos de São Pedro e São Paulo

Fonte dos dados batimétricos: Mapa Batimétrico da Margem Continental Norte do Brasil - Projeto REMAC - 1979.



Seção Batimétrica sobre os Penedos de São Pedro e São Paulo, Paralela a Zona de Fratura São Paulo.

DMA - Ramo Norte da Dorsal Meso-Atlântica na Zona de Interseção com o Limite Norte da Zona de Fratura São Paulo.

PP - Penedos de São Pedro e São Paulo

Figura 5

em fenocristais, microlitos de augita, grânulos e cristais de nefelina e magnetita. Outra rocha descrita tem aspecto maciço, cor cinza escura, granulação fina, exibindo fraturas planas, e foi classificada como olivinólito. Ao microscópio tem textura porfiroblástica, com massa fundamental de aparência fluidal, sendo formada por grandes cristais de olivina, dispersos em massa microgranular de olivina e alguns cristais de picotita. As fraturas são preenchidas por serpentina. A análise química revelou uma rocha rica em MgO (38,00%), pobre em Al₂O₃ (4,89%) e CaO (2,46%), e os álcalis são 0,89% Na₂O e 0,52% K₂O. A descrição macroscópica dessa amostra coincide com a da litologia dominante encontrada nos Penedos, na expedição relatada neste relatório.

Outra litologia descrita por Guimarães (op. cit.) foi classificada como tufo vulcânico. Trata-se de uma rocha cinza clara, vacuolar, constituída por cristais e fragmentos de olivina, biotita, augita, vidro vulcânico e raras carapaças de gasterópodos, dispersos em massa amorfa em que se distinguem finíssimos veios de calcita. Veios reticulados de opala cortam a rocha, a qual também se apresenta impregnada de uma massa branca de guano.

Melson et al. (1972) são responsáveis pelo trabalho mais detalhado já realizado sobre a geologia dos Penedos. Eles identificaram três tipos principais de rochas: peridotito milonitizado, milonito a hornblenda marrom e clinopiroxênio-plagioclásio-milonito. O primeiro tipo é a litologia predominante e os outros dois tipos foram encontrados apenas na ilha Challenger ou Sudeste, sendo que o terceiro tipo foi observado em apenas uma amostra. O peridotito tem a olivina forsterítica como mineral essencial, ocorrendo como acessórios orto e clinopiroxênio, espinélio e anfibólio, e como traços flogopita, plagioclásio, carbonato e sulfetos. Esta rocha foi subdividida em hornblenda-peridotito, plagioclásio-peridotito e alumínio-piroxênio-peridotito, cuja mineralogia normativa média é de 64% olivina, 22% enstatita, 2% diopsídio e 8% plagioclásio. O milonito a hornblenda marrom ocorre como *schlieren* nos peridotitos. Aquele tem a hornblenda marrom como mineral essencial, e os acessórios são óxidos de ferro e titânio e escapolita, e os minerais traços são titano-biotita, plagioclásio, zeólitas, allanita, zircão, carbonatos e sulfetos. A hornblenda marrom é da variedade Kaerssutita, enquanto a hornblenda dos peridotitos é caracteristicamente pargasita.

Nos trabalhos de campo da expedição objeto deste relatório, não foram observadas feições características de milonitos nas rochas do arquipélago, tanto em escala de afloramento como em amostra de mão. Por conseguinte, o termo milonito aplicado por Melson et al. (op. cit.) deve estar baseado nos estudos microscópicos.

7.3 - Considerações Genéticas

De acordo com Melson et al. (op. cit.) as composições de elementos maiores, menores e traços dos três grupos principais de rochas dos Penedos parecem excluir um único estágio de relação genética entre eles. A coexistência das assembléias minerais é atribuída a distribuição não homogênea da pressão d'água na massa intrusiva; mistura de assembléias minerais que, possivelmente, se equilibraram a diferentes profundidades do manto e foram, subsequentemente, misturadas durante o *emplacement*; e rápida ascensão e colocação, impedindo o reequilíbrio das fases. As temperaturas e pressões máximas para as assembléias primárias estariam em torno de 1100°C e 15 Kb, e as rochas foram milonitizadas durante o *emplacement* a temperaturas superiores a 500°C. Os Penedos constituem uma intrusão ultrabásica derivada do manto superior, colocada em estado quase sólido, e mobilizada de uma profundidade da ordem de 45km.

A disposição estrutural dos Penedos, revelada pelo seu relevo submarino, sugere que a intrusão ocorreu durante a abertura e formação da crosta na zona de fratura da falha transformante de São Paulo. Esta hipótese é reforçada por algumas análises petrológicas, especialmente o caráter alcalino, que podem ser propriedades intrínsecas de crosta oceânica em zona de fratura (Melson et al., op cit.). As falhas transformantes constituem uma zona de fraqueza da crosta oceânica e onde esta tem menor espessura. Assim, admite-se que os peridotitos do arquipélago tenham sido forçados, no estado quase sólido e em alta temperatura, da região mais profunda por movimentos ascendentes propulsionados por correntes de convecção, penetrando nas fraturas até atingir a superfície.

Os estudos dos elementos de terras raras em 15 amostras dos Penedos revelaram que elas eram marcadamente enriquecidas em terras raras leves, evidenciando que os peridotitos não poderiam ser material indiferenciado do manto, nem resíduo de fusão parcial (Frey, 1970). Este autor sugeriu que os peridotitos representam cumulos de um grande volume de magma álcali-basáltico, já enriquecido em terras raras leves, estando esses elementos concentrados na pargasita.

7.4 - Geocronologia

Datações pelo método Rb-Sr indicam que a intrusão dos peridotitos ocorreu a menos de 100 M.a., uma idade consistente com as idades modelo de abertura do assoalho oceânico. Contudo, as idades Rb-Sr não são significativas por causa do possível enriquecimento em Rb pelo contato com a água do mar, e das baixas razões Rb/Sr. A razão Sr^{87}/Sr^{86} é baixa comparada a de outros peridotitos continentais e oceânicos, variando de 0,703 a 0,708, com média em torno de 0,705 (Melson et al., op. cit.).

Idades aparentes muito antigas, maiores que 835 M.a., foram obtidas de milonitos a hornblenda marrom pelo método K-Ar. Embora excesso de argônio radiogênico esteja presente em alguns peridotitos, ele não pode ser responsável pela idade mais antiga da hornblenda (Melson et al., op. cit.). A intrusão pode ter incorporado material mais velho, mas não está claro como este material mais antigo poderia ter permanecido durante a abertura do assoalho oceânico. Essa idade deve ser desconsiderada, uma vez que ela é muito anterior à deriva continental e à formação dos oceanos.

8. CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS

O terreno dos Penedos é muito acidentado, pedregoso e desprovido de solo e praia, sendo constituído exclusivamente de rochas duras e coesas, embora estejam muito fissuradas. Tais fissuras dão origem a formação de blocos e matacões que se acumulam nas encostas das elevações. Dessa forma, a pedra é o único material de construção disponível nos Penedos.

A ilha Belmonte, a maior do arquipélago, é a única que oferece condições para a construção de um pequeno abrigo com dimensões de 4m x 7m ou 5m x 8m. Essa ilha apresenta dois locais com terreno baixo e relativamente plano. Um está cerca de 30m a sudeste do farol, numa área limítrofe entre o principal berçário das aves atobás e um terreno alagadiço. Devido a proximidade com o berçário das aves, essa área deve ser descartada para construção. Esse terreno alagadiço é o único local do arquipélago que permite o pouso de helicóptero (Foto 7). O outro local mais apropriado a edificação de um abrigo está a 30m a sul

do farol e distante 25m do berçário dos atobás. A localização dessa área está assinalada na Fig. 2. A zona alagadiça da ilha Belmonte se encontra na porção mais interna da enseada do arquipélago, e nela pode ser construído um pier de madeira para atracação de pequenas embarcações (Foto 7).

Como o arquipélago não possui água doce, o abastecimento de água potável para o abrigo pode ser obtido por um dessalinizador da água do mar, e o suprimento de eletricidade pode ser feito por conversão de energia solar e eólica, além do uso de gerador.

O Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente (Schobbenhaus et al., 1984) registra numerosos epicentros de terremotos na região dos Penedos. Os epicentros se distribuem ao longo da falha transformante de São Paulo e sua direção geral é concordante com a zona da falha. As evidências de abalos sísmicos na superfície do arquipélago são marcadas por intenso fissuramento nas rochas, em várias direções. Contudo, não se tem conhecimento da intensidade dos terremotos. A espessa coluna d'água no entorno dos Penedos, atingindo 4.000 m de profundidade deve absorver grande parte dos choques sísmicos. De qualquer forma, por medida de segurança, qualquer edificação a ser feita no arquipélago deverá ter uma estrutura capaz de suportar atividade sísmica de baixa a média intensidade.

9. RECOMENDAÇÕES

Devido a posição estratégica do arquipélago de São Pedro e São Paulo, representando o ponto mais avançado do território brasileiro no hemisfério norte, recomenda-se a construção de um abrigo na ilha Belmonte para o desenvolvimento de pesquisas sistemáticas em diversos ramos das ciências.

Localizado na região Equatorial, a cerca de meia distância entre as costas do Brasil e da África, o arquipélago constitui um local privilegiado para estudos climatológicos. Seu enorme potencial pesqueiro requer estudos especializados para avaliação econômica. A singular composição geológica do arquipélago, onde afloram rochas representativas do manto superior da terra, tem alta relevância para estudos petrológicos. A existência de atividade sísmica na região está a exigir pesquisas geofísicas sistemáticas.

Tendo em vista a falta de base cartográfica em escala adequada e a ausência de mapa geológico, recomenda-se, antes da construção do abrigo, o levantamento topográfico e geológico do arquipélago na escala 1:500. Os trabalhos de campo, com duração prevista de seis dias, seriam executados por uma equipe, acampada na ilha Belmonte, formada por um geólogo, um topógrafo, um auxiliar e dois pilotos de bote motorizado. Esta base cartográfica permitirá a locação precisa do abrigo a ser construído.

10. BIBLIOGRAFIA

- BOWEN, V. T.; MASCH, D.; MELSON, W.G. St. Paul's on the subway. Life on the rocks. Geologic significance of St. Paul's rocks. Massachusetts, OCEANUS, v. XII, nº4, p. 1-16, 1966.
- EDWARDS, A. General report of the Cambridge Expedition to Saint Paul's rocks. London, Royal Geographical Society, 32 p., 1979.
- FREY, F. A. Rare earth and potassium abundances in St. Paul's Rocks. Earth and Plan. Sci. Letters, nº 7, p. 351-360, 1970.
- GUIMARÃES, D. Notas petrográficas. Rio de Janeiro, Ann. Acad. Bras. Ciências, t. IV, nº1, 31/03/32.
- MELSON, W. G., HART, S. R., THOMPSON, G. St. Paul's Rocks, Equatorial Atlantic: Petrogenesis, radiometric ages, and implications on sea-floor spreading. Mem. Geol. Soc. Am., Boulder, 132: 241-272, 1972.
- MENDONÇA, L. N. F. de. São Pedro e São Paulo - Sentinelas do Brasil. Rio de Janeiro, MAR - Boletim do Clube Naval, Ano 84, nº 219, p.9-12, Nov./Dez. 1972.
- MESQUITA, A.R. de. O experimento climatológico mundial e visita aos Rochedos de São Pedro e São Paulo. São Paulo, Jornal do IOUSP, Ano I, nº0, 15/05/82.
- PROJETO REMAC. Reconhecimento global da margem continental brasileira-Coleção de Mapas. Rio de Janeiro, PETROBRÁS-DNPM-CPRM-DNH-CNPQ, 1979.
- SACHS, P.L. A visit to St. Peter and St. Paul Rocks. Massachusetts, OCEANUS, V.IX, nº4, p. 2-5, June 1963.
- SCHILLING, J.G., THOMPSON, G., KINGSLEY, R., HUMPHRIS, S. Hotspot - migrating ridge interaction in South Atlantic. Nature, V.313, p. 187-191, 1985.
- SCHOBENHAUS, C., CAMPOS, D. de A., DERZE, G. R., ASMUS, H. E. Geologia do Brasil - Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente, incluindo Depósitos Minerais, Escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM, 1984.

11. DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



Foto 1 - Abertura da enseada do arquipélago de São Pedro e São Paulo; em primeiro plano, borda noroeste da ilha Belmonte; ilha Cabral (ao fundo, à esquerda); à direita, parte da ilha Nordeste com seu ponto culminante.



Foto 2 - Vista da ilha Belmonte para sul, destacando-se a Rocha Coutinho (à direita) e a ilha South (à esquerda).



Foto 3 - Ponto culminante da ilha Belmonte onde está instalado o farol. Note-se o intenso fraturamento das rochas e o único local com vegetação rasteira.



Foto 4 - Ilhota Belmonte - Afloramento de rocha ultrabásica e conspícuo sistema de fraturas. Note-se o acúmulo de blocos de rocha.



Foto 5 - Ilhota Belmonte - Rocha ultrabásica exibindo sistema conjugado de fraturas, preenchido por material ferruginoso.



Foto 6 - Ilhota Belmonte - Rocha ultrabásica exibindo fratura preenchida por brecha vacuolar e ferruginosa.



Foto 7 - Porção mais interna da enseada e canal que separa as ilhotas Belmonte e Challenger. Em destaque, área plana e alagadiça da ilhota Belmonte.