

RELAÇÕES ENTRE A SEDIMENTAÇÃO QUATERNÁRIA, O CONDICIONAMENTO TECTÔNICO E AS VARIAÇÕES RELATIVAS DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NO CANAL CENTRAL DA BAÍA DA ILHA GRANDE, RIO DE JANEIRO, RJ

Luciana Bispo¹, Marcelo Sperle² e Mônica Heilbron³

RESUMO

A Baía da Ilha Grande, localizada na região sudeste do Brasil, no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, é uma região de extrema importância para o cenário sócio-econômico do estado e do país. Desde a década de 70 esta região vem se desenvolvendo com a instalação de indústrias, intensificação do turismo, da pesca e das atividades ligadas ao setor de petróleo e gás. No entanto, seu frágil ecossistema, principalmente o costeiro e marinho, é ainda pouco conhecido. Neste contexto, a região costeira, em particular, carece de pesquisas integradas entre diversas áreas do conhecimento. No presente estudo são analisadas algumas relações entre aspectos geológicos, geofísicos e oceanográficos em uma área crítica e ao mesmo tempo estratégica. Trata-se da área do chamado “canal central”, localizado entre a Ilha Grande e o continente. Nesta extensa região todas essas atividades sócio-econômicas ocorrem simultaneamente, o que vem gerando uma série de conflitos sócio-ambientais. Do ponto de vista geológico, a investigação em sub-superfície da geologia estrutural e sedimentar do canal central, com base em dados de ecobatimetria e sísmica rasa de alta resolução, possibilitou a determinação de diferentes tipos de Padrões Geo-acústicos (PGA) – que revelaram evidências da evolução tectono-sedimentar quaternária desta região. O mapeamento submarino do embasamento cristalino mostrou uma complexidade geométrica, com altos e baixos de direção predominante NE-SW, ao longo do

canal central. As correlações destas estruturas com a geomorfologia costeira e os padrões de drenagem, possibilitaram a identificação de 07 falhas geológicas; que condicionaram estruturalmente a morfologia do fundo marinho e a sedimentação da área investigada. Destaca-se a ocorrência de um baixo do embasamento na cota de -40 a -50 metros, presente regionalmente, de origem tectônica, que favoreceu o estabelecimento de uma paleo-drenagem durante o período de nível de mar baixo no Pleistoceno. A correlação dos tipos de PGA com a evolução sedimentar, proposta por outros pesquisadores, possibilitou sugerir novas hipóteses para a evolução geológica da área no Quaternário e determinar regiões de depocentros e outras não favoráveis à deposição até os dias atuais.

Palavras Chaves: Baía da Ilha Grande, Sedimentação Quaternária, Condicionamento Tectônico, Variações Relativas do Nível Médio do Mar

ABSTRACT

The Ilha Grande Bay, located in the south of Rio de Janeiro state, southeast Brazil, is an extremely important region for the country social and economical scenario. Since the 70's this region is been developing by the industries setting, tourism and fishing increasing and oil and gas exploration. However, its fragile coastal and marine ecosystem is not well known. In particular the coastal region seeks from integrated researches in

1. Halliburton/Landmark, Rua da Assembléia 66, 40 andar, Centro, Rio de Janeiro, RJ, bispoc@yahoo.com.br

2. Faculdade de Oceanografia – UERJ, Rua São Francisco Xavier 524, 4018E, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, 20.550-013, sperle@uerj.br

3. Faculdade de Geologia – UERJ, Rua São Francisco Xavier 524, 4018A, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, 20.550-013, heilbron@uerj.br

a number of areas. In this chapter some geological, geophysical and oceanographic aspects of this critical and strategic region are addressed. The main focus is in the called “central channel” area, located between the Ilha Grande and the continent. In this region all those social and economical activities happens at the same time, generating a number of social and environmental conflicts. From the geological point of view, the subsurface structural and sedimentary geology of the “central channel” was investigated with bathymetric and high resolution shallow seismic data. After processing and interpretation various different types of geoacoustical patterns were determined and associated with the regional tectonic and sedimentary evolution. The mapping of the submerged igneous basement reveals a complex morphology with NE-SW highs and lows throughout the “central channel”. The correlation of these structures together with the coastal geomorphology and the drainage patterns, allowed the identification of 07 geological faults that have structurally controlled the sea floor morphology and the area sedimentation. The presence of a regional tectonic basement low, with absolute depths of -40 to -50 meters, allowed the setting of a drainage system during the last Pleistocene glacial maximum. The correlation of those geoacoustical patterns with the sedimentary evolution proposed by other authors suggests new hypothesis on the Quaternary geological evolution and allows the determination of its sedimentary distribution up to the present time.

Keywords: Ilha Grande Bay, Quaternary Sedimentation, Tectonic Fabric, Mean Sea Level Changes.

I – INTRODUÇÃO

A Baía da Ilha Grande, localizada na região sudeste do Brasil, no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, é uma região de extrema importância para o cenário sócio-econômico do estado e do país (Figura 1). Desde a década de 70 esta região vem se desenvolvendo com a instalação de indústrias, intensificação do turismo, da pesca e das atividades ligadas ao setor de petróleo e gás. Além disto, localizam-se na região as usinas nucleares de Angra I, II e III, o Terminal Marítimo de Petróleo da Petrobrás (TEBIG) e vários estaleiros de construção naval. Neste aspecto, deve-se ressaltar o alto

risco de possíveis acidentes ambientais associados à estas atividades, conforme retrata Ceccopieri (2001).

Assim, uma parte essencial ao processo de planejamento ambiental e territorial da região passa pelo entendimento das características oceanográficas e geológicas do fundo e sub-fundo marinho. Por exemplo, no passado, durante muito tempo, os cabos elétricos submarinos eram lançadas no leito oceânico sem uma adequada consideração dos aspectos oceanográfico-geológico-geotécnicos envolvidos (ALLAN, 1998). Normalmente, os causadores de danos às estruturas submarinas são afloramentos rochosos, fundos móveis, bancos sedimentares submersos, falhas e fraturas geológicas (CECCOPIERI, 2001) os quais representam riscos geológicos (“geohazards”) de erosão, recobrimento, exposição, deslocamento e até mesmo o rompimento da rede. Neste contexto, o estudo das características físicas do ambiente é fundamental ao desenvolvimento dessas atividades econômicas.

Nas últimas décadas, o crescente número de estudos utilizando dados de sísmica rasa de alta resolução vêm demonstrando ser esta uma ferramenta importante para a investigação do fundo e sub-fundo marinhos, sendo capaz de avaliar parâmetros como: espessura de camadas, mergulho, presença de falhamentos, ocorrências de acumulações rasas de gás, deslizamentos e desmoronamentos submarinos, feições e processos sedimentares (SPERLE *et al*, 2003; QUARESMA *et al*, 2001; FONTOURA, 2001; DAMUTH, 1980; DAMUTH, 1975, dentre outros.).

A Baía da Ilha Grande tem sido objeto de diversos trabalhos que visam integrar fatores geológicos, oceanográficos e climáticos. Vários pesquisadores (SPERLE, *et al*, 2003; CECCOPIERI, 2001, FONTOURA, 2001) relacionaram parâmetros oceanográficos com a distribuição de sedimentos de fundo buscando investigar a evolução sedimentar quaternária da região do canal central da Baía da Ilha Grande, bem como atributos do fundo marinho que representam potenciais riscos às atividades relacionadas ao setor petróleo e gás, desenvolvidas na área. Em outro estudo Medeiros (2003), através da integração entre levantamentos geológicos e estudos geomorfológicos, buscou entender o papel exercido pelas estruturas e litologia das rochas no desenvolvimento das formas de relevo da Baía da Ilha Grande.

O contexto geológico da região Sudeste do

Brasil (Figura 2), é atribuído a dois grandes eventos tectônicos distintos: a) Orogênese Brasileira ocorrida no Neoproterozóico-Cambriano, de caráter dúctil em ambiente compressivo, que resultou na formação de faixas móveis e b) tectônica Mesozóica e Cenozóica, associada à fragmentação do continente Gondwana Ocidental e, conseqüentemente, à abertura do Oceano Atlântico Sul, e também à formação dos riftes continentais do sudeste brasileiro, este de caráter rúptil em ambiente distensivo (HEILBRON *et al.*, 2000 e HEILBRON *et al.*, 1995).

Desta forma, o panorama geológico da área em questão envolve uma complexa história tectônica que apresenta desde corpos granito-gnaissicos de pequenas porções cratônicas de idades transamazônicas (2050 Ma), passando por rochas remobilizadas em níveis infracrustal e supracrustal durante o Ciclo Brasileiro, rochas metasedimentares e granitos Neoproterozóicos,

Rochas sedimentares e ígneas Meso-cenozóicas.

Portanto, no contexto regional, a Baía da Ilha Grande torna-se uma área de extremo interesse científico por possuir uma configuração estrutural e geomorfológica bastante peculiar. Configuração resultante, principalmente, da gênese e evolução da Bacia de Santos e das montanhas litorâneas da Serra do Mar e da Mantiqueira - decorrentes da tectônica sul-atlantiana, sobretudo das reativações no Mesozóico e Cenozóico, e das mudanças do nível relativo do mar durante o Quaternário (SPERLE, 1997; ZALAN e OLIVEIRA, 2005).

Assim, diante desse contexto sócio-econômico-ambiental, o presente trabalho teve como objetivo principal investigar as relações entre a sedimentação quaternária, o condicionamento tectônico e as variações relativas do nível médio do mar no canal central da Baía da Ilha Grande; visando, sobretudo, gerar subsídios para a gestão ambiental e territorial da região.

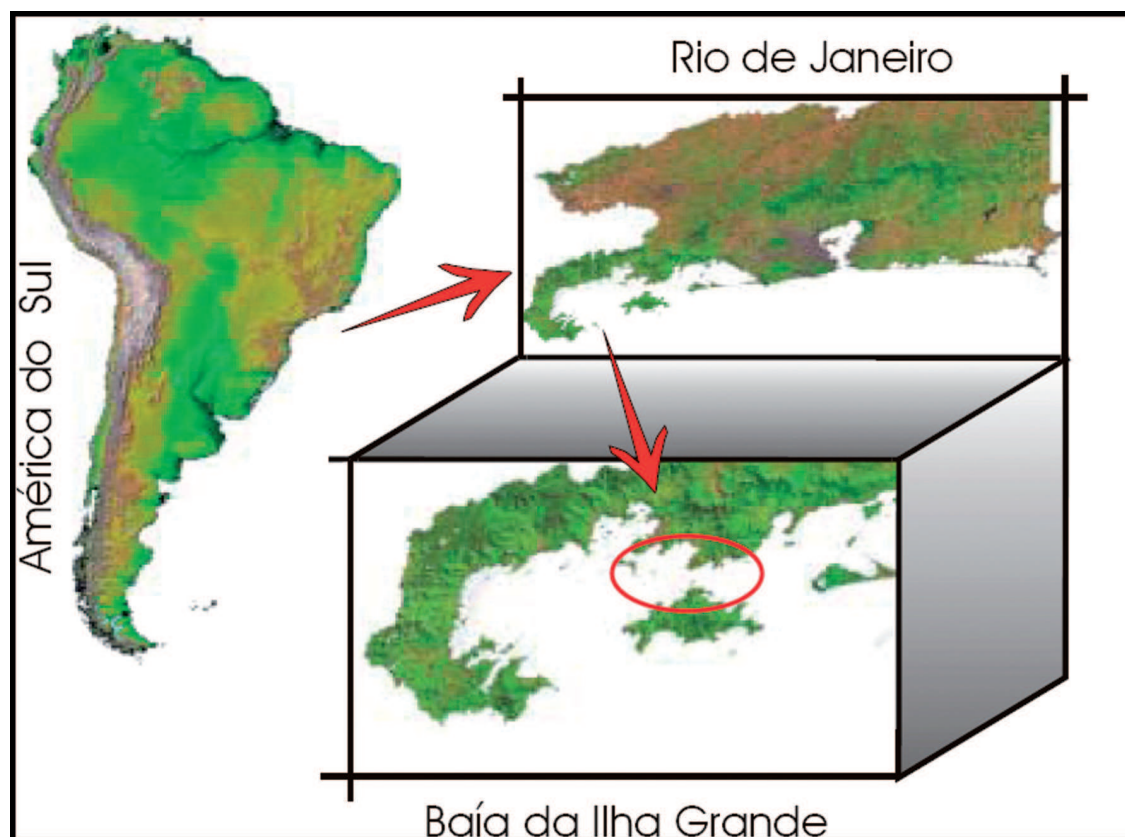


Figura 1: Localização da área de estudo, destacando a área de interesse. (Imagens de Satélite modificado de Mohriak, 2004; Miranda e Coutinho, 2005 - Cd Brasil Visto do Espaço).

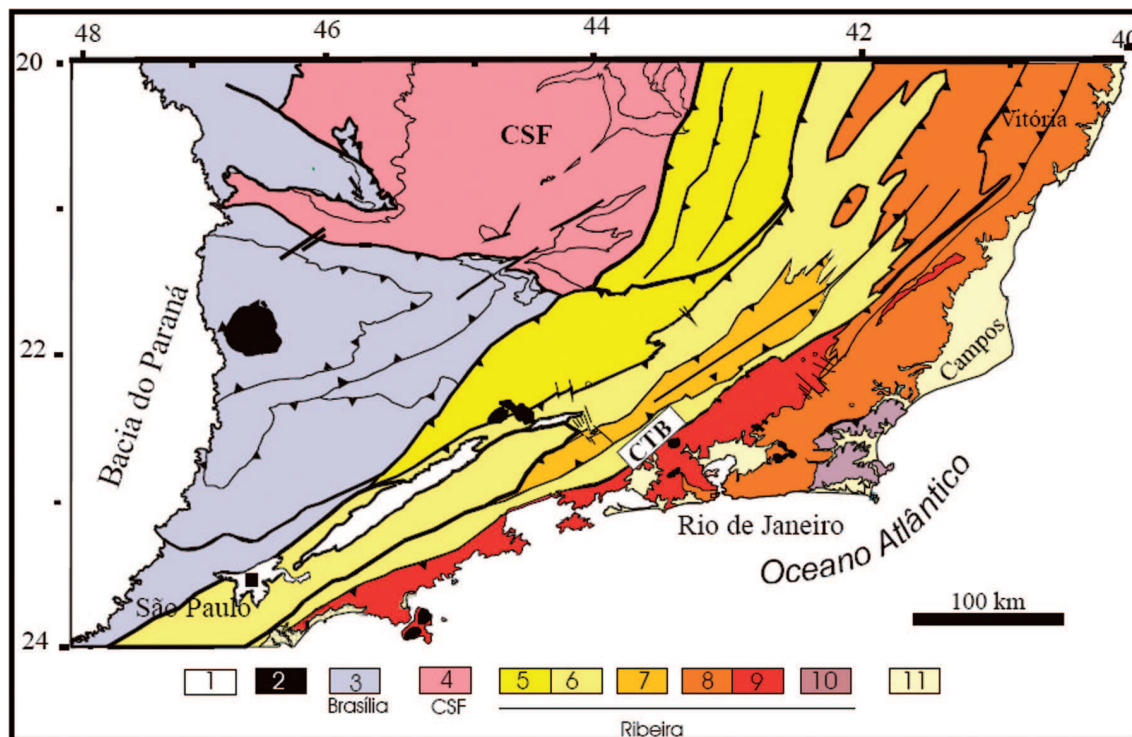


Figura 2: Mapa tectônico da região Sudeste do Brasil - 1) Riftes Cenozóico; 2) Rochas alcalinas do Cretáceo e Terciário; 3) Orógeno Brasília; 4) Cráton do São Francisco; 5) Terreno Ocidental. Domínio Andrelândia; 6) Terreno Ocidental. Domínio Juiz de Fora; 7) Terreno Oriental. Klippe Paraíba do Sul; 8) Terreno Oriental. Domínio Costeiro; 9) Terreno Oriental - Arco Magmático Rio Negro; 10) Terreno Cabo Frio; 11) sedimentos cenozóicos indiferenciados. Modificado de Heilbron *et al.* (2004)

II – MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foram compilados dados geológicos e oceanográficos pré-existentes, de diversas fontes, de forma a construir um banco de dados integrado e georreferenciado. Com base nestes dados verificou-se a carência de informações geofísicas, principalmente na área do canal central - uma área crítica para a investigação dos processos geológicos e oceanográficos atuantes na região - , localizada entre a Ilha Grande e o continente (Figura 2). Nesta área estão concentradas grande parte das atividades ligadas às indústrias de petróleo/gás e turismo.

Foram então realizadas, em novembro de 2004, campanhas geofísicas com linhas de direção NW-SE, perpendiculares à direção das estruturas geológicas da área, totalizando 90 km de dados sísmicos e batimétricos contínuos. Deste amplo levantamento, foram selecionadas para investigação, estrategicamente, 07 linhas cruzando o canal central (Figura 3).

Os dados batimétricos foram obtidos com uso de um Ecobatímetro Hidrográfico Raytheon, modelo DE719CM, com placa digital Odom-Digitrace e frequência de operação de 210 kHz.

O equipamento utilizado para obtenção das linhas sísmicas foi um perfilador digital de sub-fundo (sub-botton profiler) multifrequência, modelo GeoStar com tow-fish SB 216 da Edgetech, Inc. (Figura 4). Este equipamento, do tipo CHIRP, tem a amplitude e a frequência do sinal emitido moduladas, o que aumenta sua relação sinal-ruído. Operou-se na faixa de frequência de 2 a 16 kHz, que permitiu alta resolução no “imageamento” do fundo e do sub-fundo marinho, com boa penetração no pacote sedimentar.

Todos os dados geofísicos foram adquiridos de forma integrada com um sistema de posicionamento DGPS, modelo DGPS-MAX, de precisão sub-métrica, com correção diferencial via satélite da Omnistar.

Após a aquisição, os dados batimétricos foram processados no software HYPACK, onde foram feitas as cor-

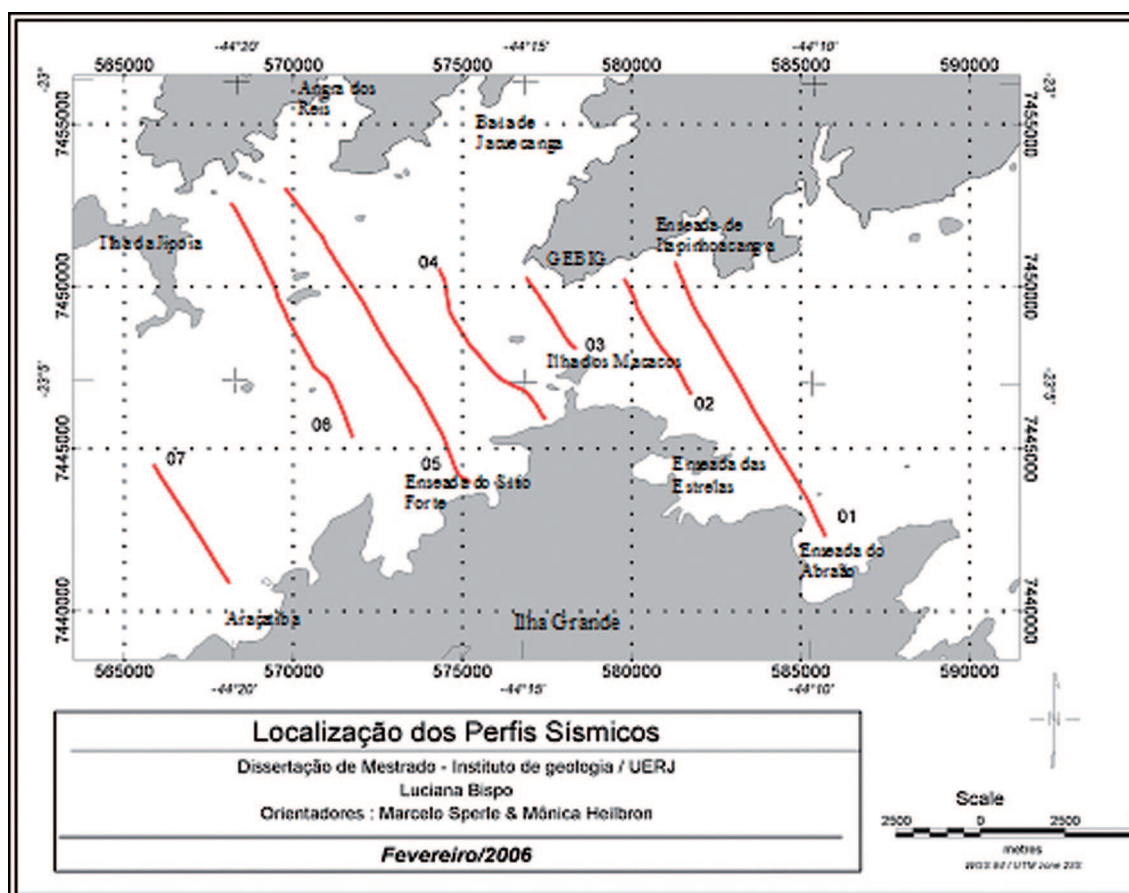


Figura 3: Mapa de posicionamento das linhas geofísicas obtidas e sua correlação com os perfis interpretados.

reções de marés, velocidade do som e de “estado de mar”.

Os dados sísmicos de alta resolução foram processados no software Discover 3.27 da EdgeTech, onde foram feitas as mesmas correções batimétricas e filtrados os ruídos e os efeitos de “estado-de-mar” - que dificultam a visualização correta dos horizontes sísmicos.

Esses dados foram processados no Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG) com a infraestrutura disponibilizada pelo Grupo de Pesquisa em Oceanografia Geológica da UERJ (GPOG, CNPq. V. 5).

A interpretação dos dados geofísicos foi feita, com base em suas assinaturas geo-acústicos (PGA) - que são dependentes da impedância acústica dos sedimentos e rochas (DAMUTH, 1975; DAMUTH & HAYES, 1977; DAMUTH, 1978; DAMUTH, 1980; BLONDEL e MURTON, 1997, dentre outros). Foram ainda utilizados os princípios de estratigrafia de

seqüências, nas correlações sismo-estratigráficas (VAIL *et al* 1977).

A integração das interpretações geofísicas com as informações geológicas e oceanográficas pré-existentes foi feita utilizando o software Oasis montaj da Geosoft Inc., onde foram gerados diversos mapas temáticos.

III – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas 07 linhas geofísicas, de direção NW–SE, perpendiculares à direção das estruturas (NE – SW) mapeadas no continente e na Ilha Grande. Os perfis foram denominados de Perfil 01 (na porção leste), Perfis 02, 03 e 04 (na região central) e Perfis 05, 06 e 07 (na porção oeste), conforme mostra o mapa da Figura 3.

De forma geral nos perfis sísmicos o embasamento acústico apresenta-se bastante irregular (Figura 5), com profundidades variando de 6 a 50m. Em diversos

trechos o embasamento acústico é provavelmente de origem cristalina, aflorando localmente. Em pontos específicos a atenuação do sinal acústico não permite a identificação do embasamento cristalino, sendo este

inferido para estas regiões. Neste sentido, e dentro do contexto regional abordado neste estudo, assume-se que a interpretação do embasamento acústico representa o embasamento cristalino para a região investigada.



Figura 4: Sistema de geofísica rasa Geostar (à esquerda) e fonte de emissão/recepção do sinal Acústico do tipo “Tow-Fish”, CHIRP, multi-frequências (2-16 kHz).

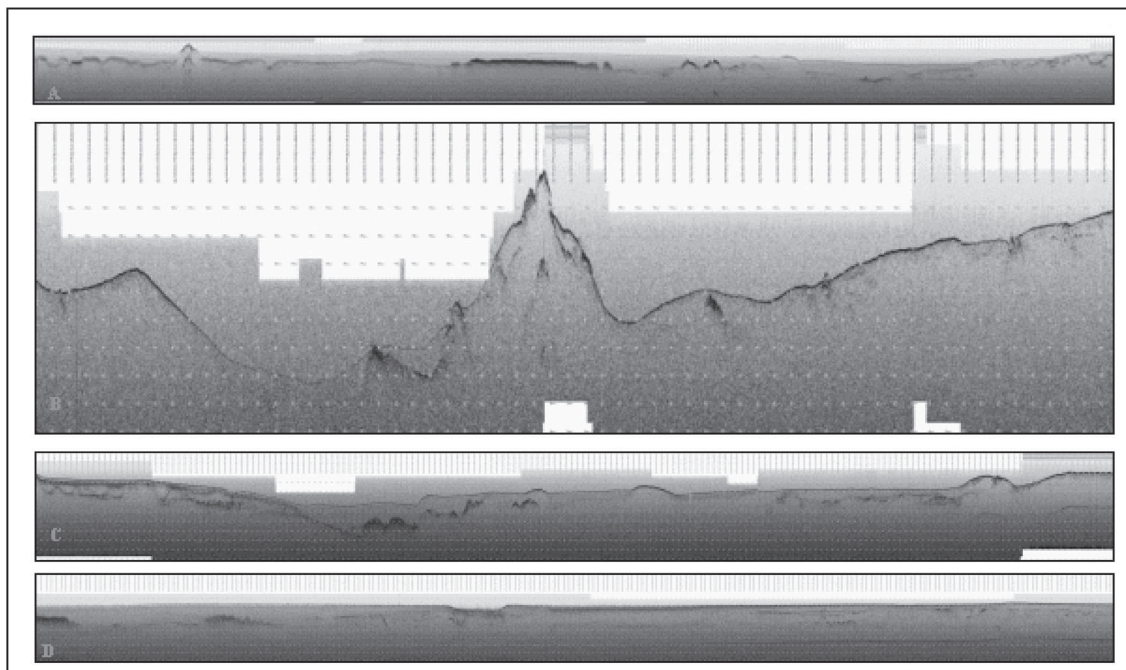


Figura 5: Exemplos de perfis sísmicos processados. A) Perfil 01 (na porção leste); B) Perfil 03 (na região central); C) Perfil 04 (na região central); D) Perfil 07 (Porção Oeste)

Dentre os horizontes sísmicos mapeados merecem destaque o Horizonte 3 (H3) - que demarca uma superfície erosiva - e o Horizonte 2 (H2); que determina o topo de uma camada sedimentar com características acústicas singulares.

A Figura 6 mostra um exemplo da ocorrência

destes horizontes no Perfil 6. Note que o Horizonte 3 representa o topo de uma camada sedimentar que recobre o embasamento próximo a isóbata de 20m. Em todos os perfis este é um refletor forte e irregular; o que indica ser este uma superfície erosiva.

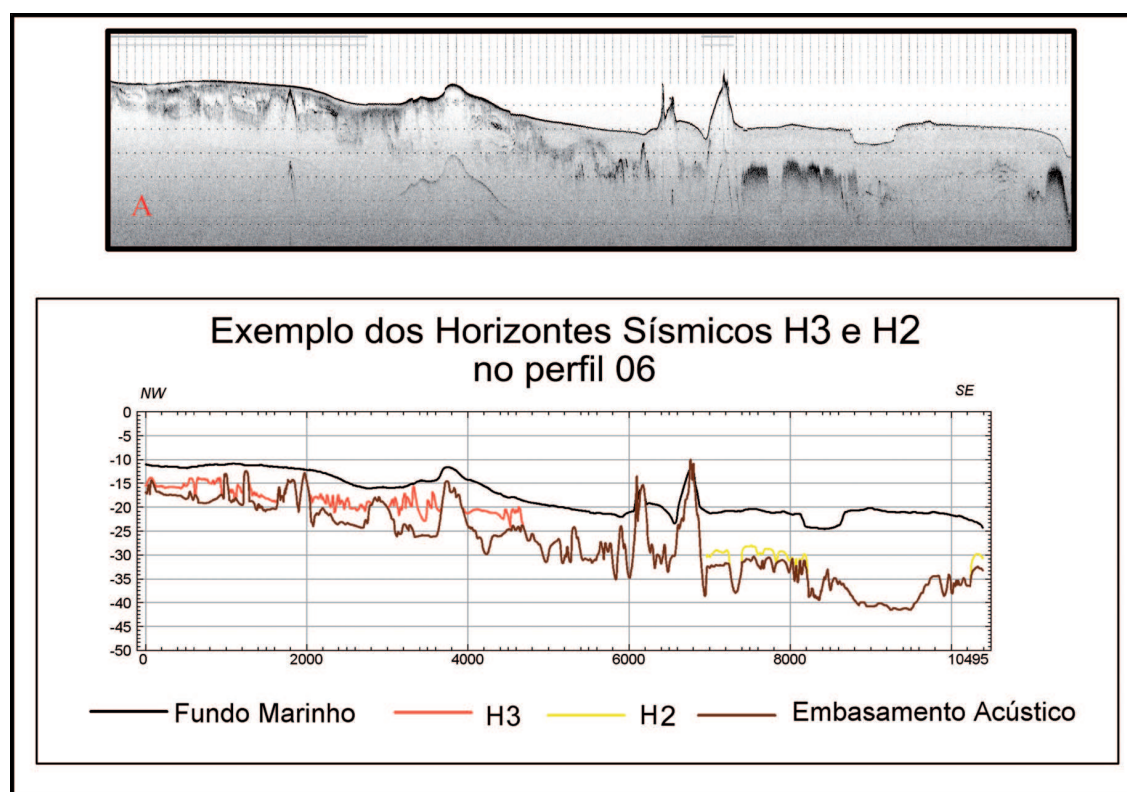


Figura 6: Exemplo da ocorrência dos Horizontes 3 e 2 em um mesmo perfil sísmico. A) Perfil sísmico processado; B) Interpretação dos Horizontes sísmicos 3 e 2.

III.1 – Interpretação dos Padrões Geo-acústicos (PGA)

Foram identificados 13 “tipos” diferentes de Padrões Geo-acústicos (PGA), os quais foram reunidos em 03 (três) Grupos (Figura 7). Esta discriminação foi baseada nas características acústicas dos pacotes sedimentares, na sua distribuição regional e na sua correlação com dados pré-existentis sobre as variações pretéritas do nível do mar (MAHIQUES, 1987; ANGULO *et al.*, 2006, dentre outros)

Assim, os PGA do Grupo 3 estão associados ao cenário de nível de mar regressivo – entre as cotas de – 90 e 20m (em relação ao nível atual). Neste grupo foram identificados os PGAs dos Tipos V, IV, III, II e I

(embasamento acústico).

Os PGA do Grupo 2 foram relacionados ao cenário transgressivo, com a estabilização do nível do mar na cota de -20m. Neste grupo foram reconhecidos os PGAs dos Tipos VII, VIIa e VI.

Já os PGA do Grupo 1 representam o cenário de nível de mar transgressivo recente, para cota acima de -20m. Neste grupo foram observados os PGAs dos Tipos VIII, VIIIa, VIIIb, VIIIc e VIId.

A seguir são descritas as principais características dos tipos de PGA para cada Grupo e seu significado para a evolução tectono-sedimentar e oceanográfica da área investigada; ressaltando que as profundidades dos padrões geoacústicos têm como datum o nível médio do mar atual.

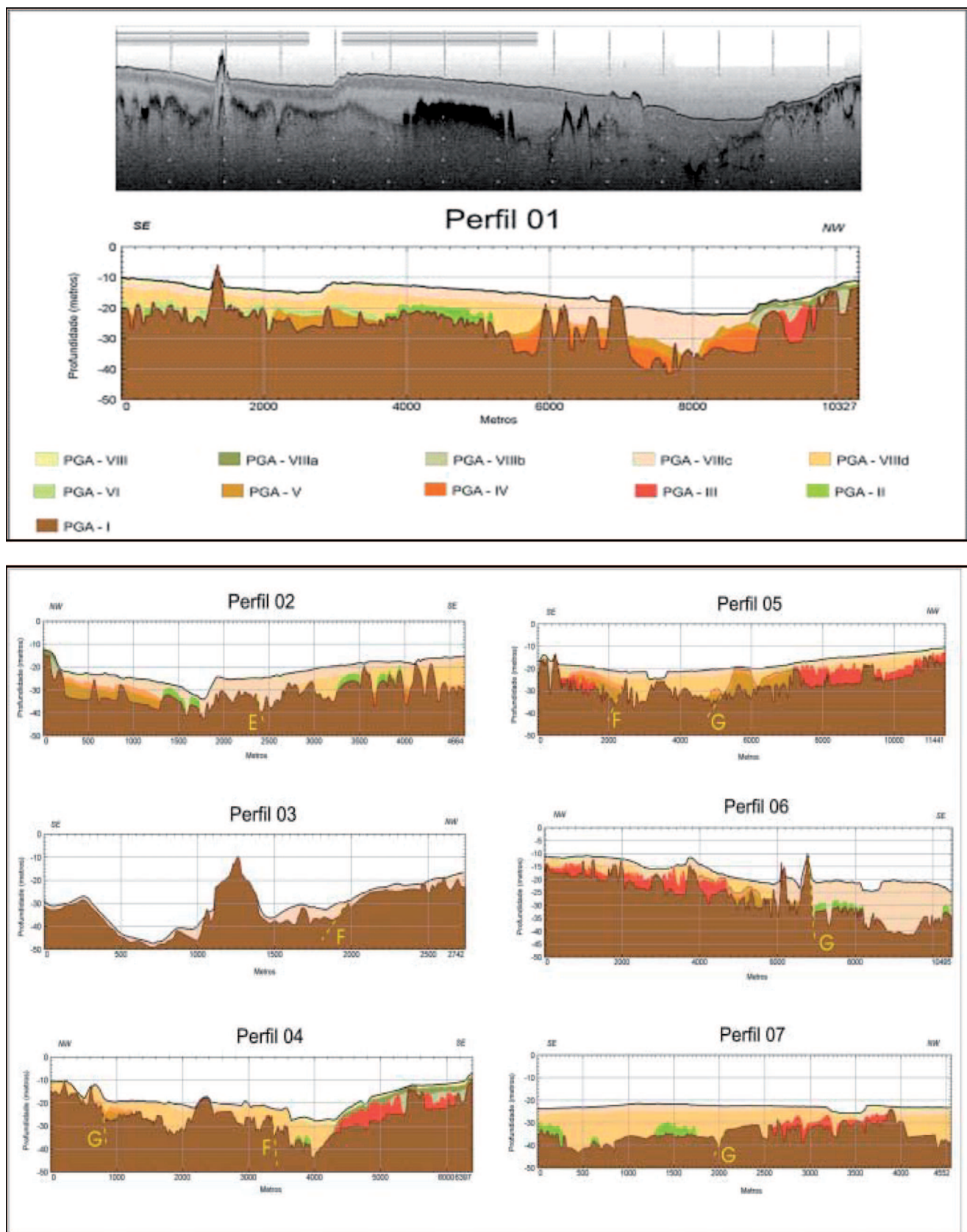


Figura 7: Exemplos da ocorrência dos diferentes Padrões Geo-acústicos (PGA) e de seus Eco-Tipos identificados nos 07 perfis sísmicos. “F” = Falhas Normais; “G” = Grábens / Paleocanais.

Grupo 3 – Tipos V, IV, III, II e I – (Cenário para nível do mar entre -90 e -20m)

Tipo V – Este PGA apresenta características acústicas semelhantes ao Tipo IV. Porém, diferentemente do Tipo IV, apresenta maior distribuição espacial sendo identificado nos Perfis 01, 02, 04, 05 e 06. Além de recobrir o Tipo IV encontra-se recobrindo também diretamente o embasamento em profundidades de 25 a 35m.

Tipo IV – Identificado nos Perfis 01 e 02 este tipo preenche baixos do embasamento. Caracteriza-se por um PGA de tom cinza médio claro (média refletividade) delimitado por um refletor bem definido. Este tipo é limitado lateralmente por depressões do embasamento, em profundidades, da ordem de 35 a 50m, as quais determinam feições morfológicas sugestivas de paleocanais com extensão lateral que varia e 80m a 1.8 km.

Tipo III – Apresenta média refletividade (coloração cinza médio) recobrindo o embasamento. Seu topo é o horizonte H3. Encontra-se associado a isóbata de 20m nos Perfis 01, 05 e 06 na região próxima ao continente, a noroeste, e nos Perfis 04 e 05 próximos à Ilha Grande, a sudeste. Este PGA também é verificado a sudeste no Perfil 07 sendo encontrado em profundidades na ordem de 30m.

Tipo II – De ampla distribuição espacial este PGA só não é identificado nos Perfis 03 e 05. Exibe uma forte reflexão acústica de cor cinza muito escuro. Apresenta-se recobrindo o embasamento acústico, em regiões planas do mesmo, relativamente mais altas do que as regiões adjacentes. Em relação a sua continuidade lateral apresenta valor máximo de 1,5 km, no Perfil 01, a uma profundidade média de 25m e, valores menores que variam de 70 a 60m, em maiores profundidades, na faixa de 30 a 40m, nos perfis 02, 04, 06 e 07.

Tipo I – De ampla distribuição espacial. Possui alta reflectância com geometria irregular e bem definida. Identificado como o embasamento acústico, está muito provavelmente associado ao embasamento cristalino.

Grupo 2 – Tipos VII, VIIa e VI - (Cenário para estabilização do nível do mar na cota de - 20m)

Tipo VII – PGA de média refletividade, difuso, de coloração cinza médio claro pouco espesso encontrado no Perfil 05 e 06, a noroeste. Encontra-se raso, a uma

profundidade próxima de 20m. No perfil 05, tanto em direção a noroeste quanto a sudeste, este tipo recobre o Tipo V e mergulha até aproximadamente 30m numa extensão de cerca de 1km, apresentando, portanto, alto gradiente. Já no Perfil 06, este tipo encontra-se recobrindo a superfície de erosão a 20m, a noroeste e mergulha, para 30m a sudeste, onde aparece recobrindo o Tipo V.

Tipo VIIa – Identificado nos Perfis 02 e 04, a noroeste, e nos Perfis 05 e 02, a sudeste. Este PGA apresenta características acústicas semelhantes ao Tipo VII, sendo somente, um pouco mais refletivo a SE.

Tipo VI – Identificado somente no Perfil 01 apresenta média refletividade, representado por coloração cinza médio (mais claro que os Tipos VIIa e VII). Com topo a uma profundidade média de 25m, este PGA recobre uma grande extensão a partir do início desse perfil até cerca de 3.7km, sendo somente interrompido por um alto do embasamento localizado a aproximadamente 1.5km.

Grupo 1 – Tipos VIII, VIIIa, VIIIb, VIIIc e VIIId - (Cenário em nível de mar atual)

Tipo VIII – Caracteriza-se por um PGA transparente (de baixa refletividade), característico de sedimentos finos lamosos, superficial e pouco espesso em relação aos demais tipos; aparecendo intermitentemente em todos os perfis exceto, no Perfil 03.

Tipo VIIIa – Localiza-se próximo ao continente, no Perfil 01, e à Ilha Grande, no Perfil 04. É um PGA de alta refletividade, representada por uma coloração cinza escuro, ocorrendo associado a regiões de embasamento raso em profundidades médias de 10m. Em ambos os perfis este PGA mergulha na direção do baixo do embasamento, na faixa de 40 a 50m de profundidade.

Tipo VIIIb – PGA de baixa refletividade (cinza claro) ocorre a noroeste da área, recobrindo a superfície de erosão nos Perfis 01 e 02, e a sudeste, no Perfil 04.

Tipo VIIIc – Este tipo de PGA possui ampla distribuição espacial, apresenta-se geralmente plano paralelo, a uma profundidade média de 20m. Possui coloração cinza médio, sendo identificado nos Perfis 01, 02 e 06; onde preenche a região do eixo do canal central. Nos demais perfis (Perfis 03, 04, 05, e 07) sua característica acústica é muito semelhante ao Tipo VIII d, tornando difícil a sua identificação em partes dos perfis.

Tipo VIIIId – Este PGA caracteriza-se por um cinza médio ligeiramente mais claro que o Tipo VIIIc. Possui ampla distribuição geográfica, sendo encontrado em todos os perfis. No geral é mais espesso em relação aos demais tipos, com espessura máxima nas regiões mais profundas do embasamento, principalmente nos Perfis 04, 05 e 07.

III.2 – Condicionamento tectônico da sedimentação quaternária

De acordo com Suguio & Martin (1976) e Martin & Suguio (1978), a região da Baía da Ilha Grande, quando comparada com regiões adjacentes, tanto ao sul quanto ao norte, denota uma característica individual marcada por uma redução dos depósitos sedimentares costeiros. Esta característica estabelece para a região uma configuração batimétrica que guarda reflexos decorrentes do último evento regressivo-trasgressivo (MAHIQUES, 1987).

Essas afirmações podem ser observadas

claramente no mapa batimétrico de detalhe (Figura 8), que mostra uma morfologia submarina indicativa de feições características de paleocanais fluviais submersos (decorrentes de períodos de nível de mar baixo). Estes paleocanais são de fácil observação à sudeste da área, nos Perfis 01 e 02, e na região centro e centro-leste do canal nos Perfis 01, 02, 03 e 04. Estes últimos, ocorrem associados a significativos abatimentos de blocos do embasamento, que atingem as maiores profundidades na faixa de 40 a 50m (Figura 8), podendo indicar neotectonismo.

Medeiros (2003), interpreta que essas feições batimétricas representam eixos de paleovales fluviais afogados; que possuem configuração e orientação preferencial ortogonal NW e NE. Direções similares ao padrão da rede de drenagem atual observada no continente. A autora associa a influência dos principais “sets” de fraturas (NNW) e a influencia dos diques básicos (NE) na configuração dos canais - o que indica o reflexo do papel destas estruturas na sedimentação marinha da região.

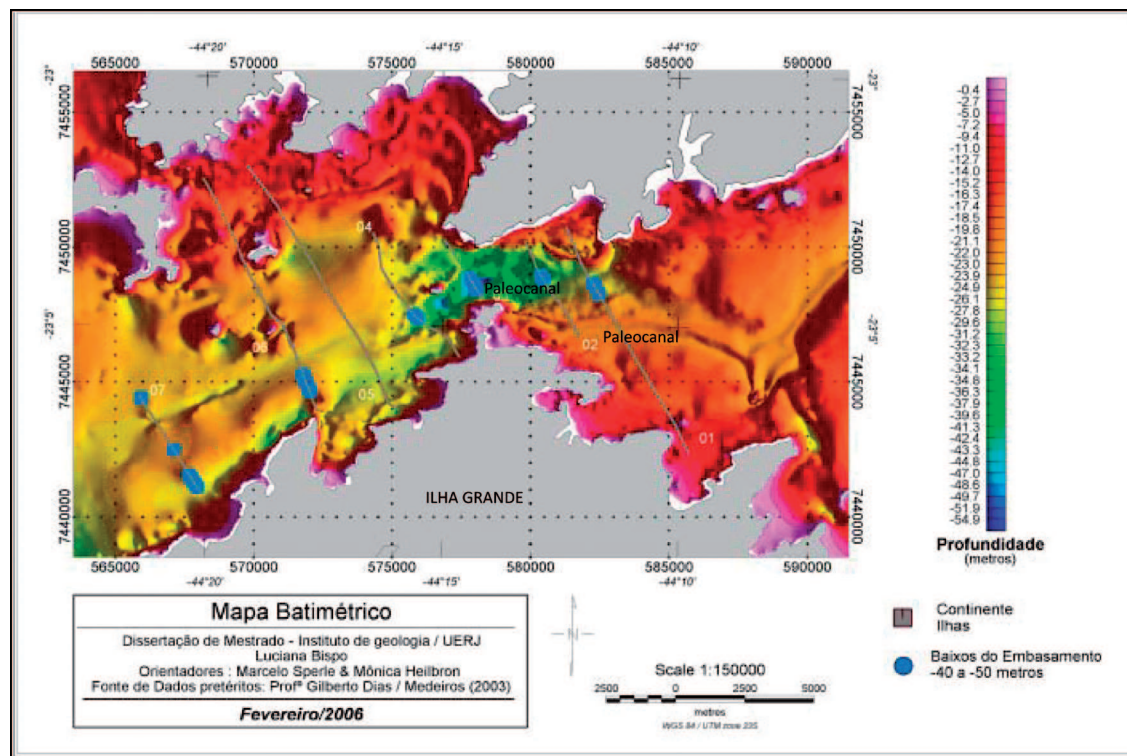


Figura 8: Mapa Batimétrico da área de estudo, modificado de Medeiros (2003). Destaca-se a associação da depressão batimétrica com importantes baixos do embasamento Rochoso, identificados na sísmica de alta-resolução.

De acordo com Mahiques (1987), durante o período glacial de 18.000 anos AP, toda a região de estudo encontrava-se emersa; com uma rede de drenagem fluvial bem estabelecida proveniente da Baía de Sepetiba. O paleocanal fluvial principal aparece no mapa batimétrico (Figura 8) como uma forte depressão bem destacada, com profundidades médias de 45m, circundada por profundidades mais rasas com valores de 25 a 30m. Observe que esta depressão ocorre na região mais estreita do canal central, entre a Ilha Grande e o continente. No entanto, como verificado no Perfil 03 é uma região de mínima espessura sedimentar, ao contrário do esperado, pois é uma área de pouca hidrodinâmica de fundo e com sedimentos lamosos.

Nota-se, portanto a influência do condicionamento estrutural - marcado por abatimentos diferenciados do embasamento - para a origem desta depressão, com reflexos na batimetria até o presente. Por exemplo: à leste do Perfil 03, verifica-se que esta depressão torna-se menos evidenciada pela batimetria atual, como acontece também na região do Perfil 04, à oeste. O reflexo na batimetria torna-se menor ainda a sudoeste do Perfil 04.

A rigor, esta depressão batimétrica é um amplo baixo do embasamento cristalino, de origem tectônica. O mapa de contorno estrutural (Figura 9) mostra claramente este baixo do embasamento, bem marcado regionalmente, influenciando diretamente a distribuição e espessura dos sedimentos, conforme revelam os perfis da sísmica de alta resolução. Assim, esta feição, provavelmente, atuou como o principal paleocanal do sistema de drenagem estabelecido, durante o último máximo glacial, transportando sedimentos da Baía de Sepetiba e do continente para a Baía da Ilha Grande.

III.3 – Evidências do nível médio relativo do mar durante o Quaternário

As evidências encontradas neste estudo para níveis pretéritos do mar na Baía da Ilha Grande, possuem sua fundamentação baseada principalmente: i) na identificação de diferentes tipos de Padrões geo-acústicos marinhos (PGA) - obtidos a partir da interpretação dos dados sísmicos de alta-resolução, ii) nas suas distribuições geográficas, iii) nas suas correlações com as estruturas

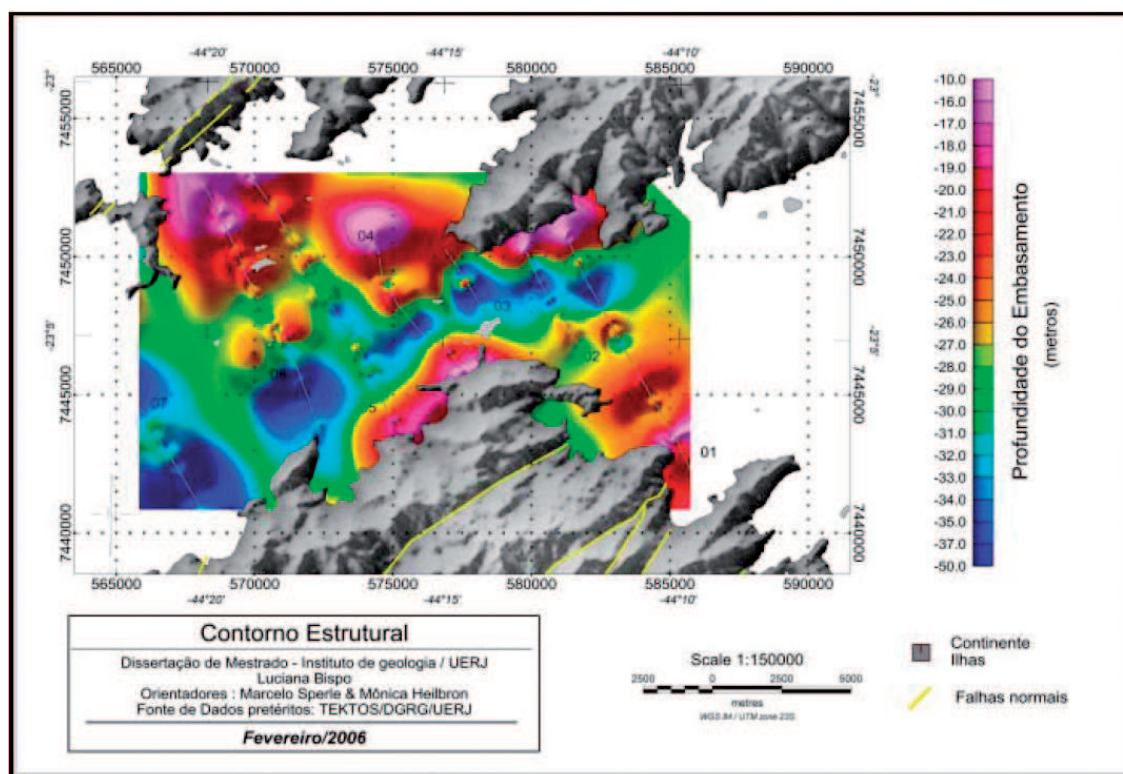


Figura 9: Mapa do contorno estrutural do embasamento associado a topografia das áreas emersas. Note a correlação de direção da morfologia do embasamento com as falhas da região emersa e a distribuição da sedimentação observada nos perfis sísmicos.

geológicas da área emersa, iv) na evolução sedimentar da baía proposta por Mahiques, (1987) e v) nas suas comparações com cotas pretéritas do nível do mar na plataforma continental sudeste brasileira (MAHIQUES, *et al.*, 2002 e 2004; ANGULO & LESSA, 1997; MARTIN & SUGUIO, 1989; CORRÊA *et al.*, 1980 e SUGUIO & MARTIN, 1976).

Para isto, os horizontes sísmicos e os 13 tipos de PGA identificados foram separados em grupos, tomando-se como base a identificação do Horizonte 3 (H3) do Grupo 3. Este horizonte, que marca o PGA Tipo III. Apresenta formas irregulares que mergulham sobre o embasamento em profundidades próximas a 20m, tanto a NW quanto a SE, denotando uma ampla superfície de erosão (Figura 10).

De acordo com as cotas de estabilização do nível do mar descritas por CORRÊA *et al.* (1980), esta seria a cota de nível do mar em 7.500 anos AP, período no qual, de acordo com Mahiques (1987), o mar ocupava a porção oeste e parte da porção leste da Baía da Ilha Grande.

A partir da identificação dessa superfície de erosão, os PGA Tipos II e III, que ocorrem em cotas próximas a -20m, puderam ser correlacionados a depósitos decorrentes da Transgressão Cananéia (SUGUIO e MARTIN, 1976). Sua ocorrência em altos relativos do embasamento (Figura 8) sugere forte correlação com o paleo sistema de drenagem mapeado. A partir, da associação deste PGA com o sistema de drenagem estabelecido no máximo regressivo pleistocênico, este foi classificado como um “depósito residual”, remanescente da Transgressão Cananéia, tendo sido preservado pelo sistema de drenagem estabelecido na época.

Outra observação que corrobora esta interpretação, refere-se à ocorrência deste PGA no Perfil 01. Diferentemente dos outros perfis em que ocorrem o PGA II, o Perfil 01 mostra uma correlação espacial com o sistema de drenagem ainda presente.

No Grupo 03, foram classificados ainda, os Tipos V e IV. O mapa de localização das áreas, onde estes tipos de PGA ocorrem (Figura 10), mostra uma correlação do Tipo IV com pronunciados abatimentos do embasamento - principalmente na porção centro-leste do canal central (vide Perfis 02 e 01) -, preenchendo feições de canais fluviais afogados, diretamente sobre o embasamento. Estas características correlacionam a deposição do PGA IV durante o período de mar baixo,

com clímax em 18.000 anos AP. Já o tipo V ocorre em cavas do embasamento, característica que evidenciam também uma deposição de origem fluvial, sugerindo aumento da descarga fluvial associada à uma elevação da precipitação nesse período.

O Grupo 02 é representado por horizontes sísmicos peculiares, que apresentam características acústicas de um ambiente de maior energia, determinadas por padrões geo-acústicos mais fortes (PGA Tipo VII, VIIa e VI). Nota-se a ocorrência desses padrões limitados pela isóbata de 20m, tanto a SE quanto a NW (Figura 11). Este fato é uma forte evidência de sua deposição em um período de estabilização do nível do mar na cota de -20m.

Outra evidência dessa estabilização, é a presença de uma feição sedimentar (PGA Tipo VII) sob a forma de um “terraço marinho” bem marcado nos Perfis 05 e 06, apresentando neste último, indícios de erosão/abrasão.

Assim tem-se como cenário para a cota de -20m, uma linha de costa transgressiva, definida por um canal mais estreito do que o atualmente encontrado. A interpretação dos dados sísmicos - representada pelos PGA's Tipo VIIIc e VIII d - mostra que o eixo deste canal (tanto a leste quanto a oeste do Perfil 03) já era preenchido por sedimentos com características acústicas muito semelhantes às dos sedimentos atuais.

Já o Grupo 1 - representado pelos PGA's Tipo VIII, VIIIa, VIIIb, VIIIc e VIII d - revela a continuação do processo de elevação do nível do mar, com clímax entre 5.000 e 5.400 anos AP., seguido de regressão para o nível atual. Este grupo encontra-se presente em toda a extensão dos perfis, apresentando estratificação plano-paralela (tipo VIII d e VIII c) com “onlaps” típicos de sedimentação em ambiente transgressivo e “toplaps” indicativos de posterior regressão..

Nas regiões mais altas do embasamento, próximas a atual linha de costa, verificou-se a presença dos PGA Tipos VIIIb e VIIIa, os quais indicam o início da entrada de sedimentos marinhos no sistema (Figura 12). Nota-se a deposição do PGA VIIIa, recobrando a superfície de erosão, e mergulhando em direção ao eixo do canal central.

Considerando que não é verificado, na região emersa adjacente, um sistema de drenagem com competência para promover esta deposição - e na inexistência de dados de amostragem direta - sugere-se que o PGA tipo VIIIa esteja associado a fluxos de massa

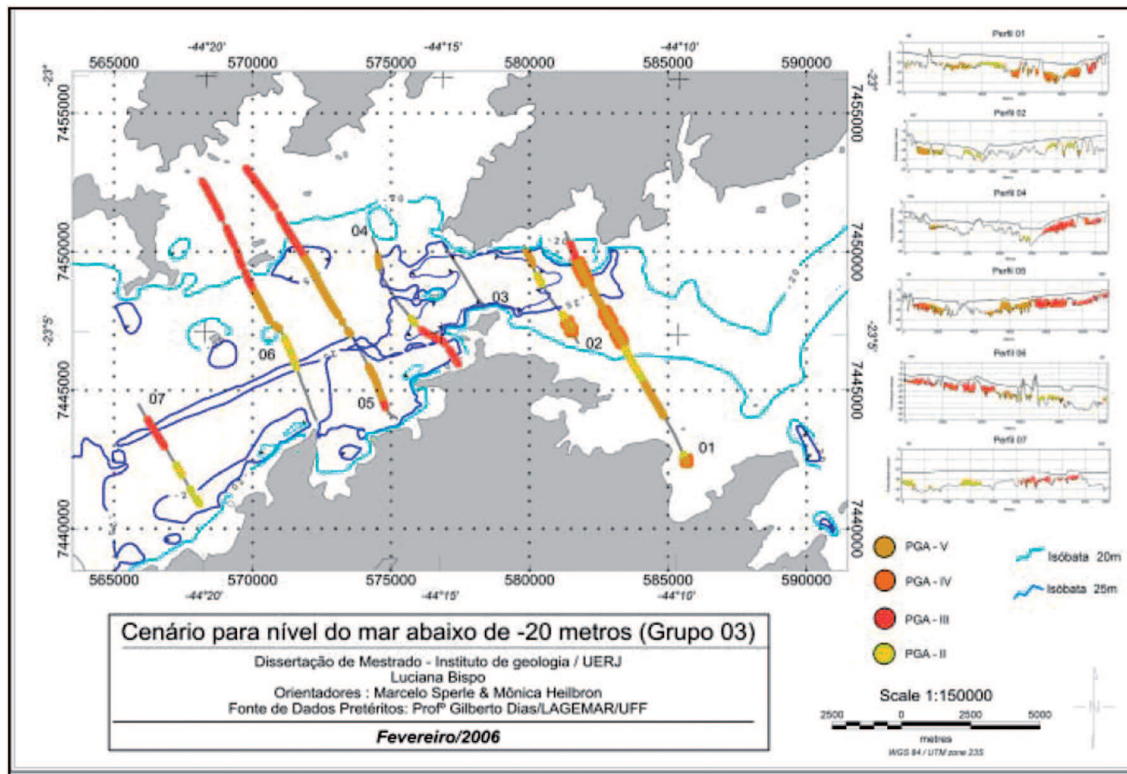


Figura 10: Mapa de distribuição dos tipos de PGA correlacionados ao período de nível do mar abaixo de -20 metros.

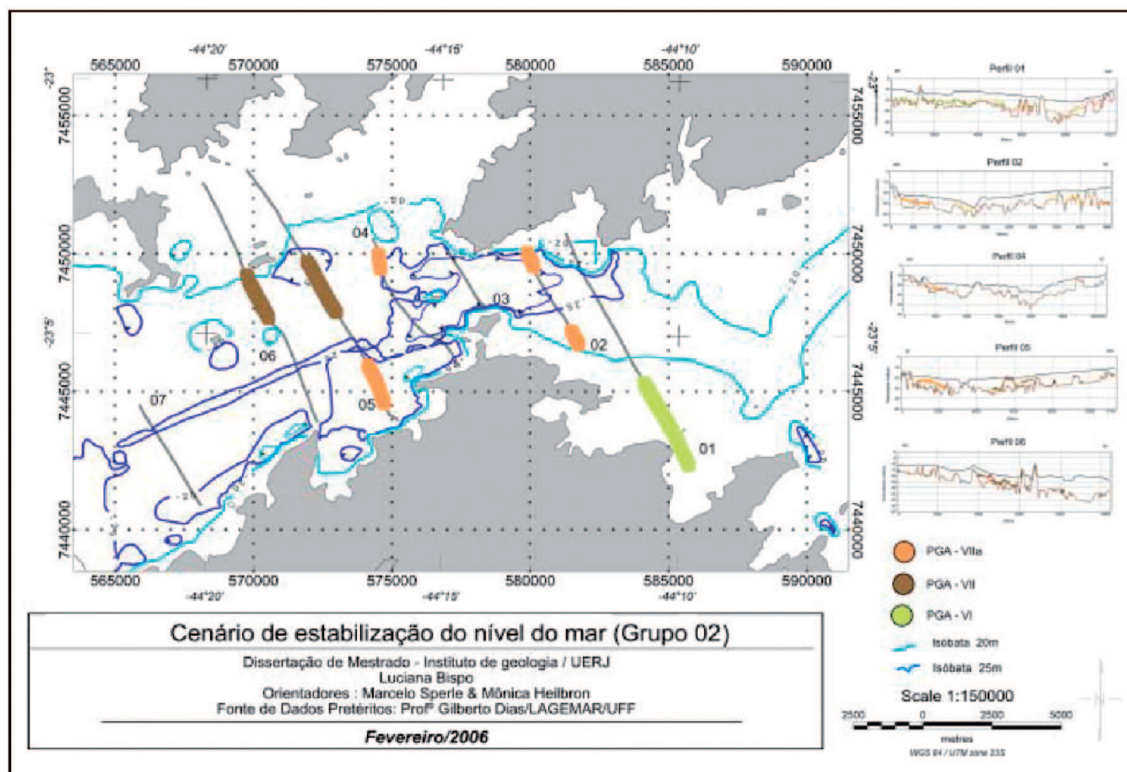


Figura 11: Mapa de distribuição dos tipos de PGA correlacionados ao período de estabilização do nível do mar na cota de -20 metros.

como deslizamentos e desmoronamentos. Sabe-se que existem mapeados na região emersa, pacotes holocênicos originados por fluxos gravitacionais inclusive atuais.

De acordo com a discussão apresentada acima os diferentes tipos de padrões geo-acústicos podem ser associados aos 05 estágios de evolução da Baía da Ilha Grande, descritos por MAHIQUES (1987), conforme sintetizado no quadro abaixo.

Deve-se ressaltar que dados de amostragens geológicas diretas (testemunhos e sondagens) - com datações geocronológicas bem estabelecidas - são necessários para melhor parametrizar as interpretações dos dados geofísicos e suas correlações com a evolução tectono-sedimentar da Baía da Ilha Grande.

IV – CONCLUSÕES

A análise integrada dos dados geofísicos (ecobatimetria e sísmica rasa de alta-resolução) com parâmetros geológicos e oceanográficos na região da Baía da Ilha Grande, revelou o forte controle tectônico no estabelecimento de depressões do embasamento, com profundidades na ordem de 35 a 50 metros. que

condicionaram a sedimentação quaternária em toda a região do canal central da Baía da Ilha grande.

Estas depressões, de direção predominante NE-SW, são concordantes com a direção de estruturas geológicas, foliações e zonas de cisalhamento pré-Cambrianas - as quais serviram de controle para o estabelecimento de falhas e fraturas (mesozóicas e cenozóicas) mapeadas no continente e na Ilha Grande. Assim foi identificado um sistema de 07 falhas geológicas, que delimitam este baixo significativo do embasamento, o qual condicionou o estabelecimento de uma paleo-rede de drenagem, durante o período de nível de mar mais baixo, com clímax em 18.000 anos AP, no Pleistoceno.

A partir da identificação de 13 Padrões Geo-acústicos submarinos (PGA) - classificados em 03 Grupos distintos - e de suas relações espaciais com dados geológicos e oceanográficos disponíveis; foi possível estabelecer importantes correlações nesse setor da Baía da Ilha Grande, tais quais: i) das estruturas geológicas emersas com às da região submersa, ii) de suas relações com a sedimentação quaternária e iii) das interações com as variações relativas do nível médio do mar.

Deste modo, verificou-se que a evolução

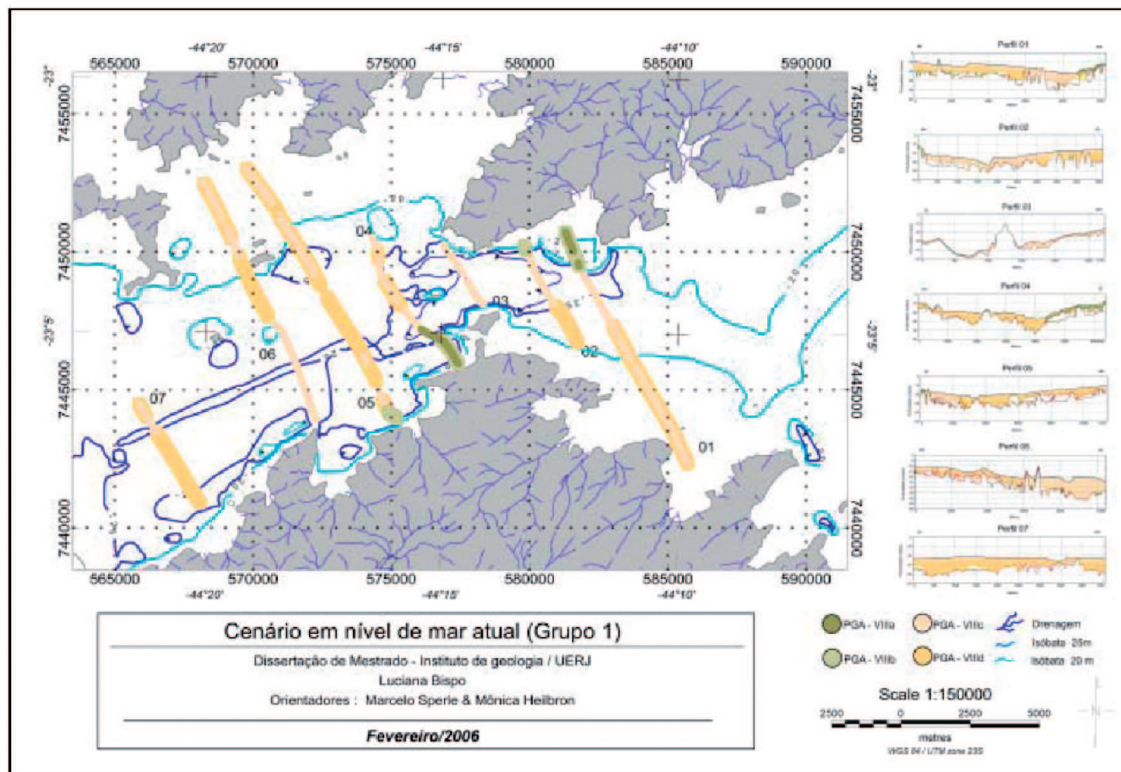


Figura 12: Mapa de distribuição dos tipos de PGA correlacionados ao período de nível do mar atual, acima da cota de -20 metros.

sedimentar da região do “Canal Central”, ao contrário do esperado, revela espessuras sedimentares distintas - com os mesmos padrões desde a estabilização do nível do mar na cota de -20m até o presente. Desta forma a sedimentação quaternária foi controlada principalmente pelo seu condicionamento tectônico-estrutural e por fluxos hidrodinâmicos junto ao fundo marinho. Além disto, a disposição de alguns padrões Geo-acústicos, a morfoestrutura do embasamento cristalino e suas associações com estruturas emersas (no continente e na Ilha Grande) sugerem a hipótese da influência de eventos neotectônicos na região.

Pôde-se ainda evidenciar a presença de depósitos sedimentares relíquias, decorrentes da Transgressão Cananéia, preservados em subsuperfície, em regiões rasas do embasamento, limitadas pela isóbata de 20 metros. Já para a Transgressão Santos, não foi possível identificar depósitos significativos nessa região do canal central.

De uma forma geral puderam ser estabelecidas evidências de caráter regional, que correlacionam a evolução tectono-sedimentar da área investigada com as variações relativas do nível médio do mar durante o Quaternário. No entanto, destaca-se a importância da realização de amostragens geológicas diretas (testemunhos e sondagens) - com datações geocronológicas bem estabelecidas - para melhor parametrizar as interpretações dos dados geofísicos e suas correlações com a evolução tectono-sedimentar da Baía da Ilha grande.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, P.G., 1998. “Geotechnical aspects of submarine cables”. In: IBC Conference on Subsea Geotechnics, Proceedings.
- ANGULO R. J. & LESSA G, 1997. The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, **140**:141-166.
- ANGULO, R.; LESSA, G.C.; SOUZA & M.C., 2006. A critical review of mid-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews*, **140**: 486-506.
- BLONDEL, P. & MURTON, B.J., 1997. *Handbook of Seafloor Sonar Imagery*. John Wiley & Sons Ltd. 314 p.
- CECCOPIERI, W.B., 2001. “*Estudos integrados do fundo marinho da Baía da Ilha Grande, RJ*”. Dissertação de mestrado na Universidade Federal Fluminense / LAGEMAR. 109p.
- CORRÊA I. C. S., PONZI, V. R. A. & TRINDADE L. A. F., 1980. Níveis marinhos quaternários da plataforma continental do Rio de Janeiro In: XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário de Camburiú, Santa Catarina, **1**: 578-587.
- DAMUTH, J.E., 1975. Echo character of the western equatorial Atlantic floor and its relationship to the dispersal and distribution of terrigenous sediments. *Marine Geology*, **18**: 17-45.
- DAMUTH, J.E., and D.E. HAYES; 1977, Echo character of the East Brazilian Margin and its relationship to sedimentary processes: *Marine Geology*, **24**: 73-95.
- DAMUTH, J.E.; 1978, Echo character of the Norwegian-Greenland Sea-Relationship to sedimentary processes: *Marine Geology*, **28**: 1-36.
- DAMUTH, J. E., 1980. Use of high-frequency (3,5-12 kHz) echograms in the study of near-bottom sedimentation processes in the deep-sea: a review. *Marine Geology*, **38**: 51-75.
- FONTOURA, C.S., 2001. Caracterização do canal central da Baía da Ilha Grande com base em sísmica rasa de 7,0kHz. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Fluminense, 111p.
- HEILBRON M.; PEDROSA-SOARES A.C.; SILVA L.C.; CAMPOS NETO M.C. & TROUWR.A.J., 2004. “Província Mantiqueira”. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves. *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca. Cap. 13.
- HEILBRON, M.; SCHMITT, R. S.; MOHRIAK, W. & TROUW, R. A. J., 2000. “Geology of the Cabo Frio region, Rio de Janeiro state, Brazil”. In: 31st International Geological Congress, During-Congress Field Trip 06, 45 p. 96
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C.M.; VALLADARES, C.S. & MACHADO, N., 1995. “A orogênese brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil”. *Revista Brasileira de Geociências*, **25**(4): 249-266.
- MAHIQUES, M. M., 1987. *Considerações sobre os*

- sedimentos de superfície de fundo da Baía da Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro*. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico 2v. 139pp.
- MAHIQUES, M. M.; SILVEIRA, I. C. A.; MELLO E SOUZA, S. H. & RODRIGUES, M., 2002. Post-LGM sedimentation on the outer shelf-upper slope of the northernmost part of the São Paulo Bight, southeastern Brazil *Marine Geology*, **181**: 387-400.
- MAHIQUES, M. M.; TESSLER, M. G.; CIOTTI, A. M., SILVEIRA, I. C. A.; MELLO E SOUZA, S. H.; FIGUEIRA, R. C. L.; TASSINARI, C. C. G., FURTADO, V. V. & PASSOS, R. F., 2004. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off Southeast Brazil. *Continental Shelf Research*, **24**: 1685-1697.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K., 1978. Excursion route along the coastline between the town of Cananéia (State of São Paulo) and Guaratiba outlet (State of Rio de Janeiro). In: International Symposium on Coastal Evolution in Quaternary. Special publication 2:136pp.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K., 1989. Excursion route along the Brazilian coast between Santos (State of São Paulo) and Campos (north of the State of Rio de Janeiro). In: International Symposium on Global Changes in South America during the Quaternary, São Paulo. Special Publication, nº 2. 136p.
- MEDEIROS, M.F., 2003. *Geomorfologia da Baía da Ilha Grande, Litoral Sul do RJ – O Estudo dos condicionantes geológicos no desenvolvimento do relevo*. Monografia de Bacharelado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 82p.
- MIRANDA, E. e COUTINHO, A. C., 2005 (Coord.). "Brasil Visto do Espaço". Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em <www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 8 jul. 2005.
- MOHRIAK, W.U., 2004. "Recursos energéticos associados à ativação tectônica Mesozóico-Cenozóica da América do Sul". In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves. *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca. Cap. 18
- QUARESMA, V. S.; DIAS, G. T. M.; & BAPTISTA NETO, J. A., 2001. Caracterização da ocorrência de padrões de sonar de varredura lateral e sísmica de alta frequência (3,5 e 7,0 kHz) na porção sul da Baía de Guanabara – RJ *Brazilian Journal of Geophysics*, **18**(2): 201-214.
- SPERLE, M., 1997. "Significado tectônico da topografia do sudeste do Brasil e suas prováveis relações com a margem continental adjacente". Publicação Especial do Observatório Nacional, Observatório Nacional - CNPq, p. 1-165.
- SPERLE, M D.; BISPO, L. & MARQUES, D. 2003. "Utilização da sísmica rasa de alta resolução na avaliação de riscos geológicos ambientais associados a fluxos de massa em encostas litorâneas". In: VIII Simpósio de Geologia do Sudeste, São Pedro - SP. Anais do VIII Simpósio de Geologia do Sudeste. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1: 148.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; 1976. "Brazilian coastline quaternary formations the States of São Paulo and Bahia littoral zone evolutive schemes". *Anais Acad. Bras. Cien.* **48** (Suppl.): 325-334.
- VAIL, P.R.; MITCHUM, R.M.; JR., TODD, R.G.; WIDMIER, J.M.; THOMPSON, S., III, SANFREE, J.B.; BUBB, J.N. and HATLEILID, W.G., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. In: C.E. Payton (Editor), Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration. *Am. Assoc. Pet. Geol. Mem.*, **26**:49-212
- ZALAN P.V.; OLIVEIRA, J.A.B. , (2005) Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. *Bol. Geoc. Petrobras*, **13**:269–300