

Editores:
Maria Antonieta C. Rodrigues
Silvia Dias Pereira
Sonia Barbosa dos Santos



Baía de Sepetiba

Estado da Arte

Rio de Janeiro
Corbã
2012

Baía de Sepetiba - Estado da Arte

Editores:

Maria Antonieta da Conceição Rodrigues

Silvia Dias Pereira

Sônia Barbosa dos Santos

Projeto Gráfico, Diagramação e Capa:

Daniela Freire

Otoniel Santos Jr.

Impressão e Acabamento:

Corbã Editora Artes Gráfica Ltda.

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

B152 Baía de Sepetiba: estado da arte / editores: Maria Antonieta da Conceição Rodrigues, Silvia Dias Pereira e Sônia Barbosa dos Santos.- Rio de Janeiro: Corbã, 2012.
264p. : il.

Bibliografia.

ISBN 978-85-98460-11-6

1. Sepetiba, Baía de (RJ). 2. Geologia estratigráfica – Quaternário. 3. Metais pesados. 4. Indústria – História. 5. Ecologia humana. I. Rodrigues, Maria Antonieta da Conceição. II. Pereira, Silvia Dias. III. Santos, Sônia Barbosa dos. III. Título.

CDU 55(815.3)

SUMÁRIO

005	AGRADECIMENTOS	
007	APRESENTAÇÃO	
009	PREFÁCIO	
013	CAPÍTULO I	Considerações sobre o Estado da Arte dos Processos Geológicos Cenozóicos atuantes na Baía de Sepetiba
039	CAPÍTULO II	Indícios da Variação do Nível do Mar na Baía de Sepetiba
063	CAPÍTULO III	Sedimentação Quaternária na Planície Costeira de Jacarepaguá e Guaratiba (Estado do Rio de Janeiro)
085	CAPÍTULO IV	Evolução Holocênica da Planície Costeira de Itaguaí, Baía de Sepetiba/RJ Baseado em Evidências Geológicas, Geocronológicas e Geofísicas
105	CAPÍTULO V	Restos de Moluscos na Baía de Sepetiba como indicadores de Alterações Pretéritas da Linha de Costa no Holoceno
115	CAPÍTULO VI	Foraminíferos do Complexo Sepetiba/Guaratiba
151	CAPÍTULO VII	Distribuição Espacial de Metais Pesados nos Sedimentos da Baía de Sepetiba, RJ
181	CAPÍTULO VIII	Metais Pesados analisados em Sedimentos da Baía de Sepetiba: Comparação de Extração por Lixiviação <i>Versus</i> Dissolução Total
197	CAPÍTULO IX	Armação de Baleia na Marambaia: uma Abordagem da Arqueologia Histórica
215	CAPÍTULO X	Interações Homem - Meio em Zonas Costeiras: O Caso de Aveiro, Portugal
239	CAPÍTULO XI	Um Teste de Resiliência nas Relações Homem-Meio: O Caso da Restinga Arenosa da Laguna de Aveiro
253	CAPÍTULO XII	Os Novos Empreendimentos e os Passivos Ambientais Industriais na Baía de Sepetiba



AGRADECIMENTOS

O resultado das pesquisas científicas apresentado neste compêndio tiveram o suporte das seguintes agências de fomento e empresas: Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM), Eletronuclear – Eletrobrás Termonuclear S/A e a Petrobras.

Aos centros de investigação científica portuguesa sublinhamos o apoio do Centro de Estudos da População, Económica e Sociedade (CEPESE) e Centro de Investigação, Marinha e Ambiental (CIMA/Ualg).

Os autores do **capítulo 2** agradecem à Prefeitura de Paraty pelo apoio na realização de trabalhos de campo. Os autores do **capítulo 4** agradecem ao Geólogo Roncarati pelo desafio, estímulo, paciência e sabedoria, doando-se generosamente em todas as etapas deste estudo. O autor do **capítulo 7** expressa o seu agradecimento particular à UERJ pelas bolsas de Iniciação Científica concedidas e suporte aos trabalhos realizados.

Os autores do **capítulo 10** agradecem ao Comando

Geral do Corpo de Fuzileiros Navais em especial ao Almirante Tosta.

A editoração desta obra deve-se exclusivamente ao apoio financeiro da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

Este compêndio reflete não somente o esforço dos autores como também o dos seguintes revisores que contribuíram sobremaneira mediante seus comentários e sugestões.

- Alberto Garcia de Figueiredo Junior
- Cleverson Guizan Silva
- Hernani Aquini Fernandes Chaves
- Ismar de Souza Carvalho
- João Manoel Alveirinho Dias
- Virginia Martins
- Luiz Carlos Ferreira da Silva
- Maria de Fátima Araújo
- Lúcia Guimarães

Por fim, um agradecimento especial à Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) na figura do seu Magnífico Reitor Ricardo Vieiralves de Castro pelo estímulo intelectual que tem proporcionado aos pesquisadores desta Instituição.



APRESENTAÇÃO

O livro que agora se dá à estampa é o primeiro resultado de um processo de cooperação luso-brasileira encetado aquando do Seminário ocorrido na Universidade do Estado do Rio de Janeiro entre 17 e 18 de Junho de 2010, intitulado, precisamente “*Baía de Sepetiba: Estado da Arte*”. Na realidade, este terá sido o primeiro Encontro da Rede Braspor, muito embora, formalmente, esta nomenclatura só tenha surgido no Porto (Portugal), em 11 e 12 de Outubro de 2010. Aí se reuniram investigadores de várias áreas disciplinares, portuguesas (Lisboa, Porto, Açores e Algarve) e brasileiros (Fortaleza e Rio de Janeiro) que, dado o reconhecido mérito e carácter inovador das propostas científicas em discussão, decidiram criar uma rede internacional com o nome de Braspor (Base de Conhecimentos Relacionais Aplicados para o Ordenamento do Litoral).

O segundo Encontro da Rede Braspor, no qual tenho a honra de participar, a decorrer entre 1 e 4 de Abril na encantadora cidade colonial de Parati, classificada como Património Histórico e Artístico Nacional do Brasil, é um momento de excelência para a apresentação desta obra. Trata-se de uma compilação de trabalhos de várias áreas científicas mas que se subordinam a um objectivo comum, o da avaliação do Estado da Arte relativamente ao conhecimento científico da Baía de Sepetiba. Aliás, por definição, a avaliação do “estado da arte” evoca a construção que se faz relativamente a um objecto de estudo, procurando mostrar os enfoques, teorias, hipóteses e conclusões já produzidos sobre o mesmo, servindo, por isso, como base de trabalho para novas pesquisas. Ou seja, a análise do “estado da arte” ajuda a “não inventar a roda”, poupando os investigadores a esforços e aspirações

científicas inúteis e frustrantes. O presente trabalho é paradigmático, não só porque constitui um exemplo efectivo de um trabalho heurístico e hermenêutico sobre o actual estado dos conhecimentos produzidos sobre a Baía de Sepetiba, como também, resulta do trabalho conjunto de equipas de trabalho multidisciplinares (com tendência para se tornarem transdisciplinares) e internacionais. Esta é, aliás, uma tendência evidente para o sucesso e eficácia da produção científica do Século XXI. As próprias entidades financiadoras de projectos de investigação tendem, cada vez mais, a discriminar positivamente este tipo estratégia: equipas de formação plural e internacionais.

Esta obra, é por consequência, um trabalho muito actual que permite um cabal entendimento de uma realidade muito complexa que é a da análise do litoral, seja ele confinado a trechos costeiros brasileiros, como a Baía de Sepetiba, ou portuguesas, como a laguna de Aveiro (ambos retratados neste livro). Nesse sentido, materializa uma das tendências mais marcantes do mundo em que vivemos: globalização, neste cãs, científica, de investigadores que se preocupem com a formação e ocupação do litoral nas duas margens do Atlântico.

Porto, Março de 2012

Fernando Alberto Pereira de Sousa
(Presidente do CEPSE)



PREFÁCIO

O seminário “Baía de Sepetiba - Estado da Arte” teve lugar no Campus da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, em 16, 17 e 18 de junho de 2010, visando a reunir e consolidar o expressivo acervo resultante dos inúmeros trabalhos científicos multidisciplinares realizados nessa área, no sentido de entender as modificações decorrentes das atividades naturais e, principalmente, antropogênicas desenvolvidas na Baía, entender suas implicações, formulando propostas e políticas públicas que permitam mitigar e prevenir novos danos, com vistas à preservação de tão importante patrimônio. O seminário obteve grande sucesso, reunindo 86 participantes para assistir 23 trabalhos resultantes do esforço de 35 autores. O evento teve caráter multidisciplinar, envolvendo as Geociências, as Engenharias, as Biologias bem como a evolução histórica da região como um todo. A participação de destacados pesquisadores do Brasil e do exterior foi garantia da qualidade dos resultados oferecidos. Merece destaque ter consolidados a colaboração internacional de universidades do Rio de Janeiro com universidades portuguesas, do Alentejo, Porto e Aveiro. A realização do Seminário foi, também, uma oportunidade, para prestar uma merecida homenagem ao geólogo Hélio Roncarati, pioneiro nos estudos geológicos naquela área.

A Baía de Sepetiba localizada no litoral do Rio de Janeiro destaca-se dentre as 3 grandes baías existentes no Estado. A Baía de Sepetiba foi palco de inúmeros acontecimentos da História do Brasil e, até hoje, mantém a sua importância como posto de vigília, em frente à Base Aérea de Santa Cruz, para garantir a soberania nacional. Da ocupação indígena, ao período imperial e colonial, a história de Sepetiba está

diretamente relacionada com o comércio brasileiro e, mais especificamente do Estado do Rio de Janeiro e, também, com as vicissitudes ligadas à própria presença da corte portuguesa e, depois da independência, da casa imperial brasileira. Por ali escoou boa parte do ouro enviado pela colônia a Portugal.

Nos últimos decênios diversas intervenções antropogênicas ali ocorreram causando consideráveis modificações na sua geomorfologia e identificadas mudanças no índice de diversidade na fauna e flora, particularmente no açoreamento de suas margens. Em seu entorno localiza-se uma zona industrial, o Porto de Sepetiba, a Casa da Moeda, a NUCLEP, etc. Presentemente uma importante modificação está ocorrendo, com a instalação do Polo Industrial de Itaguaí, particularmente o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj)

Em contraposição ao desenvolvimento industrial observado, a região é de uma riqueza paisagística, de flora e de fauna impressionantes. Em suas margens temos um exuberante ecossistema de manguezal, que é reconhecido como berçário da vida marinha. Seu limite sul é marcado pela presença de longo e estreito cordão arenoso, a Restinga da Marambaia, enquanto que, sua porção oeste, portal de comunicação entre a baía e o oceano, distingue-se pela presença de numerosas ilhas, lajes e afloramentos rochosos. A região apresenta, por força de suas características naturais, uma tradição como reduto de pesca e uma inclinação ao turismo, o que tem gerado conflito com as atividades industriais e urbanas, responsáveis por índices alarmantes de contaminação, principalmente por metais pesados e esgoto.

Registrando a realização do seminário, além dos resumos e atas do evento, foram selecionados doze



trabalhos para constituir a publicação **Baía de Sepetiba - Estado da Arte** que temos a satisfação de entregar ao público. Foram selecionados artigos que apresentem os resultados mais recentes no entendimento da geologia da área, com ênfase à estratigrafia do Quaternário incluindo estudos mineralógicos tanto para interpretação ambiental como evidência de contaminação, informações históricas de atividades industriais de pesca da baleia e uma visão da ocupação antrópica recente da área. Completam o compendio trabalhos sobre as relações homem meio em zonas costeiras de Aveiro, Portugal.

Com essa publicação completa-se o esforço desse seminário, para o qual contamos com todo o apoio da FAPERJ (Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro).

Rio de Janeiro, março de 2012

Hernani Aquini Fernandes Chaves
(Professor Emérito da FAPERJ)





CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTADO DA ARTE DOS PROCESSOS GEOLÓGICOS CENOZÓICOS ATUANTES NA BAÍA DE SEPETIBA





CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTADO DA ARTE DOS PROCESSOS GEOLÓGICOS CENOZÓICOS ATUANTES NA BAÍA DE SEPETIBA

Helio Roncarati¹ & Soraya Gardel Carelli²

RESUMO

Este trabalho pretende resumir o estado atual do conhecimento dos processos geológicos atuantes no Cenozóico da Baía de Sepetiba, assim como caracterizar seus ambientes sedimentares a partir de informações da literatura. Sabe-se que a complexidade da evolução geológica desta baía e a grande variedade de processos sedimentares atuantes pré e pós Holocênicos Superior, culminando com o fechamento da Restinga de Marambaia após sucessivos eventos eustáticos, transformaram este sítio geológico, anteriormente de alta energia, em um sítio de baixa energia. Este conjunto favoreceu a implantação tanto de litofácies dominada por ondas, como por marés, tornando esta baía peculiar em relação a outras situadas no contexto marinho – parálico clássico. A riqueza de elementos morfogenéticos da área de estudo pode propiciar uma ampla investigação geológica no sentido de buscar a compreensão dos processos geológicos com vistas a fornecer subsídios em função da explosão econômica prevista para este setor da costa na próxima década. Estes estudos do meio físico podem ser úteis também na discriminação de possíveis caminhos de migração de plumas de contaminação, no caso de eventuais desastres ambientais.

Palavras-chave: Restinga de Marambaia; Baía de Sepetiba; Sedimentação Cenozóica.

ABSTRACT

This study pretends resume the actual stage of knowledge about the Cenozoic geological processes featuring at Sepetiba Bay and also characterize the sedimentary environments basing in literature data. This complex geological site is known by the great variety of sedimentary processes acting before and after Late Holocene, which finalized with the closure of Marambaia sand ridge after several eustatic events that transformed it in a low energy geological site. These conditions promoted the deposition of wave and tidal facies, becoming a peculiar bay in a marine – paralic context. The richness of morphogenetic elements of the study area is able to promote a big geological survey to clarify all geological processes involved, since a big economic explosion is waited for the next decade to this area. These studies can also be useful for evaluate possible ways of contaminant migration in case of environment hazards.

Key words: Marambaia sand ridge; Sepetiba Bay; Cenozoic Sedimentation.

1. INTRODUÇÃO

A baía de Sepetiba é parte de uma grande reentrância localizada na costa sul do Estado do Rio de

1. Geólogo consultor do Projeto FAPUR/PETROBRAS/FINEP - nº. 0105085300 - UFRRJ

2. Departamento de Geociências, Instituto de Agronomia, Km 7 – BR 465- Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ (carelli@ufrrj.br)

Janeiro entre as latitudes 22°53' e 23°05' S e entre as longitudes 44° 01' e 43° 33'W. Perfaz a porção oeste do gráben da Guanabara (Ferrari 1990) com cerca de 500 km², é limitada a norte pela Serra do Mar, ao nordeste pela Serra de Madureira, a sudeste pelo maciço da Pedra Branca e ao sul pela restinga da Marambaia. A leste, na altura de Barra de Guaratiba a baía é ligada ao mar por um estreito canal, assim como na parte oeste, por entre a cadeia de ilhas (Itacuruçá, Jaguanum, etc.) que limitam com a ponta da restinga de Marambaia.

Pode-se também dizer, que a bacia é contribuinte à baía de Sepetiba (Figura 1) e está inserida em uma

área de 2654 Km², onde as diversas formas de relevo que cobrem esta bacia estão associadas a fatores geológicos, litológicos e paleoclimáticos apresentando dois conjuntos geomorfologicamente distintos: o serrano, representado por montanhas e escarpas da vertente oceânica da Serra do Mar, maciços costeiros (Pedra Branca, Mendanha, Ilha da Marambaia) e, o da baixada, onde estão inseridas as bacias sedimentares cenozóicas, representadas por uma extensa planície flúvio-marinha, atravessada por rios que desembocam na baía de Sepetiba. Ocorrem ainda colinas residuais de transição entre estes (SEMADS 2001).

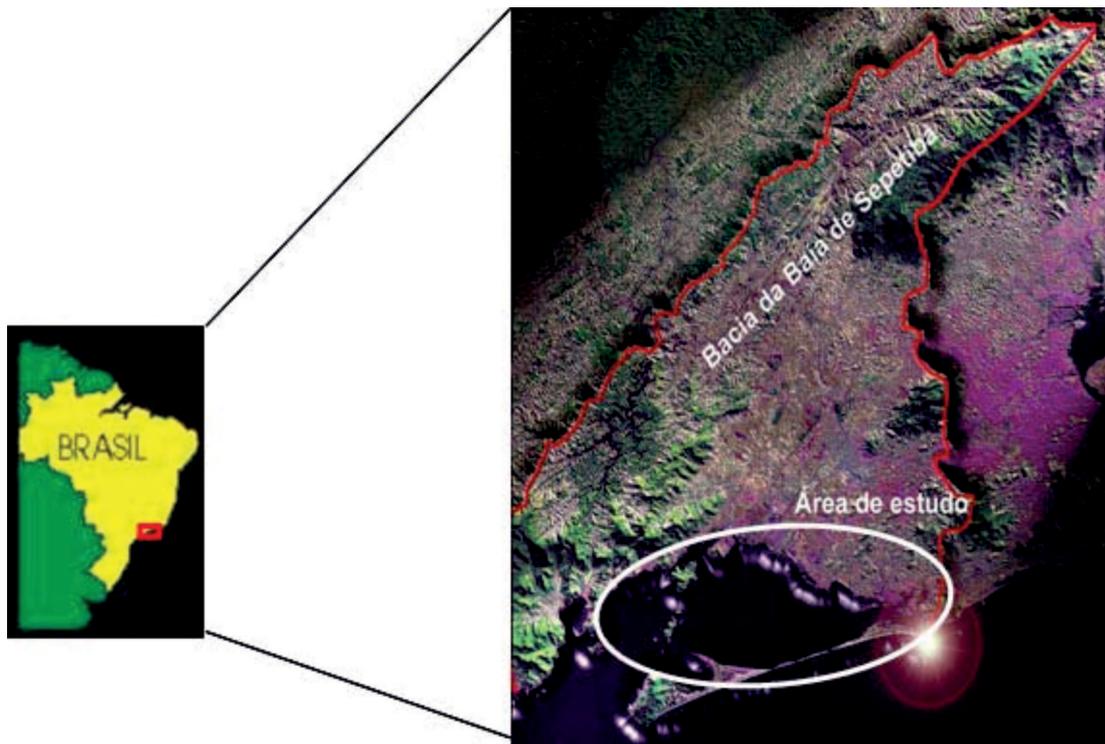


Figura 1 – Bacia contribuinte à baía de Sepetiba.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1. Geologia

As unidades litológicas da bacia da baía de Sepetiba ocorrem em geral disseminadas entre si, com litologias de idade Proterozóica apresentando nítida direção estrutural NE-SW e sedimentos Neógenos espalhados na baixada. Algumas unidades ocorrem isoladamente, principalmente as unidades de idade Cenozóicas e

algumas Proterozóicas. Os sedimentos flúvio-marinhos de idade Neógena encontram-se espalhados nas áreas baixas e ao redor das elevações compostas pelas rochas Proterozóicas, formando a baixada de Sepetiba e a restinga da Marambaia (ZEE/RJ 1996).

2.2 Clima e Vegetação

O clima da baía de Sepetiba é totalmente influenciado por sua localização, morfologia das feições estruturais e vegetação. A proximidade do

mar e os movimentos de massa de ar geram micro climas associados a constantes mudanças no regime pluvial. A classificação climática feita por Köppen ajuda a distinguir e delimitar algumas características climatológicas da área em estudo. Nas partes mais montanhosas o inverno é mais seco e o verão é mais quente e chuvoso, neste caso a precipitação pluviométrica é superior às zonas de baixada. Já nos compartimentos mais rebaixados o clima é tropical quente e úmido quando há presença de cobertura vegetal (floresta). Deste modo, pode-se considerar que o clima da região da baía de Sepetiba é brando subtropical, pertencendo ao grupo A, conforme Köppen. A precipitação média anual da baía está entre 1.000 e mais de 2.230 mm. O período de precipitação pluviométrica máxima acontece no verão e o de precipitação mínima, no inverno (SEMADS 2001).

A vegetação nativa se encontra em estágio de degradação ou em poucas áreas em regeneração ou preservadas. Nas zonas mais baixas o desmatamento é mais progressivo do que nas montanhas e sopés de

montanhas ao redor. Os tipos de vegetação encontrados na planície costeira de Itaguaí são: vegetação de mangue, vegetação de mangue degradado, campo/pastagem, áreas inundadas e inundáveis (SEMADS 2001).

2.3. O Complexo Costeiro

Neste contexto atual da baía de Sepetiba estão envolvidos os seguintes elementos: uma laguna (baía de Sepetiba) e uma ilha-barreira (restinga de Marambaia), um delta dominado por processos fluviais (delta do Canal de São Francisco), um estuário (estuário do rio Cação) e uma planície de maré em grande parte coberta por manguezais, destacando-se o mangue de Guaratiba. Este sistema tem como controle eventos posteriores ao intervalo glacial Würm, mais exatamente pós Transgressão Flandriana (Brönnimann *et al.* 1981).

A Figura 2 apresenta os conceitos geomórficos implicados na área de estudo, assim como os principais elementos acima mencionados que descreveremos no decorrer deste trabalho.

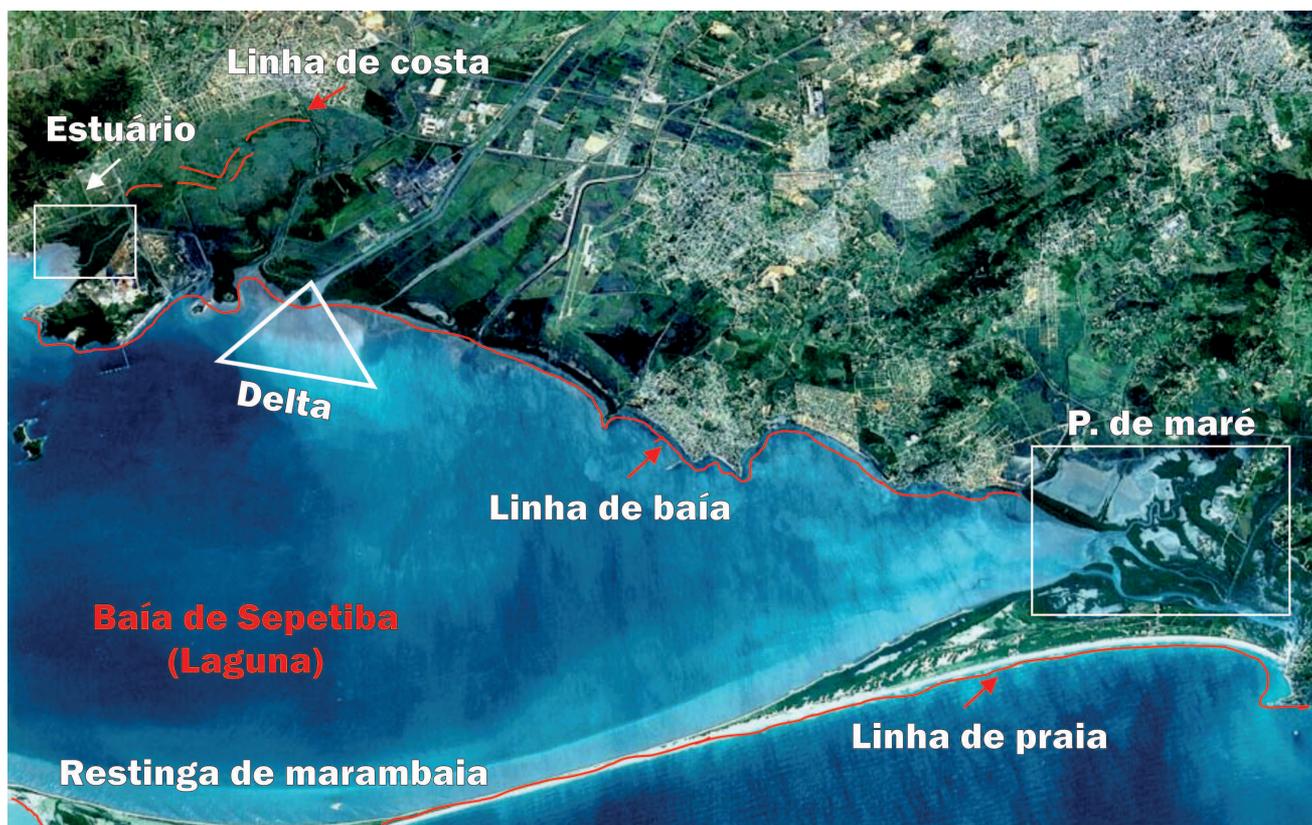


Figura 2 – Imagem de satélite da baía de Sepetiba apresentando os principais elementos dos sistemas parálico e marinho observados na área de estudo.

2.3.1. Estuário do Rio Mazomba-Cação

A bacia do rio Mazomba-Cação abrange cerca de 96 km², sendo delimitada pelas serras do Gado, Itaguassú, Mazomba, Pacheco e Leandro, entre cotas altimétricas de 80 a 1.200 m, que são maiores a oeste, e a leste a bacia do rio Itaguaí.

O rio Mazomba nasce a 1.080 metros, na serra da Mazomba, e se desenvolve por cerca de 26 km. Posteriormente passa a ser denominado de rio Cação, onde tem início o canal de Arapucaia ou do Martins. Banha as localidades de Mazomba, Mazombinha e a cidade de Itaguaí.

Em 1941, o DNOS construiu o Canal da Arapucaia, derivando as águas do rio Mazomba para o rio Cação. O rio Mazomba e seus afluentes foram também por esta época todos dragados. Com a construção do Canal Arapucaia, o Mazomba passou a constituir um

rio isolado, o Mazomba-Cação que deságua na baía de Sepetiba entre as localidades da Ilha da Madeira e Brisamar.

As obras de saneamento da baixada de Sepetiba (1935 a 1945) e a transposição das águas do rio Guandu (na segunda metade do século XX), para melhorar o abastecimento de água da cidade do Rio de Janeiro, retificaram toda a bacia de drenagem da baía de Sepetiba, alterando drasticamente a fisiografia local. Aliado a esses fatos, a industrialização e a urbanização da região com sucessivos aterros vêm levando a uma transformação radical da paisagem e a um cenário de intensa degradação ambiental. Por exemplo, a localidade da Ilha da Madeira à foz do rio Cação, tem essa denominação por ter sido no século XVIII uma porção de terra desconectada do continente conforme é possível observar em cartas topográficas datadas de 1767 (Figura 3).



Figura 3 – Detalhe da carta topográfica da Capitania do Rio de Janeiro de 1767, grifado em cinza estão os principais rios, assim como a então “ilha” da Madeira àquela época desconectada do continente (extraído de Carelli, 2008).

O expressivo desenvolvimento do estuário do rio Cação em aproximadamente trinta anos, é função do intenso fluxo de sedimentos em suspensão que convergem diretamente para o interior da baía, fruto

da proximidade da linha de costa com a sua nascente na serra do Mazomba. Guardado as devidas proporções, o cone de sedimentos em suspensão à sua foz pode ser comparado ao transportado pelo Canal de São Francisco

para onde é desviada grande parte da carga fluvial do rio Guandu. Sabe-se ainda que a influência da maré no estuário do rio Cação se faz sentir até 1 km a jusante do cruzamento com a BR 101, localizada a cerca de 8 km a montante da baía (SEMADS 2001).

São também conhecidos no estuário do rio Cação-Mazomba vários problemas ambientais causados por indústrias implantadas nas adjacências do Porto de

Sepetiba. Por exemplo, pode-se citar o caso da Cia Mercantil e Industrial INGÁ que contaminou durante trinta anos a baía de Sepetiba com os elementos: Zn, Cd, Pb, Mn, Ni, Co e As. Sabe-se ainda que os problemas de contaminação na área não foram sanados, pois ainda se observa imenso rejeito, a céu aberto, isolado da baía por frágeis sistemas de diques de contenção (Figura 4).



Figura 4 – Foz do rio Cação e o rejeito da Cia Ingá Mercantil a céu aberto (em vermelho) apresentando também os diques de contenção vazando.

Soma-se ainda, o recente episódio de dragagem da baía pelo Porto de Itaguaí (final do ano 2000), proporcionando o advento de condições oxidantes, ainda mais perigosas para disponibilização dos elementos químicos acima referenciados.

Além disto, durante a evolução geológica desta bacia este sítio foi transformado de alta energia, em um sítio de baixa energia (Góes 1994), o que favoreceu a implantação de fácies formadas por ondas e marés, tornando esta área peculiar em relação a outras, situadas no contexto costeiro-estuarino clássico.

2.3.2. Delta do Canal de São Francisco

A baía de Sepetiba fica protegida da ação do mar pela restinga de Marambaia e, devido às suas características de semi-confinamento, ocorre um processo de sedimentação progressiva provocado pelo material transportado pelos rios que nela desembocam. Esses rios são também responsáveis pelo aporte de água doce, sendo o Canal do São Francisco o maior contribuinte.

O acúmulo de sedimentos provoca uma diminuição gradual da lâmina d'água da baía de Sepetiba, sendo que, em alguns pontos, verifica-se a formação de deltas, como

é o caso da desembocadura do Canal de São Francisco, formada principalmente por sedimentos aluvionares (CPRM 2001).

Roncarati & Barrocas (1978), compararam as cartas batimétricas de 1935 e 1978, e relataram o constante assoreamento para o interior da baía, assim

como a ampliação da planície de maré. Percebe-se uma rápida expansão do “delta do Canal de São Francisco”, formando uma enorme cunha sedimentar em sub-superfície, promovendo a diminuição da profundidade média das águas da baía de Sepetiba em resposta às modificações impostas ao sistema (Figuras 5A e B).

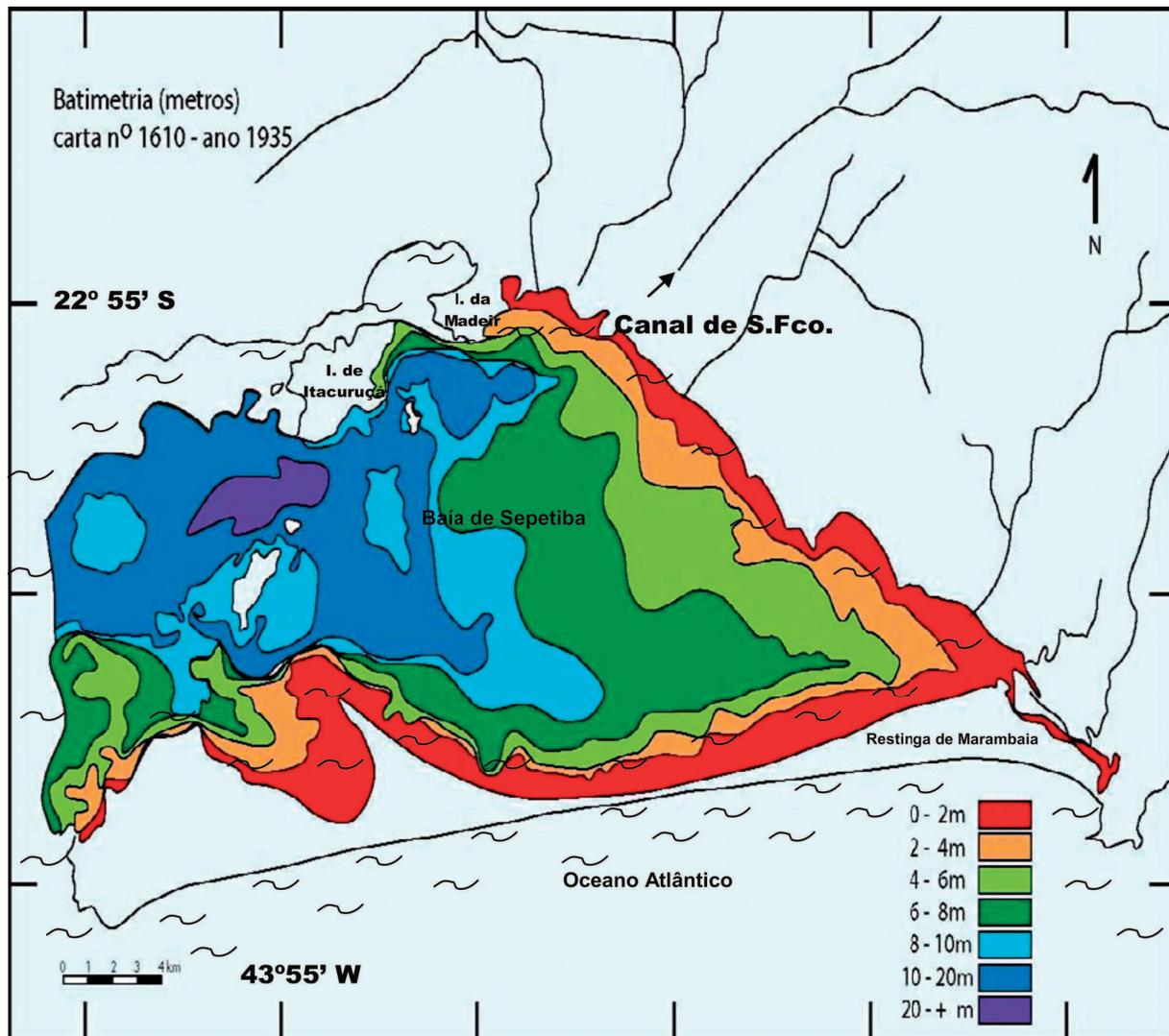


Figura 5A – Batimetria de 1935 – carta DHN nº. 1610, modificado de Roncarati & Barrocas (1978). Nota-se o desenvolvimento incipiente do Canal de S.Francisco e as menores profundidades (em vermelho) bem próximas da planície costeira (Extraído de Carelli 2008).

Essas entre outras evidências que podem ser observadas no sistema Sepetiba estão relacionadas direta ou indiretamente à transposição das águas da bacia do Paraíba do Sul para o Ribeirão das Lages/Guandu/Canal de São Francisco.

A transposição implicou não só no maior volume de água imposto ao Ribeirão das Lages/Guandu/Canal de São Francisco, mas a inúmeras alterações geomorfológicas, eventualmente já estabilizadas. Estas muito contribuíram nas décadas subsequentes, à

ocupação da baía de Sepetiba por sedimentos. Como consequência, o Canal de São Francisco passou à condição de principal rio da baía de Sepetiba, e com isso mais competente para erodir e transportar sedimentos

promovendo na região de Sepetiba um aumento da turbulência e da vazão (CPRM 2001). Este fato pode ser observado através da pluma de sedimentos em suspensão observados em imagens de satélite (Figura 6).

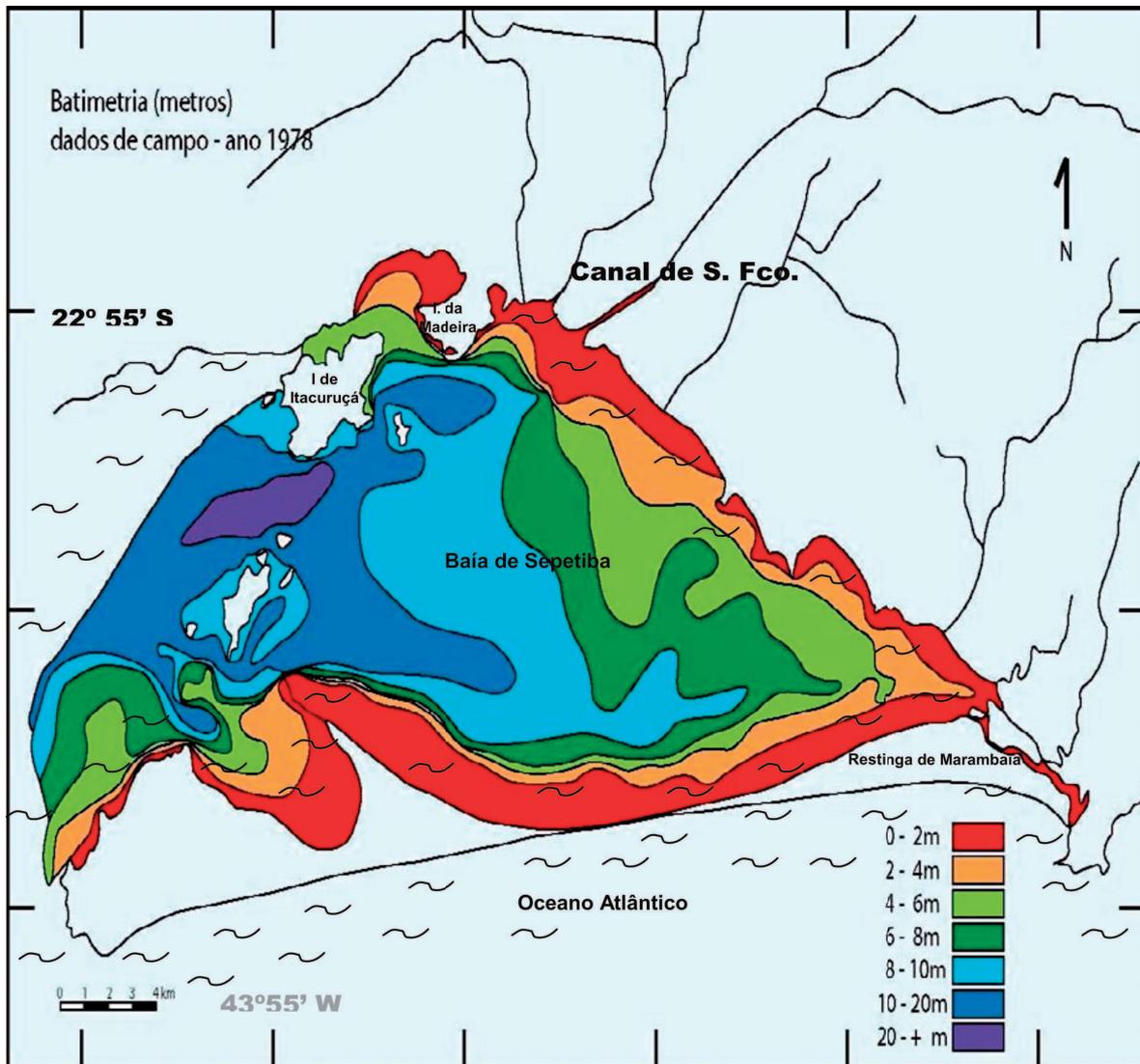


Figura 5B – Batimetria de 1978 – carta DHN nº. 1610, modificado de Roncarati & Barrocas (1978). Percebe-se o assoreamento (em vermelho) em direção ao centro da baía associado ao desenvolvimento do Canal de S. Francisco em quarenta anos, assim como o estuário do Mazomba-Cação a noroeste da Ilha da Madeira. (Extraído de Carelli, 2008).

2. 3. 3. Planície de Maré de Guaratiba

A entrada de detritos de origem continental fluvial na baía restringe-se à faixa localizada a nordeste, nas proximidades das desembocaduras de canais e rios. O acúmulo destes e dos demais sedimentos provoca a formação de uma ampla área de intermarés, onde,

devido à baixa energia reinante, e às oscilações de maré, se propicia o desenvolvimento de extensas planícies de maré (CPRM 2001).

A planície de maré de Guaratiba localiza-se a leste da baía de Sepetiba com aproximadamente 40 Km² e representa a transição entre os domínios marinho e terrestre, já tendo sido anteriormente estudada por

Roncarati e Barrocas (1978), que com base em critérios morfológicos subdividiram esta planície em três sub-ambientes: “Zona Mangue”, “Zona Caranguejo” e “Zona Alga” (Figura 7) que serão apresentados a seguir. Ressalta-se que em trabalhos posteriores, autores como Brönnimann *et al.* (1981) propuseram subdividir a

planície de maré em: a) “Superior” – que englobaria a “Fácies Alga e Caranguejo”; b) “Inferior” – onde encontraríamos a “Fácies Mangue” e componentes de zoneamento fitológico, estando estas alternâncias faciológicas subordinadas a variações topográficas, conforme apresentado no perfil da Figura 8.



Figura 6 – Imagem de satélite (Landsat 7) mostrando a pluma de sedimentos em suspensão na desembocadura do Canal de São Francisco.

Neste contexto, existem ainda outros elementos como canais de maré anastomosados e meandranes nos manguezais desta região (Figuras 9 e 10).

Fácies Alga

Esta parte da planície de maré de Guaratiba é coberta por extensos tapetes algálicos (cianofíceas), apresentando não raro ausência de vegetais superiores (Figura 11). Predominam altos índices de salinidade, temperatura e conseqüentemente a intensa evaporação provocando desidratação dos sedimentos que variam de argilosos a arenosos em direção ao continente.

Fácies Caranguejo

Esta fácies foi assim denominada por Roncarati & Barrocas (1978) devido à grande quantidade de caranguejos que geralmente vivem neste local em virtude de um habitat mais favorável. Os teores de umidade são maiores que na fácies alga, mas podem também

apresentar gretas de ressecamento em longos períodos de exposição. Segundo Brönnimann *et al.* (1981), as comunidades de crustáceos que povoam esta fácies, são na realidade grupos móveis, flutuantes, pois se permanecessem nesta região durante os períodos de longa exposição, morreriam fatalmente. Vale a pena ressaltar que dependendo das condições topográficas a fácies caranguejo pode não ocorrer, passando diretamente da fácies alga à fácies mangue.

Fácies Mangue

Posicionado na zona de intermaré onde vários processos geológicos, hidrológicos, químicos e biológicos ocorrem. Os sedimentos são predominantemente argilosos e ricos em matéria orgânica. Sua origem está relacionada ao aporte continental de sedimentos através dos canais da margem Leste da baía e sua redistribuição pelas marés, segundo Brönnimann *et al.* (1981) (Figura 12).

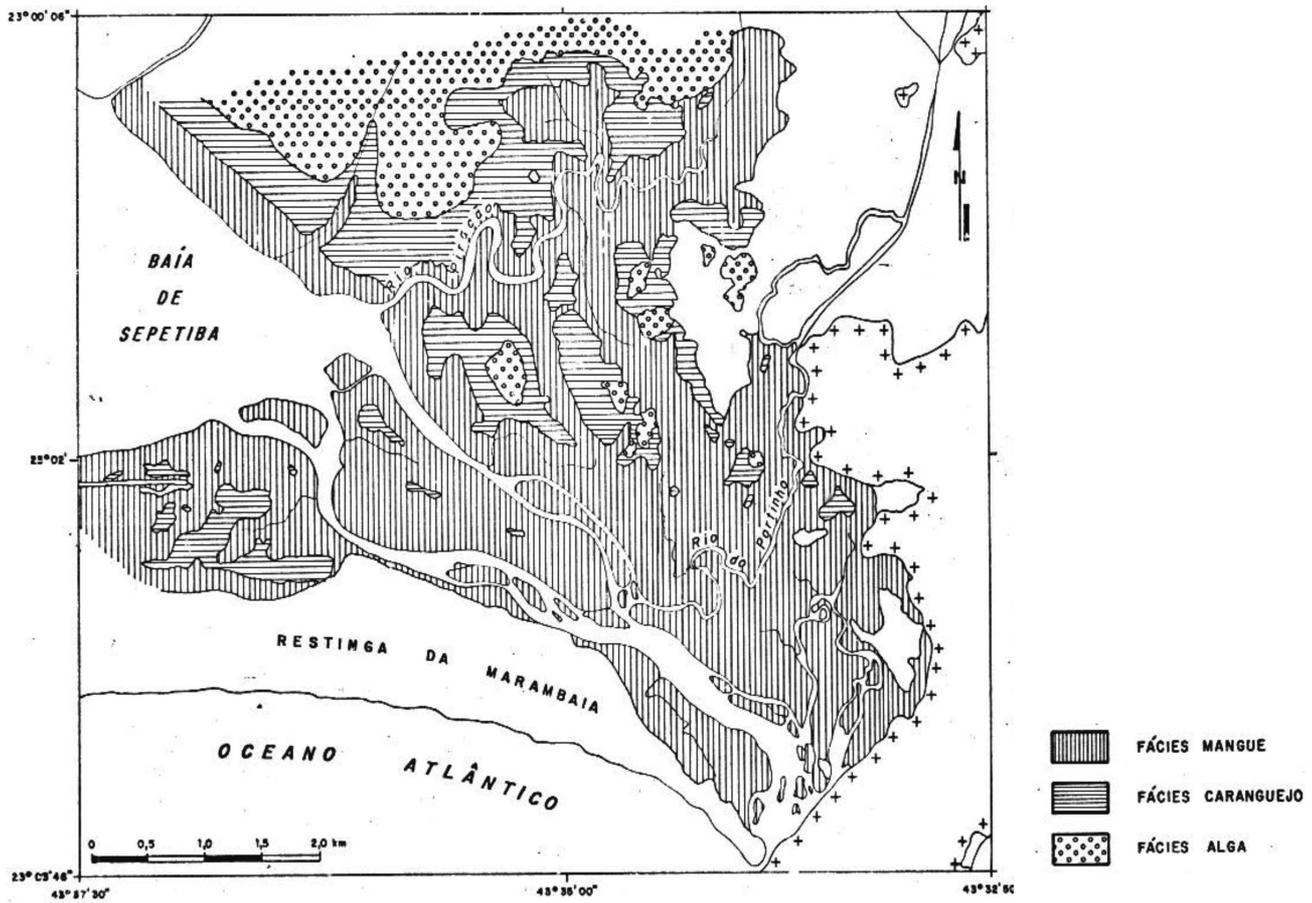


Figura 7 – Mapa de fâcies da planície de maré de Guaratiba (Extraído de Roncarati & Barrocas 1978).

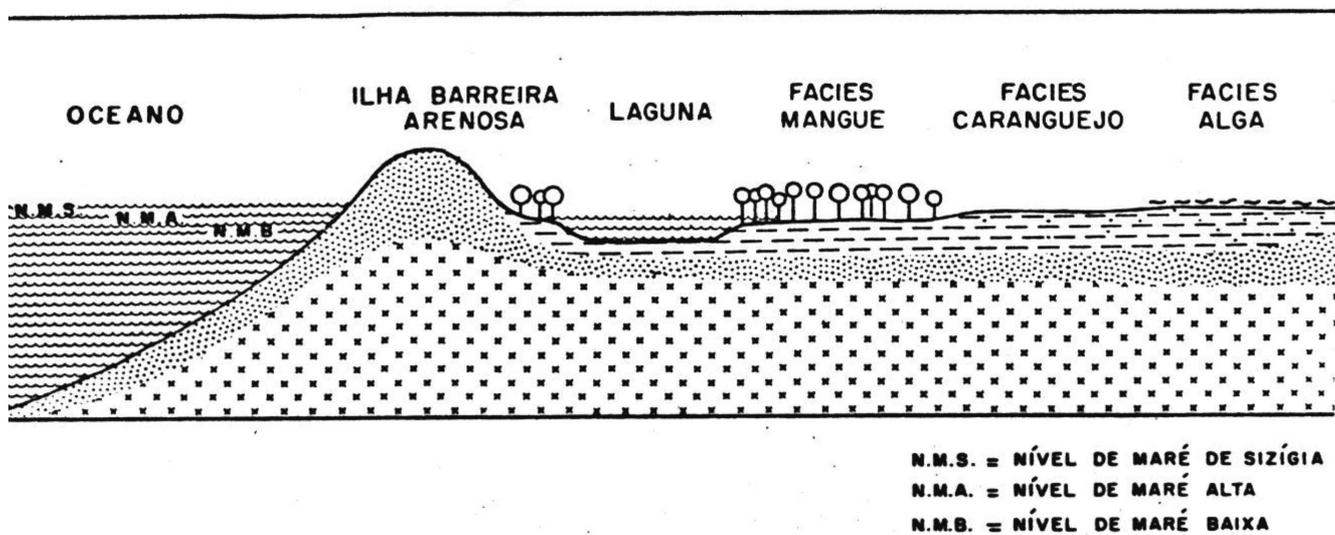


Figura 8 – Perfil mostrando a sucessão de ambientes na planície de maré da Guaratiba (Extraído de Brönnimann *et al.* 1981).



Figura 9 – Canais anastomosados de Guaratiba (Extraído de Brönnimann *et al.* 1981).



Figura 10 – Canais meandrantos de Guaratiba (Extraído de Brönnimann *et al.* 1981).



Figura 11 – Vista panorâmica da Fácies Alga de Guaratiba (Extraído de Brönnimann *et al.* 1981).



Figura 12 – Fácies Mangue de Guaratiba (Extraído de Brönnimann *et al.* 1981).

2.3.4 Restinga de Marambaia

A restinga da Marambaia funciona como um quebra-mar, isolando a baía das águas do oceano, separando ambientes lagunar e marinho. Seu comprimento tem cerca de quarenta quilômetros de extensão, máximo de cinco quilômetros em sua parte mais larga e cinquenta metros na sua parte central onde é mais estreita, conforme pode ser observado na Figura 13.

É limitada a oeste pela ilha de Marambaia, e a leste pelo morro de Guaratiba. Cartas topográficas datadas de 1767 (Figura 3), mostram a mesma parte central bem mais larga, sugerindo que atualmente a restinga da Marambaia está sendo submetida a processos erosivos.

Roncarati & Barrocas (1978) fazem referência a lagoas alongadas, paralelas aos cordões de praias, da restinga que represaram ou confinaram porções de água do mar durante os estágios regressivos, muitas das quais já colmatadas, como é possível observar em fotografias aéreas e em sobrevôos de helicóptero (Figura 14).

A restinga de Marambaia, um cordão litorâneo com mais de 40 quilômetros de comprimento, não formou uma lagoa, mas sim a baía de Sepetiba, separando ambientes lagunar e marinho raso (Figuras 15 e 16) e apresenta além das lagoas, dunas em sua porção leste, muitas das quais estabilizadas por vegetação (Figuras 17 e 18).

Por ocasião de tempestades, ocorrem arrombamentos, podendo ocorrer em alguns pontos de sua parte central o transporte de sedimentos para dentro da laguna - leque de arrombamento (Figura 19).

Roncarati & Barrocas em 1978, influenciados pelo trabalho pioneiro de Lamego (1945) acerca da formação de esporões arenosos ancorados em pontos de atenuação de correntes litorâneas, e também baseados em evidências sedimentológicas e aerofotogramétricas, sugeriram a existência de dois cordões arenosos na restinga, que se sucederiam paralelamente a partir da ilha de Marambaia. Segundo esses autores, a restinga se originou de oeste para leste, num modelo evolutivo semelhante ao proposto para a baixada de Jacarepaguá (contígua a leste da baía de Sepetiba), por Roncarati & Neves (1976). Outros autores como Borges (1998) discordam desta seqüência evolutiva. Em 2007, Carelli *et al.*, prepuseram uma atualização no modelo de evolução geológica da restinga da Marambaia seguindo o modelo de Roncarati & Barrocas em 1978.

Os autores sugeriram uma seqüência de sete estágios evolutivos (Figuras 20 A até G), são eles: 1 - Formação da restinga interna da Marambaia; 2 - Completada a restinga interna, novas variações eustáticas passam a formar a restinga externa; 3 - Restingas interna e externa completas; 4 - Formação das lagoas e cúspides de lagoas entre os dois cordões; 5 - Erosão da restinga externa e parte da interna; 6 - Reconstrução da restinga preservando parte das lagoas no segmento oeste; 7 - Atuação das correntes oito provocando a erosão na parte interna.

A passagem do estágio cinco para o seis inclui o confinamento de porções de água do mar verificado pela presença de lagoas alongadas, paralelas aos cordões de praia, muitas das quais já colmatadas conforme apresentados na Figura 14.

3. CENÁRIOS PARA A EVOLUÇÃO DA BAÍA DE SEPETIBA NOS ÚLTIMOS 7.000 ANOS A.P.

Seguindo as alegações de Suguio & Martin (1978) o nível do mar para o litoral de São Paulo esteve entre 3,0 e 5,0 metros em 5.100 anos A.P. Segundo os mesmos, no litoral do Rio de Janeiro provavelmente não tenha passado de 3,0 metros. Entretanto, Carelli 2008, encontrou cordões arenosos relacionados a antigas praias de enseada na planície costeira de Itaguaí entre 4 e 5 metros de altitude através de levantamentos planialtimétricos.

O mesmo autor, baseando-se em dados de campo, sedimentológicos, geofísicos, geocronológicos e biológicos, mapeou um novo sistema fluvio-deltaico de idade aproximada de 6.000 anos A.P., além do delta já descrito em Roncarati & Barrocas (1978) de 3.440 anos A.P., ambos exibindo feixes de cordões arenosos, semelhante aos sistemas deltaicos dominados por onda. Sendo assim, foi sugerido no referido trabalho que a restinga de Marambaia só estaria totalmente fechada após 3.440 anos cal A.P., tornando então a baía de Sepetiba um sítio de baixa energia com deposição de sedimentos finos que viria a constituir a atual planície de maré. Carelli (2008) propôs 4 estágios para a evolução da baía de Sepetiba para os últimos 7.000 anos A.P. As Figuras 21 A, B, C, D apresentam esses estágios.



Figura 13 – Parte mais estreita da restinga da Marambaia, note que a trena estendida é de apenas 50 metros (Foto do autor).



Figura 14 – Sobrevôo de helicóptero mostrando as lagoas em fase de colmatação na restinga da Marambaia.



Figura 15 – Parte interna da restinga de Marambaia (baía de Sepetiba). Ambiente de baixa energia (Extraído de Brönnimann *et al.* 1981).



Figura 16 – Parte externa da restinga de Marambaia (oceano Atlântico). Ambiente de alta energia (Extraído de Brönnimann *et al.* 1981).



Figura 17 – Estratificação cruzada em duna da restinga de Marambaia (Extraído de Brönnimann *et al.* 1981).



Figura 18 – Dunas na restinga de Marambaia (Extraído de Brönnimann *et al.* 1981).



Figura 19 – Canal de arrombamento na restinga de Marambaia (Extraído de Brönnimann *et al.* 1981).

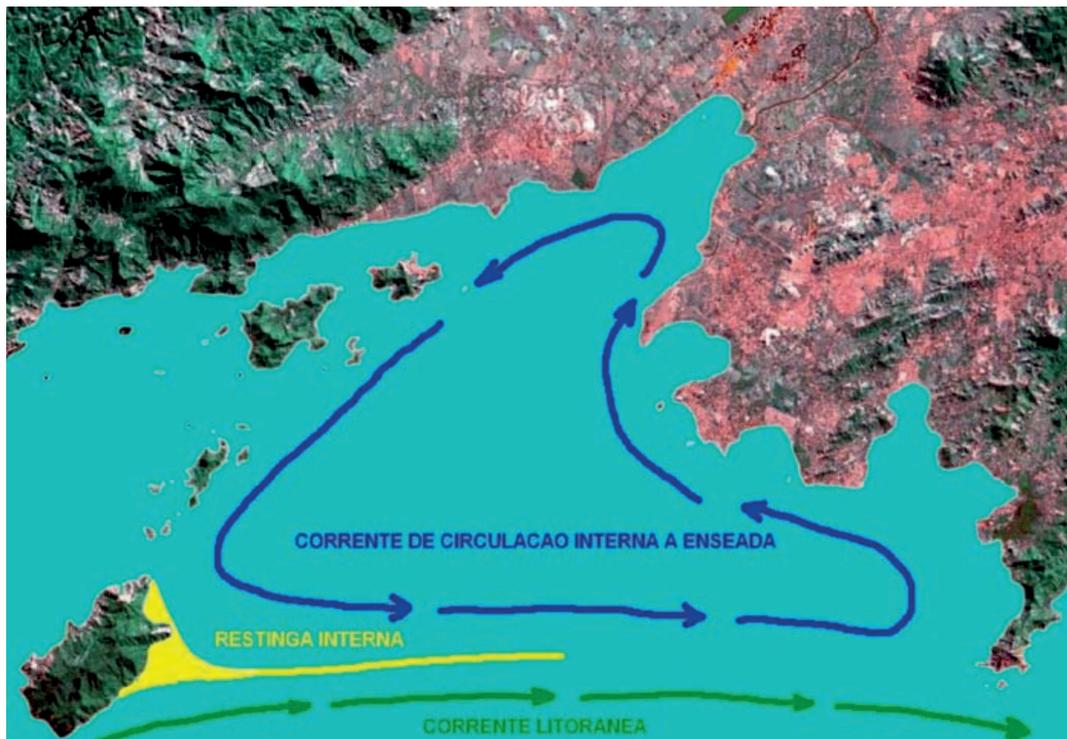


Figura 20A – Estágio 1. Formação da restinga interna da Marambaia (Carelli *et al.* 2007).

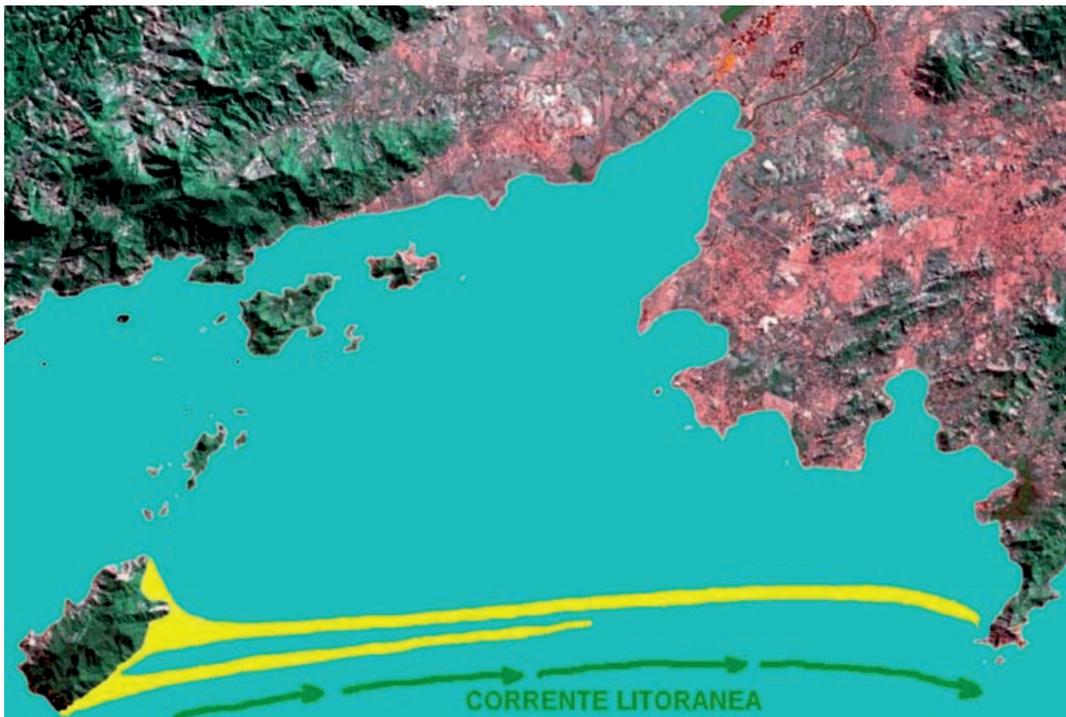


Figura 20B – Estágio 2. Completada a restinga interna, novas variações eustáticas passam a formar a restinga externa (Carelli *et al.* 2007).



Figura 20C – Estágio 3. Restingas interna e externa completas (Carelli *et al.* 2007).



Figura 20D – Estágio 4. Formação das lagunas e cúspides de lagunas entre os dois cordões (Carelli *et al.* 2007).



Figura 20E – Estágio 5. Erosão da restinga externa e parte da interna (Carelli *et al.* 2007).



Figura 20F – Estágio 6. Reconstrução da restinga preservando parte das lagunas no segmento oeste (Carelli *et al.* 2007).

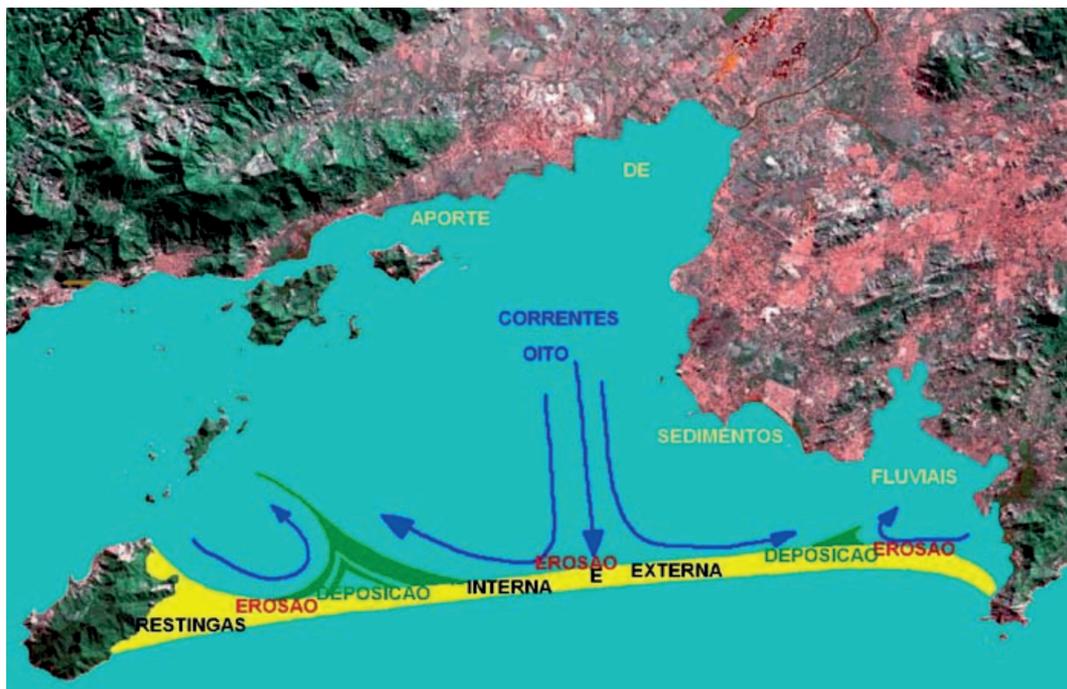


Figura 20G – Estágio 7. Atuação das correntes oito provocando a erosão na parte interna da nova restinga (Carelli *et al.* 2007).

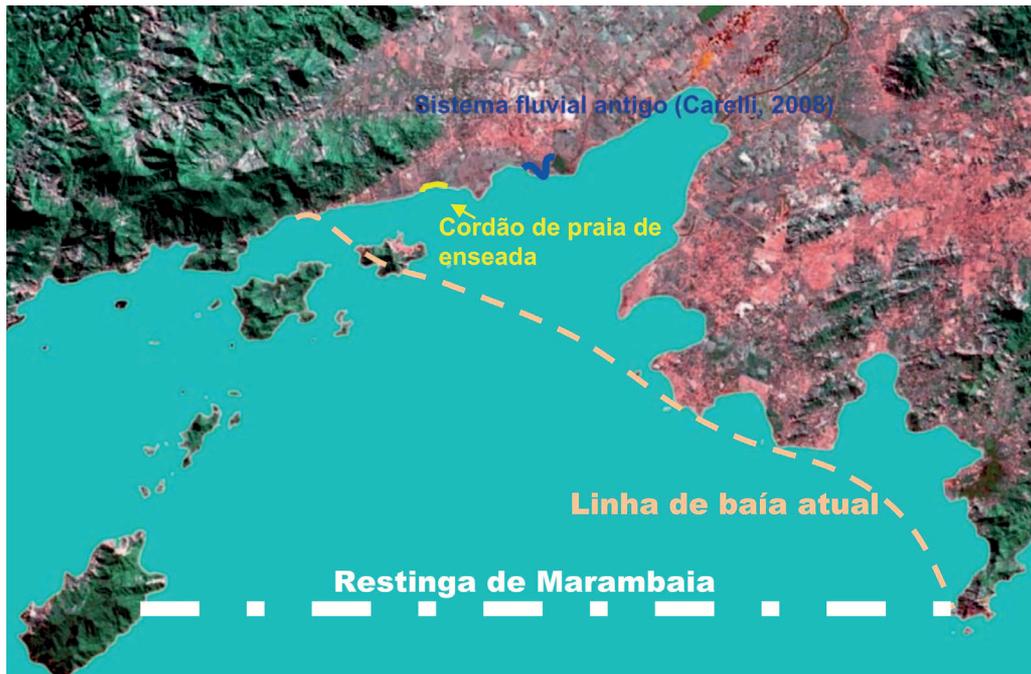


Figura 21A – Estágio evolutivo da baía de Sepetiba em $6,800 \pm 975$ anos A.P. com a linha de costa na posição de 5m acima da atual, com o aparecimento de um sistema fluvial mais antigo que o relatado por Roncarati & Barrocas (1978), compatível em idade com o cordão de praia de enseada descrito pelos mesmos (Carelli 2008). Acredita-se que a restinga de Marambaia ainda não havia se formado.

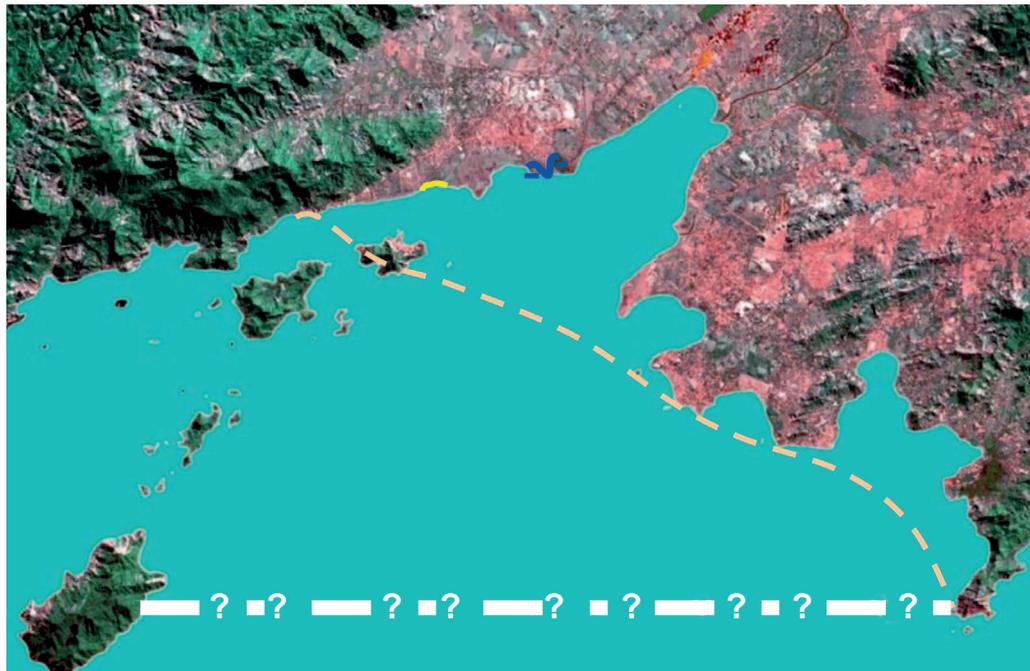


Figura 21B – Estágio evolutivo da baía de Sepetiba em 4.660 anos cal A.P. Nota-se a construção do 2º cordão arenoso no sistema fluvial mais antigo (azul) descrito por Carelli (2008), assim como a provável ausência da restinga de Marambaia.

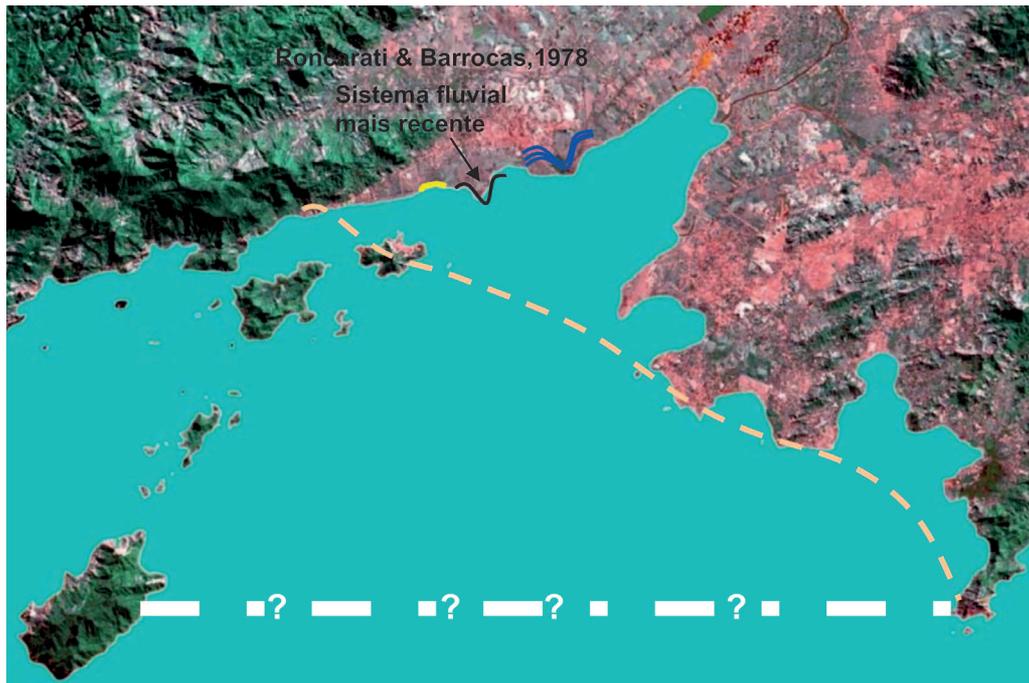


Figura 21C – Estágio evolutivo em 3.440 anos cal A.P. e a construção do 3º cordão arenoso no sistema fluvial antigo assim como, o aparecimento de um sistema fluvial mais recente, descrito em Roncarati & Barrocas (1978) (preto). Até este estágio acredita-se que a restinga de Marambaia não estivesse completamente formada (Carelli 2008).



Figura 21D – Estágio atual da baía de Sepetiba, com a restinga completamente formada, a linha de baía reposicionada, além dos sistemas fluviais, e do cordão de praia indicando a antiga linha de costa (Carelli 2008).

4. PERSPECTIVAS FUTURAS

Sabe-se que as regiões litorâneas são faixas limítrofes entre os continentes (terras emersas) e os oceanos (terras submersas) sob condições de equilíbrio dinâmico. Estas áreas são ocupadas por 2/3 da população da Terra, ou seja, cerca de 4 bilhões de pessoas vivem ao longo da costa litorânea ou em áreas próximas (Sugiuo 2003).

Em termos de transformação do meio físico, é nestas áreas que os rios irão depositar grande carga de sedimentos, e um novo conjunto de agentes assume as

tarefas que pertenciam aos rios. As ondas executam a maior parte do trabalho de modelagem das paisagens costeiras enquanto as marés ampliam o intervalo vertical de atuação das ondas e as correntes costeiras movem os sedimentos lateralmente em direção aos mangues ou para alto mar. Também a dinâmica de circulação das águas e sedimentos é peculiar na região litorânea, devido à mistura de águas doce e salgada, onde seus padrões de circulação dependem basicamente da oposição entre os regimes de vazão do rio e da maré os quais devem ser estudados já que a ocupação humana é crescente e inevitável.



Figura 22 – Explosão Econômica esperada para a baía de Sepetiba na próxima década (Fonte: I Seminário da Baía de Sepetiba. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Energia, Indústria e Serviços – SEDEIS/ RJ (UERJ, Junho 2010).

Não se pode esquecer o manguezal, levando-se em conta que os mangues das planícies costeiras constituem verdadeiros berçários para muitas espécies de peixes e crustáceos do litoral, que devido a isso, são em sua maioria, preservados por lei. Estes manguezais são essencialmente dependentes de um delicado equilíbrio dinâmico entre as variações dos níveis de maré, o aporte fluvial de sedimentos e as taxas de deposição/erosão.

Sendo assim, as regiões costeiras representam também importantes celeiros de fauna e flora, e possuem registros geológicos que explicam sua evolução ao longo do tempo. Apesar de sua importância, as áreas litorâneas brasileiras são carentes de estudos e pesquisas que expliquem em detalhes características de sua evolução geológica. A baía de Sepetiba, local de importantes instalações industriais e terminais marítimos não é diferente. Estão previstos pelo governo do estado do Rio de Janeiro projetos de diversas indústrias altamente impactantes, alguns em fase de implantação, outros de expansão (I SBS, 2010 – informação de SEDEIS/RJ), são eles: ThyssenKrupp CSA; Gerdau; Nuclep, Porto de Itaguaí (TECON, CPBS, CSN); DI de Santa Cruz (Casa da Moeda, FCC, etc); Keppel Fels; Terminal Ilha Guaíba; Coquepar; LLX; Petrobras; Usiminas; CSN; Estaleiro Civil e Complexo Industrial; Base Naval e Estaleiro de submarinos! Estes projetos podem ser visualizados na Figura 22.

Desta forma, renova-se a necessidade de maiores informações acerca da área, em função da explosão econômica prevista para este setor da costa na próxima década, que irá lotear cada espaço da baía de Sepetiba, podendo esses estudos ser úteis também na discriminação de possíveis caminhos de migração de plumas de contaminação, em caso de eventuais desastres ambientais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORGES, H.V. 1998. Holocene Geological Evolution of Sepetiba Bay and Marambaia Barrier Island, Brazil, 1998. 145p Tese (PhD Thesis) - State University of NewYork.
- BRONNIMANN, P.; MOURA, J.A.; DIAS B.D. 1981. **Ecologia dos Foraminíferos e Microorganismos Associados da Área Guaratiba/Sepetiba: Modelo Ambiental e sua Aplicação na Pesquisa de Hidrocarbonetos**. RJ. Rio de Janeiro: Petrobras, Depex: Labor: Sepale. 107p. (Relatório interno).
- CARELLI, S.G. 2008. **Evolução Geológica Neógena da Planície Costeira de Itaguaí**, 2008. 191p Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-graduação em Geologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geologia, Rio de Janeiro.
- CARELLI, S. G.; RONCARATI, H.; NASCIMENTO, D. N. 2007. Contribuição a evolução Holocênica da restinga da Marambaia na baía de Sepetiba /RJ. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 10, 2007, Diamantina. **Anais ...MG: SBG**.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (Brasil). 2001. Projeto Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: CPRM. CD-ROM.
- FERRARI, A.L. 1990. A geologia do “rift” da Guanabara (RJ) na sua porção centro-ocidental e sua relação com o embasamento pré-cambriano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal, RN. **Anais... Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Nordeste**. v. 6, p. 2858-2872.
- GÓES, M. H. de B. 1994. **Diagnóstico Ambiental por Geoprocessamento do Município de Itaguaí**. 1994. Tese (Doutorado Geologia.) – Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Estadual de São Paulo - UNESP, Rio Claro, SP.
- LAMEGO, A. R. 1945. O Homem e a Restinga. Rio de Janeiro. p 1-10.
- RONCARATI, H.; BARROCAS, S.L.S. 1978. **Estudo geológico preliminar dos sedimentos recentes superficiais da Baía de Sepetiba, Município do Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba, RJ**. (Projeto Sepetiba). Rio de Janeiro: Petrobrás, CENPES 78p. (Relatório preliminar).
- RONCARATI, H.; NEVES, L.E. 1976. **Estudo preliminar dos sedimentos recentes superficiais da Baixada de Jacarepaguá - Município do Rio de Janeiro (Projeto Jacarepaguá)**. Rio de Janeiro: Petrobrás, CENPES. 89 p.
- RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Meio Ambiente. 1996. **Programa de Zoneamento Econômico - Ecológico do Estado do Rio de Janeiro. Projeto I: Diagnóstico Ambiental da Bacia**

- Hidrográfica da Baía de Sepetiba (ZEE). Rio de Janeiro; Secretaria de Estado de Meio Ambiente; Universidade Federal do Rio de Janeiro; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 55p.
- RIO DE JANEIRO (Estado). 2001. Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Bacia da Baía de Sepetiba (SEMADS), Rio de Janeiro: A Secretaria. 79p.
- SUGUIO, K. 2003. Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas. **Geologia USP: Série Didática**, São Paulo, v. 2, n. 1, 40 p.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L. 1978. Quaternary marine formation of the states of São Paulo and Southern Rio de Janeiro. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1978, São Paulo. Brazilian National Working Group for the IGCP SP. 55p. (Special Publication, n. 1)



CAPÍTULO II

INDÍCIOS DA VARIAÇÃO DO NÍVEL DO MAR NA BAÍA DE SEPETIBA





INDÍCIOS DA VARIAÇÃO DO NÍVEL DO MAR NA BAÍA DE SEPETIBA

Hélio Heringer Villena¹, Silvia Dias Pereira¹, Hernani A. F. Chaves²,
Marcelo Sperle Dias¹ e Josefa Varela Guerra¹

RESUMO

A Baía de Sepetiba, no litoral do Rio de Janeiro, Brasil, é um exemplo de baía formada por ilha barreira (Restinga da Marambaia) que a protege da ação das ondas oceânicas e lhe confere um ambiente de sedimentação calmo. As condições de relevo submarino, circulação marinha e deposição de sedimentos é fruto da história geológica da baía. Essa evolução geológica está intimamente ligada às variações do nível do mar durante o Quaternário, principalmente no Holoceno. Vários são os indícios observados na região, destacando-se uma discordância observada na sísmica e testemunhos; ciclos deposicionais de granocrescência ascendente ou granodecrescência ascendente; assembléias de foraminíferos; conteúdos palinológicos; sambaquis; e, como resposta às flutuações dentro do tempo histórico, efeitos erosivos e migração do mangue sobre a planície de maré. Esses indícios apontam ciclos alternados de transgressão e regressão que, embora pareçam defasados nas diferentes metodologias, com suas resoluções intrínsecas, agrupam-se de forma geral em duas transgressões e duas regressões. A comparação dos resultados dos trabalhos de vários autores, associados aos resultados de dados coletados e processados, colocam a curva proposta por Suguio em vários trabalhos, como a mais aplicável aos estudos na região até o estabelecimento de uma curva local com base em novos dados.

Palavras-chave: variação do nível do mar; Baía de Sepetiba

ABSTRACT

Sepetiba Bay, at the Rio de Janeiro coast, Brasil, is an example of a bay formed by a barrier island (Restinga da Marambaia) that protect it by the action of the oceanic waves and confers to it a quiet environment of sedimentation. The submarine relief conditions, marine circulation and sediments deposition are the result of the geologic history of the bay. This geological evolution is closely on the sea level changes at the Quaternary, mainly at the Holocene. There are many indications we can observe in the region, being distinguished a unconformity observed in seismic and cores studies; depositional cycles of coarsening upward or fining upward; foraminifera assemblage; palinological contents; sambaquis; and like a result by the sea level fluctuations at the historical time, erosional activities and a mangrove migration on the tide plain. These indications suggest alternated cycles of transgression and regression that, although they seem unbalanced in the different methodologies, they are grouped in two transgressions and two regressions of the sea level. The results of many authors researches associated with the results of this data, put the curve proposed by Suguio like the most applicable to the studies at the region of Sepetiba Bay, until the establishment of a local curve with new data.

Key-words: sea level change; Sepetiba Bay

1. Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, Brasil Rua São Francisco Xavier, 524 – Maracanã – 20550-013, helio villena@gmail.com

2. Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, Brasil, Rua São Francisco Xavier, 524 – Maracanã – 20550-013, hernani@uerj.br

INTRODUÇÃO

A Baía de Sepetiba, uma das três grandes baías do litoral do Estado do Rio de Janeiro, localiza-se no litoral sudeste brasileiro, margeando a Bacia Sedimentar de Santos, entre as coordenadas 22° 53' S a 23° 04' S e 43° 34' W a 44° 02' W, (Figura 1).

Seu limite sul é marcado pela presença de longo e estreito cordão arenoso, a Restinga da Marambaia, enquanto que, sua porção oeste, portal de comunicação entre a baía e o oceano, distingue-se pela presença de numerosas ilhas, lajes e afloramentos rochosos.

As condições atuais de relevo submarino, circulação marinha e deposição de sedimentos é fruto da história geológica da baía, levando-nos à busca do entendimento desta história evolutiva do meio físico local, para que possamos entender os mecanismos atuantes em suas diversas nuances e tenhamos condições de projetar cenários futuros através de modelagens computacionais do meio ambiente local.

A evolução geológica de um ambiente marinho costeiro está intimamente ligada às variações do nível do mar observadas durante o Quaternário, principalmente

no Holoceno, encontrando-se marcadas no registro sedimentar da baía e planície costeira adjacente, quer seja na seqüência estratigráfica, ou na biota (atual e pretérita), ou ainda, em registros arqueológicos.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os indícios das variações de nível do mar holocênicas observadas na região da Baía de Sepetiba, tomando como base o conhecimento existente na bibliografia disponível (Kneip 1987; Kneip & Pallestrinni 1987; Kneip *et al.* 1987; Pereira 1998; Borges 1998; Coelho 1999; Santos 2000; Laut 2003; Silva 2003; Silva 2006), dados sísmicos e de testemunhagens.

CARACTERIZAÇÃO REGIONAL

Geografia Física

A Baía de Sepetiba apresenta formato elipsoidal, com 40 Km de comprimento e 16 Km de largura (Borges 1990), e área total de espelho d'água de aproximadamente 305 Km². A largura é variável, sendo mais ampla em sua extremidade oeste e mais estreita em sua extremidade leste. A comunicação com o Oceano Atlântico se dá, principalmente, pela embocadura oeste,

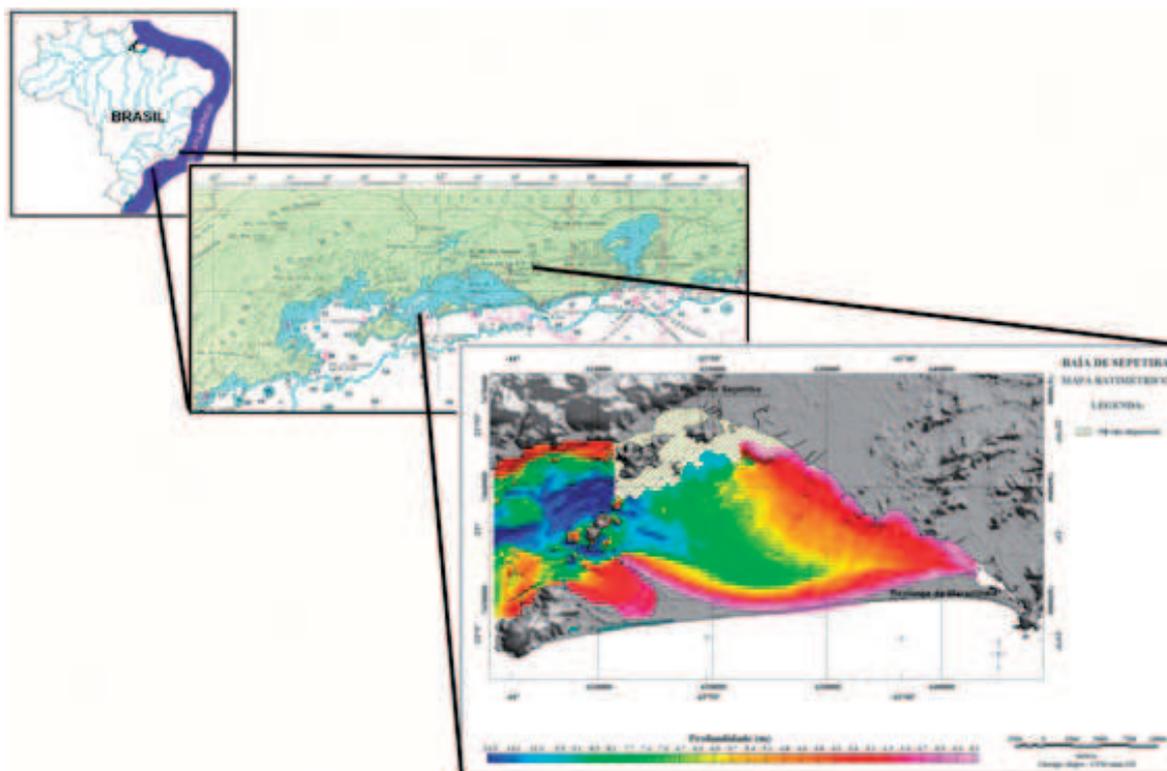


Figura 1 – Localização da área objeto do estudo (alterado de Villena, 2004).

que consiste em sua entrada principal, localizada entre o continente e a Ilha da Marambaia e, secundariamente, a leste pelo estreito Canal de Guaratiba.

A principal feição que se observa na área é o longo cordão arenoso da Restinga de Marambaia, que em alguns pontos chega a poucas dezenas de metros, e faz a separação entre a baía e o oceano aberto.

Conforme a descrição de Pereira (1998), a rede fluvial que escoar para a baía é limitada pela Pedra de Guaratiba, pelas serras Prata do Cabuçú, Madureira, Gericinó, Tinguá, São Pedro, Santana, Catumbi, Araras, Caçador, Leandro, Itaguaçu e Lajes, terminando na Ponta de Mangaratiba. As desembocaduras dos rios concentram-se na face Norte/Nordeste onde desembocam os principais rios da região, entre eles o Rio Guandu.

Em 1962, foram realizadas as obras de retificação dos canais de vários rios, além da transposição de água do Rio Paraíba do Sul para a baía, com vistas a assegurar o fornecimento de energia elétrica e água potável para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. A vazão de água doce que agora escoar pelo sistema Rio Guandu/Canal de São Francisco passou a ser, em média, de $168\text{m}^3/\text{s}$, o triplo da descarga média natural afluente à baía, com picos de $300\text{m}^3/\text{s}$ gerados para aumento da produção de energia em horários críticos (ECOLOGUS 2005). Houve então o rompimento do equilíbrio natural, ocasionando aumento na descarga sólida, ou seja, do transporte de sedimentos para a baía.

Meteorologia

O clima na região caracteriza-se como um microclima típico de região litorânea tropical, influenciada por: latitude e longitude, proximidade do mar, topografia, natureza da cobertura vegetal e ação da circulação local ou secundária (brisas marítimas e terrestres). A pluviosidade varia entre 1500 e 2500mm/ano, com máxima precipitação no verão (IEF/RJ-DCN 1989; *apud* Coelho 1999).

Os ventos apresentam direção predominante de NE/SW ou de ENE/SSW (ETEP-ECOLOGUS/SEMA-RJ 1998), com fluxo e refluxo determinado pela topografia e pela proximidade da área com o mar, o que gera no local uma circulação tipo brisa marítima/terrestre.

A entrada de frentes frias pode ocasionar rajadas de até 70Km/h (Pereira 1998), acarretando alteração

do sistema de correntes superficiais da baía. Os ventos de direção SE ajudam a espalhar os sedimentos trazidos pelo rio Guandu, assoreando o canal principal; e os de SW provocam o empilhamento da água da baía em direção ao canal de Barra de Guaratiba, ocasionando um fenômeno descrito como maré meteorológica, que pode provocar a inundação nas áreas baixas de manguezal.

Verifica-se predominância de chuvas nos meses de primavera e verão (setembro a março) os mais chuvosos, sendo os de outono e inverno (maio a setembro) os mais secos.

Batimetria

A Baía de Sepetiba apresenta as menores profundidades e declividades no seu setor leste, ou seja, no fundo da baía (Borges 1990), com aumento para oeste, onde as profundidades atingem entre 8 e 10m no canal central Stevenson *et al.* (1998) e Borges (*op. cit.*).

Na Figura 2 podemos observar o Mapa Batimétrico com baseado nos dados das folhas de bordo do acervo do Centro de Hidrografia da Marinha (Villena 2003).

Villena (2003, 2004), tomando como base o relevo de fundo, divide a baía em dois setores distintos a partir do meridiano 618000E (aproximadamente $43^{\circ} 50' W$):

- **Setor Oeste** – caracterizado por relevo acidentado, com o afloramento de várias ilhas/lages e a presença das maiores profundidades encontradas na baía. Este setor tem a maior parte de sua área dominada por gradiente elevado que se relaciona às encostas de ilhas, taludes dos canais, lajes, etc. Destoando desta descrição geral temos a Baía da Marambaia, que apresenta relevo suave e baixos valores de gradiente. Stevenson (1998) e Borges (1990) descrevem os canais observados: canal de passagem de água oceânica oriunda da entrada entre a Ilha da Marambaia e a Ilha Grande; canal a sul da Ilha de Jaguanum; canal entre a Ilha de Jaguanum e a Ilha de Itacuruçá e, por fim, o canal entre a Ilha de Itacuruçá e o Continente. Sente-se nitidamente, neste setor, um acentuado controle do embasamento no relevo submarino.
- **Setor Leste** – de relevo mais suave e assimétrico, com a porção mais profunda do setor deslocada para sul, junto à Restinga da Marambaia.

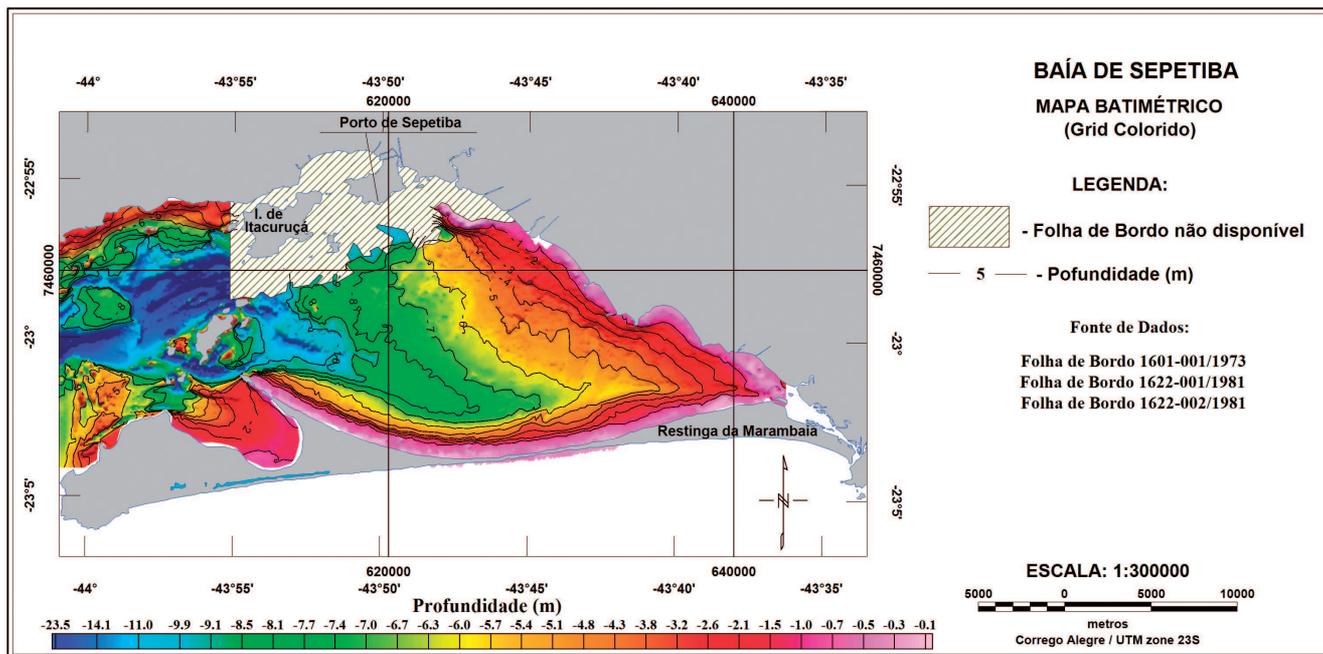


Figura 2 – Relevo de Fundo da Baía de Sepetiba (retirado de Villena, 2004).

Observa-se o cone de sedimentação do Rio Guandu nesta área, sendo destacado pela inflexão das isobatimétricas numa forma convexa na porção NE da baía. Os valores de gradiente são bem menores, indicando uma região mais suave, principalmente no centro da baía. A margem Norte apresenta alguns valores de gradiente elevados relacionados ao flanco do leque de deposição sedimentar dos rios que ali desembocam. A margem sul, por sua vez, junto à Restinga da Marambaia, mostra uma faixa contínua de elevado gradiente, desde a Ponta da Pombeba até a entrada dos Canais do Pedrinho, Pau Torto e Bacalhau. Estas características de relevo e gradiente denotam menor influência do embasamento e um maior controle do relevo pela sedimentação, cujo aporte principal se dá na margem norte-nordeste da baía através dos rios Guandu, Piracão, Piraquê e outros de menor importância. No fundo da baía, em seu extremo Leste, vemos o afunilamento em direção aos Canais do Pau Torto, Pedrinho e Bacalhau (Soares 1997), que fazem a comunicação com o Canal de Guaratiba, sendo notada inflexão pontiaguda das isobatimétricas na direção destes canais.

Cobertura Sedimentar

Os sedimentos são oriundos de fonte externa através da rede de drenagem fluvial que deságua na parte norte/nordeste da baía (Suguió *et al.* 1979), destacando-se o Rio Guandu, enquanto que a matéria orgânica resultante da produtividade do manguezal, os carbonatos gerados pela biota local, bem como a areia resultante da erosão da restinga, são considerados como oriundos de fonte interna (Brönnimann *et al.* 1981).

Pereira *et al.* (2003, 2004), define a distribuição textural dos sedimentos superficiais na baía (Figura 3). A distribuição dos sedimentos apresenta sedimentos arenosos na entrada da baía e canal central, onde as profundidades são maiores e as correntes mais intensas. Outra área de sedimentos arenosos pode ser observada na parte SE, parecendo estar relacionada às dunas da restinga e aos ventos de tempestade (quadrante S). Os depósitos transicionais (areia com lama e lama com areia) localizam-se na posição intermediária entre a entrada e o fundo da baía. Os depósitos de lama com areia entre o continente e a Ilha de Itacuruçá estão relacionados ao aporte fluvial de areia e menor intensidade da corrente oceânica de fundo, que possibilita a deposição da lama. Os

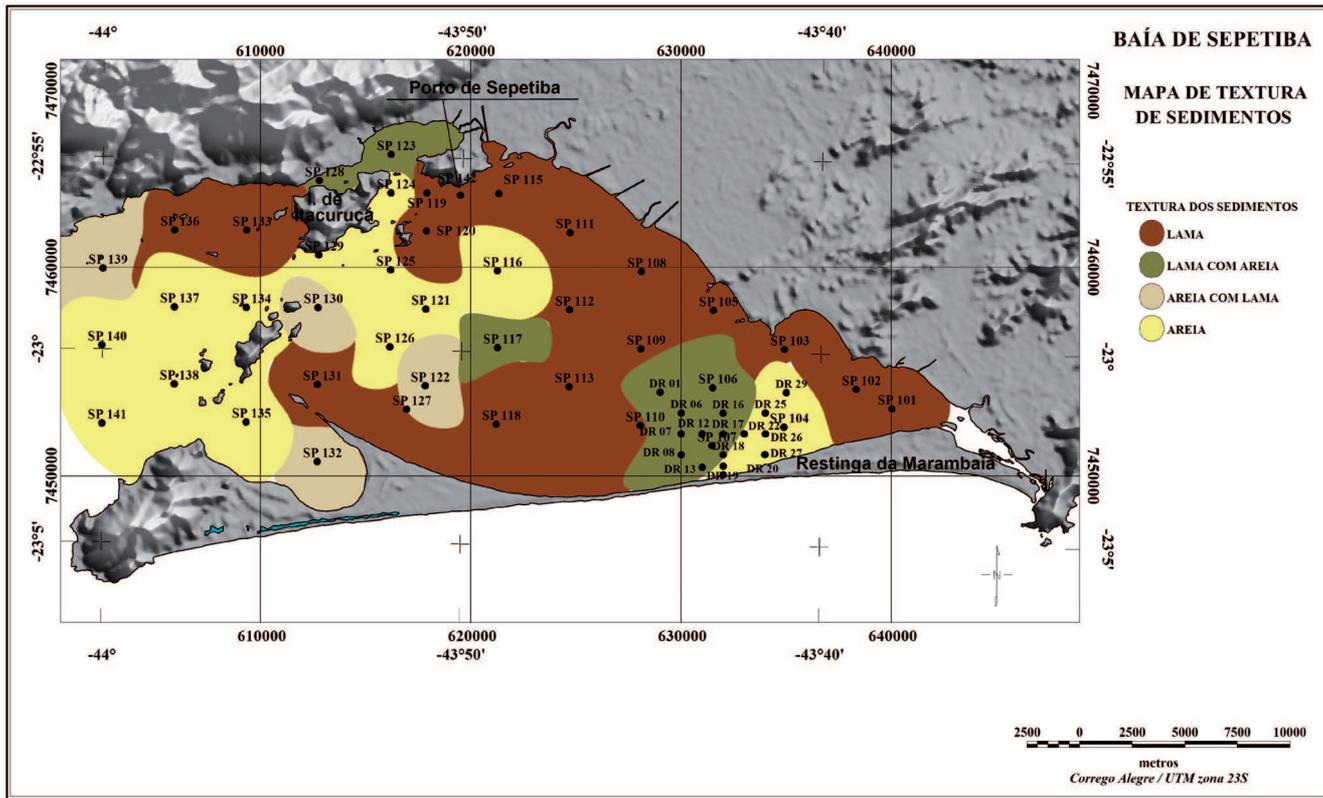


Figura 3 – Mapa de Distribuição Textural dos Sedimentos Superficiais da Baía de Sepetiba (retirado de Pereira *et al.* 2004).

sedimentos lamosos depositam-se nas áreas mais abrigadas e rasas do centro para o fundo da baía, com sua presença na área S-SW sendo devido à circulação local, que segundo Borges (1998) entra pelo canal central, contorna a baía passando pela desembocadura dos rios, e retorna pelo sul margeando a Ponta da Pombeba.

ETEP-ECOLOGUS/SEMA-RJ (1997) admite 3 fontes para os sedimentos que entram vindo do oceano: canais de Barra de Guaratiba (pouca expressão), região entre a Ilha Grande e o Morro da Marambaia; e Baía da Ilha Grande (penetram pelos canais de entrada da baía).

Circulação

No interior da Baía de Sepetiba, as correntes predominantes relacionam-se ao fenômeno de maré e, em certos locais, apresentam velocidades elevadas, podendo chegar a valores acima de 1,5 nós no canal principal, entre as ilhas de Jaguanum e Itacuruçá (DHN 1986). Os picos de velocidades máximas ocorrem próximo à metade do período de enchente ou vazante. FEEMA/GTZ (1998) acrescenta, além destes fatores, o

aporte de água doce através da bacia hidrográfica.

Segundo Luiz Carlos Ferreira da Silva (comunicação verbal), massas de águas frias e densas (ACAS – Água Central do Atlântico Sul), relacionadas à Corrente das Malvinas, adentram a baía junto ao fundo de seus canais principais na Porção Oeste. Próximo à desembocadura do rio Guandu, após sofrer processo de aquecimento no interior da baía, esta corrente ascende, contornando toda a baía e saindo pelos mesmos canais por onde entrou, agora pela superfície, gerando uma superposição de correntes.

Bronnimann *et al.* (1981) descreve uma circulação superficial, gerada por ventos, que se dispõe em forma de células de circulação. A corrente penetra pela entrada principal e segue costeando o litoral norte da baía, até a altura da desembocadura dos principais rios. Neste ponto, que coincide com o estreitamento da restinga, formam-se duas correntes, a primeira segue costeando o litoral nordeste da baía e a outra cruza a baía em direção à restinga, contra a qual se choca e bifurca-se, gerando uma corrente que segue, junto ao litoral sul da baía, para leste e outra que segue para oeste.

Stevenson *et al.* (1998), propõe uma circulação no interior da baía em forma de giro no sentido horário, tendo como base estudos de Bronnimann *et al.* (*op. cit.*) e Moura *et al.* (1982), além de dados de um dos flutuadores do Projeto Coroas, lançado na Corrente do Brasil (15m de profundidade) na latitude de 25°S, seguindo para SW até 28° 30' S, retornando para N mais próximo da costa, acompanhando a Corrente proveniente do sul, e penetrando na Baía de Sepetiba, efetuando o referido giro.

Ondas e Marés

O regime de ondas no interior da baía, segundo MULTISERVICE (1990 *apud* ETEP-ECOLOGUS/SEMA-RJ 1997), é dominado por ondas geradas pelo vento, basicamente os ventos de Leste, Sudeste e Nordeste.

A tabela I, vista abaixo, apresenta as alturas significativas das ondas obtidas pela aplicação dos modelos teóricos de Sverdrup e Neumann.

Tabela I – Características das ondas oceânicas que penetram na Baía de Sepetiba (retirado de MULTISERVICE, 1990, *apud* ETEP-ECOLOGUS/SEMA-RJ, 1997).

Vento (m/s)	Altura da Onda (m)	Período (s)	Velocidade (m/s)	Comprimento (m)
5,16	0,70	4,5	7,0	32
7,73	1,50	6,7	10,5	70
10,31	2,70	9,0	14,0	126
12,89	4,20	11,3	17,6	199
15,47	6,20	13,5	21,0	284

O regime de maré na baía, por sua vez, é do tipo micromaré (amplitudes inferiores a 2,0m) semidiurno, com desigualdade diurna. Os fatores que influenciam a maior ou menor defasagem dos períodos de maré são o contorno de costa e a batimetria da baía. A diferença de altura entre duas preamares ou duas baixa-mares sucessivas provoca correntes de intensidades diferentes (vazante e enchente) ETEP-ECOLOGUS/SEMA-RJ (1997).

Estudos da DHN (1986) definem a amplitude de maré da baía entre 1,1m (sizígia) e 0,3m (quadratura) com defasagem de tempo de 15 minutos entre a maré na entrada e no fundo da baía.

A Figura 4 mostra as curvas de maré, digitalizadas a partir de registros da Estação Maregráfica da Ilha

Guaíba, no período de coleta de dados de corrente de Baptista Filho (2004).

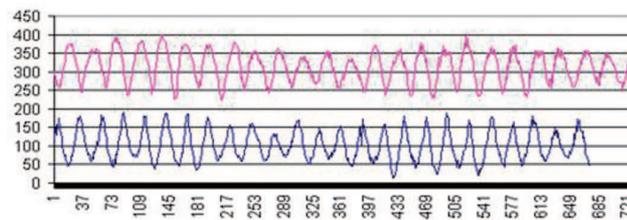


Figura 4 – Maregramas das campanhas de sizígia, representado na curva superior, e de quadratura, representado na curva inferior (retirado de Baptista Filho 2004).

Temperatura e Salinidade

A baía, segundo Carvalho *et al.* (1979, *apud* Silva, 2003), pode ser considerada como um volume d’água isotérmico, com temperaturas superficiais variando entre 20,5 e 23,5°C.

Miranda *et al.* (1977) baseado em perfilagem contínua de temperatura e salinidade, descreve uma frente salina entre a Ponta de Castelhanos, na Ilha Grande, e a Ponta Grossa da Marambaia, na Ilha da Marambaia.

Baptista Filho (2004), com base em 2 campanhas, uma na quadratura e outra na sizígia, em 4 pontos de coleta, mapeia as tendências (Figuras 5 a 8).

INDÍCIOS GEOLÓGICOS

Perfilagem Sísmica

Os estudos de perfilagens sísmica monocal, na região, tiveram início no final da década de 80, com o trabalho de Figueiredo *et al.* (1989). O trabalho desenvolvido pelo referido autor concentrou-se numa pequena área do cone de deposição do Rio Guandu, utilizando-se de um sistema UNIBOOM (Boomer).

Os resultados da interpretação sismoestratigráfica realizada por Figueiredo *et al.* (*op. cit.*) evidenciou quatro “unidades sísmicas” (Figura 09), que são descritas abaixo:

- Unidade Azul – a mais profunda das quatro, caracterizando-se por poucos refletores internos, sendo localmente limitada pelo embasamento.
- Unidade Roxa – situada acima da unidade azul, apresentando refletores internos, o que indica uma composição arenosa, conforme o autor. O topo

desta unidade é marcado por um refletor ondulado e contínuo, que a separa da seqüência sobreposta.

- Unidade Laranja – separa-se da unidade verde através de um refletor forte, contínuo e irregular. É composta por intercalações de areia e lama, com

espessura de aproximadamente 5m, conforme dados de testemunhagens realizadas pelo autor.

- Unidade Verde – caracterizada pela presença de refletores paralelos contínuos, com maior espessura ($\pm 8m$) na porção norte, em relação à porção sul.

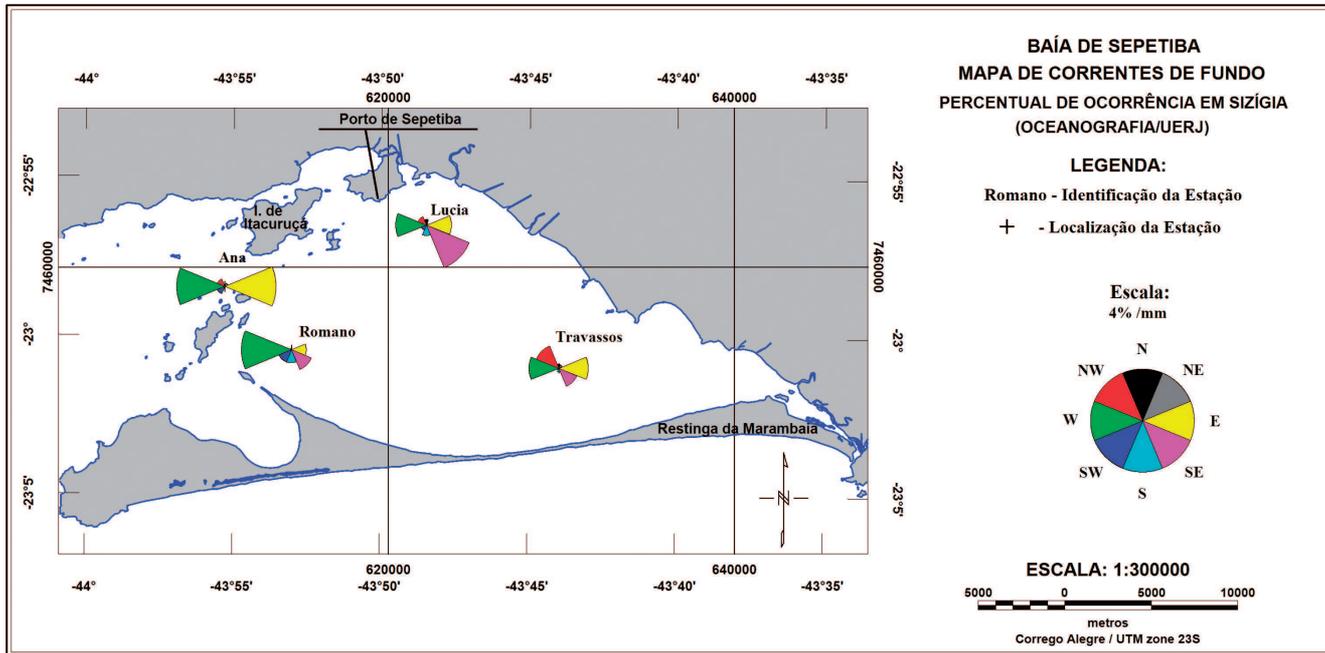


Figura 5 – Percentuais de ocorrência das direções (8 rumos geográficos) das correntes de fundo em maré de sizígia (retirado de Baptista Filho 2004).

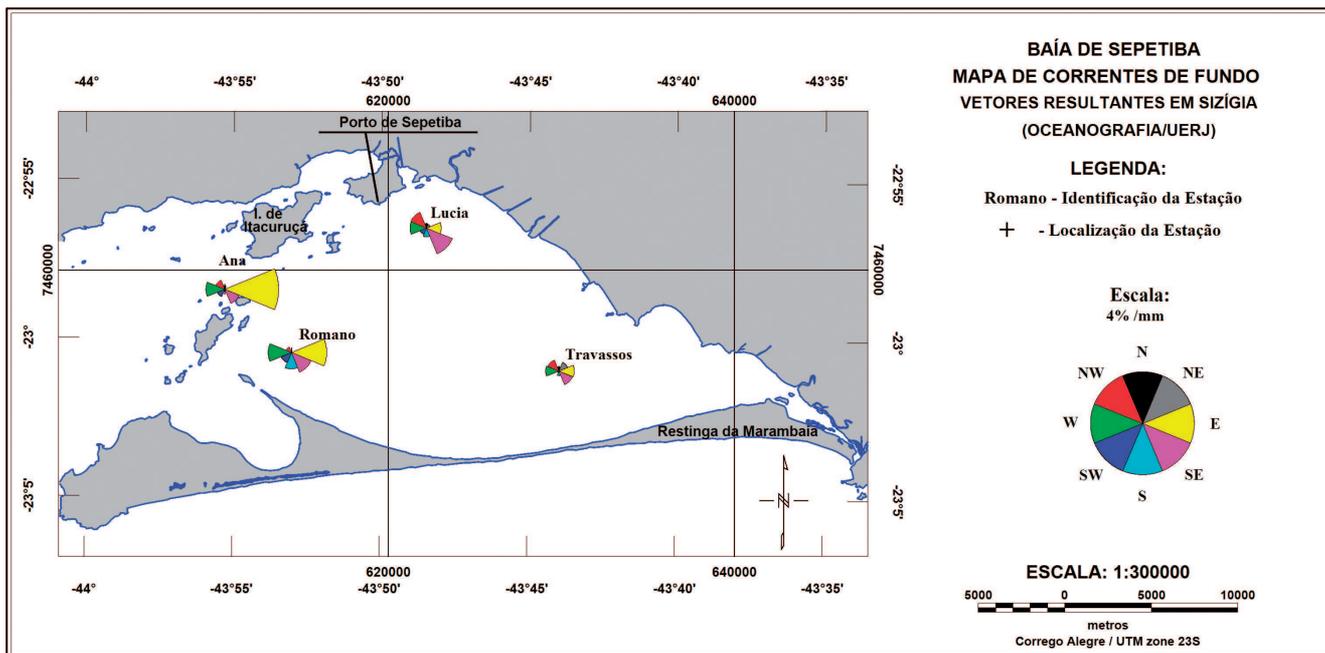


Figura 6 – Percentuais de ocorrência das direções (8 rumos geográficos) das correntes de fundo em maré de sizígia (retirado de Baptista Filho 2004).

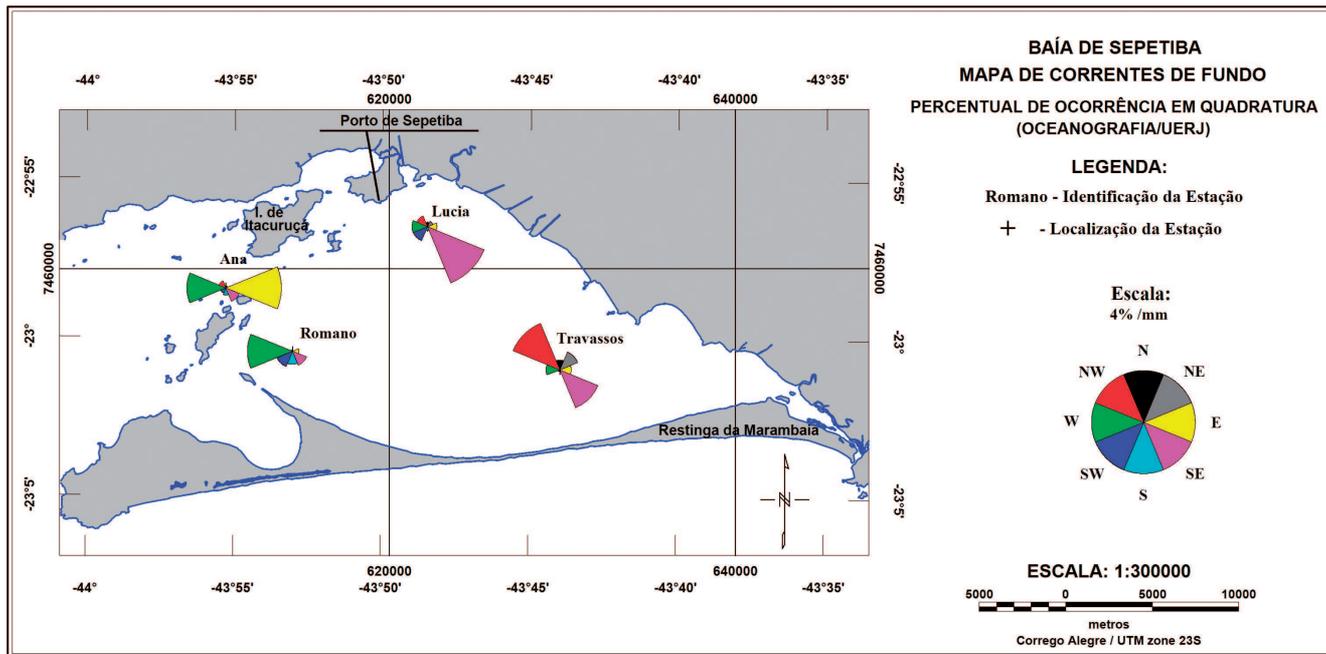


Figura 7 – Percentuais de ocorrência das direções por 8 rumos geográficos das correntes de fundo em maré de quadratura (retirado de Baptista Filho 2004).

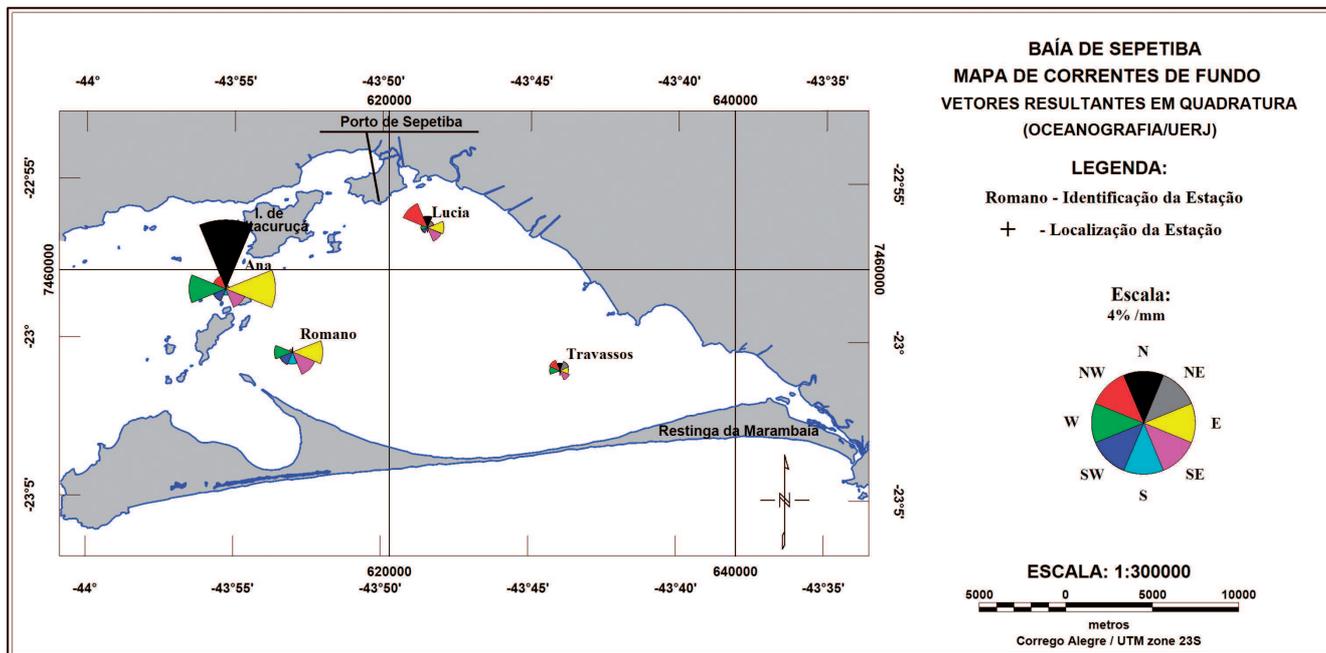


Figura 8 – Velocidades médias vetoriais nos 8 rumos geográficos dos dados

Encontrada preenchendo depressões e canais fluviais, sendo composta por sedimentos finos, de acordo com a testemunhagem feita pelo autor.

A interpretação de Figueiredo *et al.* (1989) é de que a unidade mais superficial (Verde) seja a mais recente, tendo sido depositada na última fase

transgressiva. As outras 3 unidades, localizadas abaixo da discordância erosiva observada, teriam sido depositadas em ambiente subaéreo, durante períodos de nível de mar mais baixo.

Borges (1998), com base em 41 perfis sísmicos de alta resolução (Figura 10), delimita 2 unidades

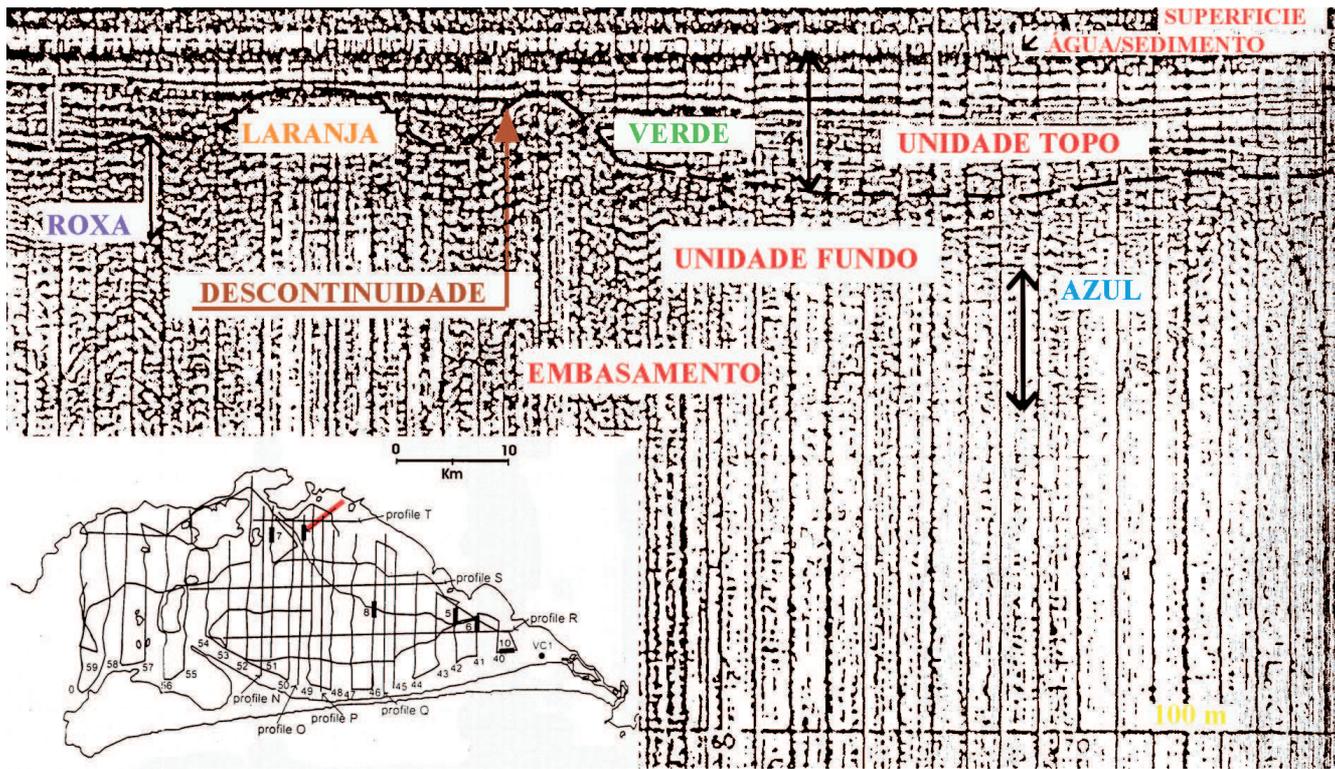


Figura 9 – Perfil sísmico indicando as unidades sismoestratigráficas verde, laranja, roxa e azul, com a respectiva localização no mapa (alterado de Borges 1998)

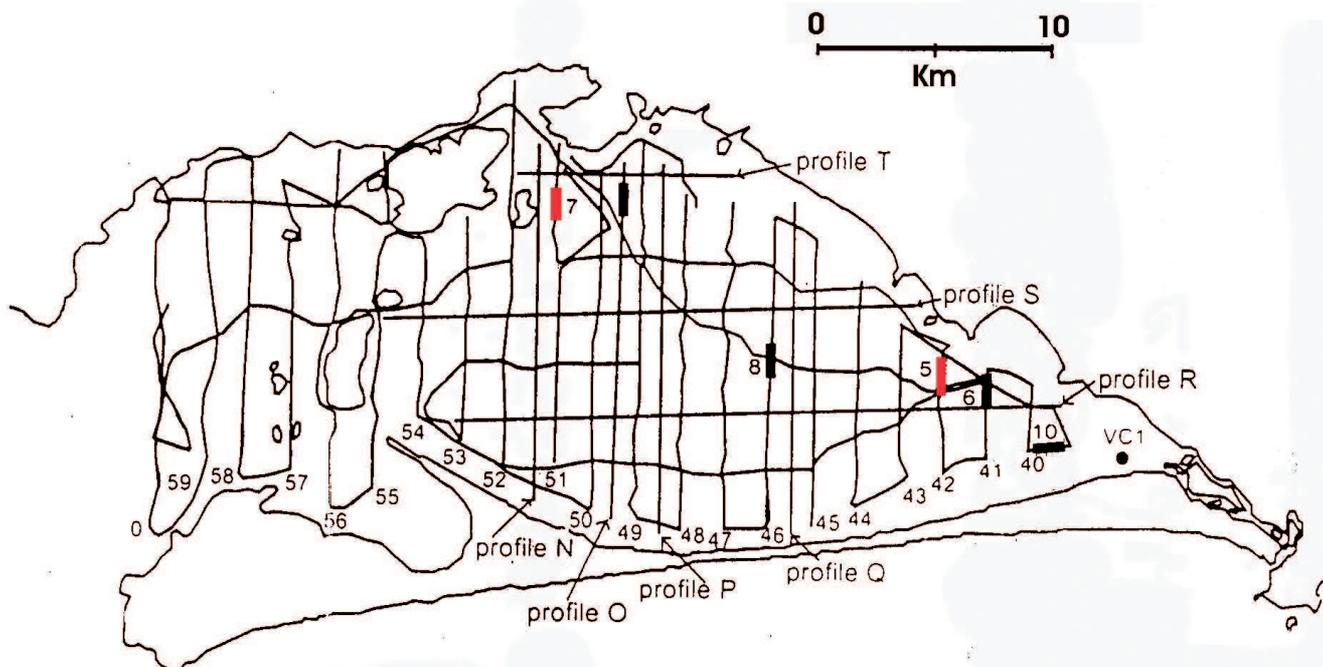


Figura 10 – Mapa de localização das linhas sísmicas realizadas por Borges, destacando-se os perfis A e B, além da testemunha VC1 (alterado de Borges 1998).

sismoestratigráficas na Baía de Sepetiba (TOPO e FUNDO), separadas por uma descontinuidade (Figura 12).

A descontinuidade foi mapeada em quase todos os registros sísmicos e delimita interface entre os sedimentos pré-holocênicos e os holocênicos (Figura 11).

A unidade TOPO distribui-se pela baía, com espessura de 9 a 11m na porção norte, afinando em direção à restinga. Dentro desta unidade (Figura 12) pode ser identificado o paleodelta do Rio Guandu.

O limite superior da unidade FUNDO, a discordância, representa o relevo aproximado da área há cerca de 6900 anos passados, conforme datação de fragmento de madeira coletada no testemunho VC1, logo abaixo da discordância (-3,17m).

Coleta de dados sísmicos, realizada em 27 de junho de 2005, utilizando perfilador de sub-fundo EDGETECH, modelo GEOSTAR Full-Spectrum, operando com frequências entre 2 e 10kHz, possibilitou a aquisição de 03 perfis sísmicos (Figura 13) para utilização no trabalho de tese em andamento.

A análise dos perfis L2, L3 e L4 permitiu confirmar a discordância descrita anteriormente por Figueiredo *et al.* (1989) e Borges (1998). Esta discordância separa sedimentos marinhos, localizados acima, de sedimentos não marinhos, localizados abaixo, depositados em nível de mar mais baixo, confirmando o descrito por Borges (*op. cit.*). Na Figura 14, é mostrado um trecho do perfil L4, sendo indicada a discordância, deixando nítidos os dois pacotes sedimentares, acima e abaixo dela.

TESTEMUNHAGEM

Entre os vários estudos realizados na Baía de Sepetiba e em sua área de entorno, valendo-se das mais variadas técnicas de testemunhagem, alguns se concentram na descrição da estratigrafia, quer seja pela granulometria dos sedimentos, quer seja pelo conteúdo micropaleontológico/palinológico, ou, ainda, pelas razões de isótopos estáveis. Em alguns casos, inclusive, sendo realizadas datações por C¹⁴ de restos vegetais ou conchas.

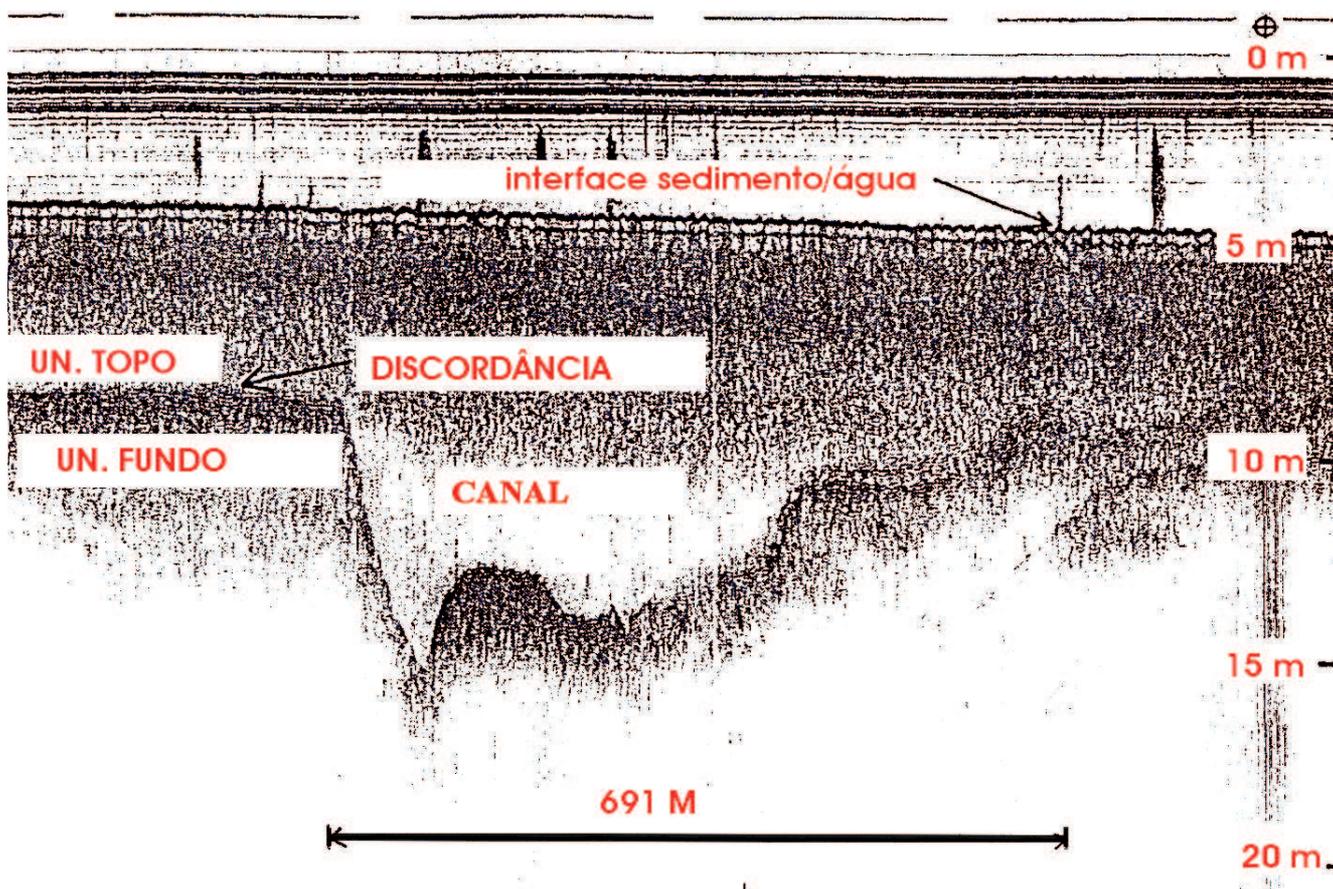


Figura 11 – Perfil sísmico A, no qual podemos identificar a discordância (alterado de Borges 1998).

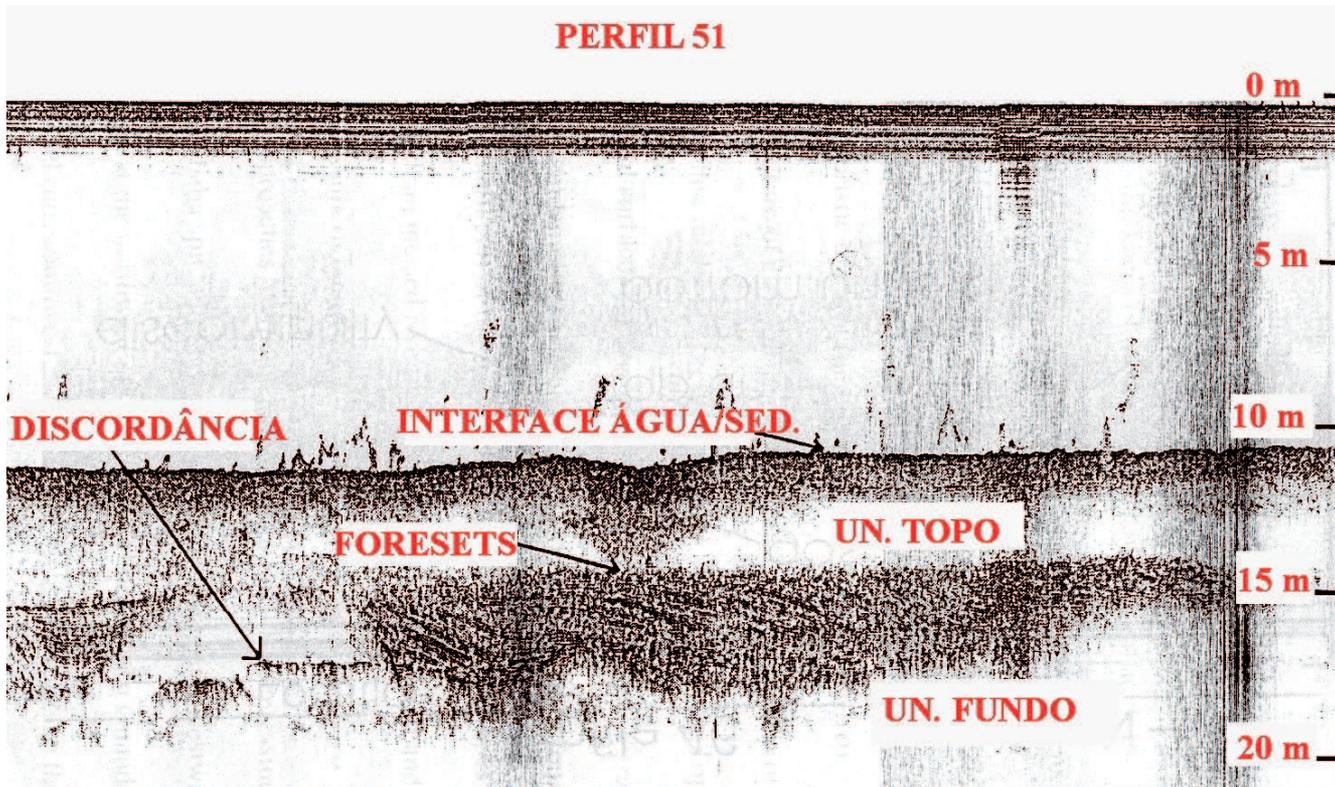


Figura 12 – Perfil sísmico B, no qual temos a unidade TOPO, na qual está destacado o paleodelta do Guandu, a descontinuidade e a unidade FUNDO (alterado de Borges 1998).

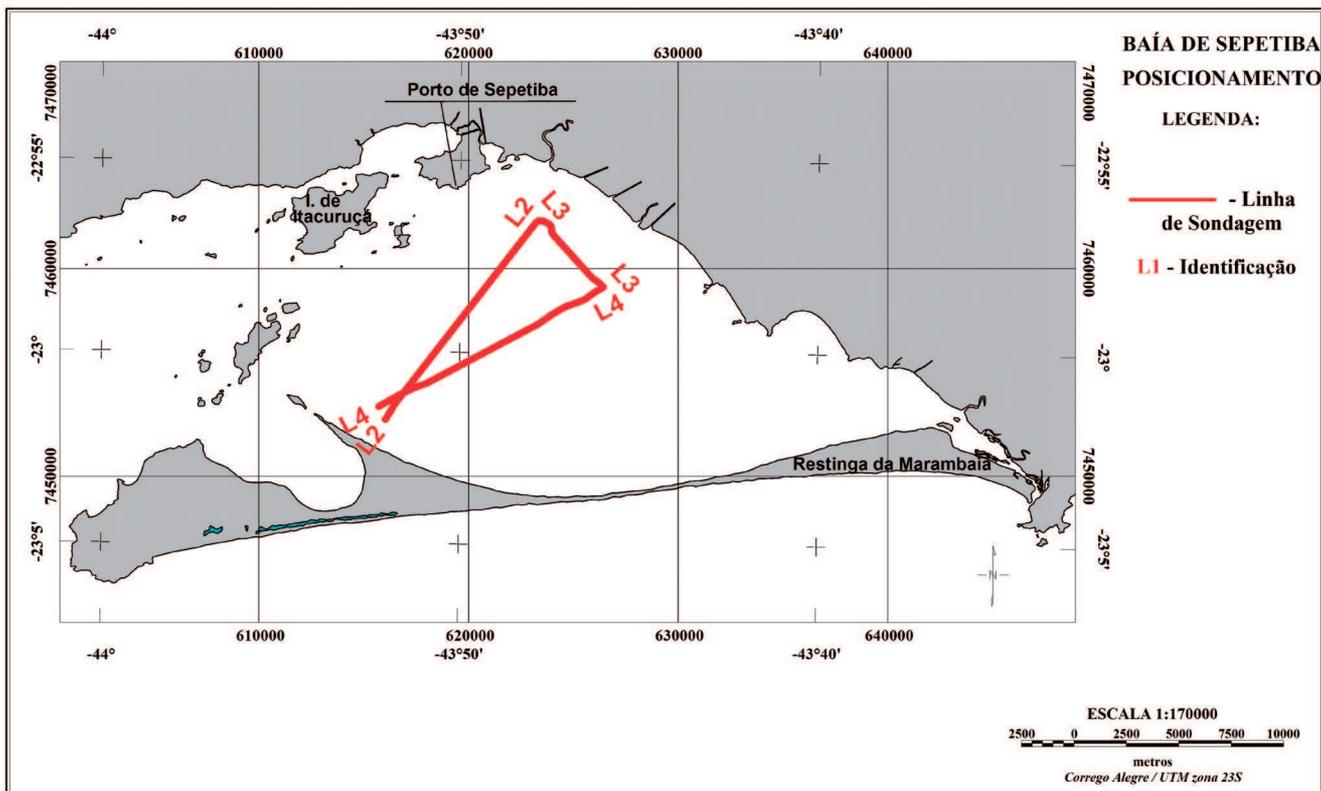


Figura 13 – Mapa de localização dos perfis sísmicos de alta resolução obtidos na campanha de 2005.

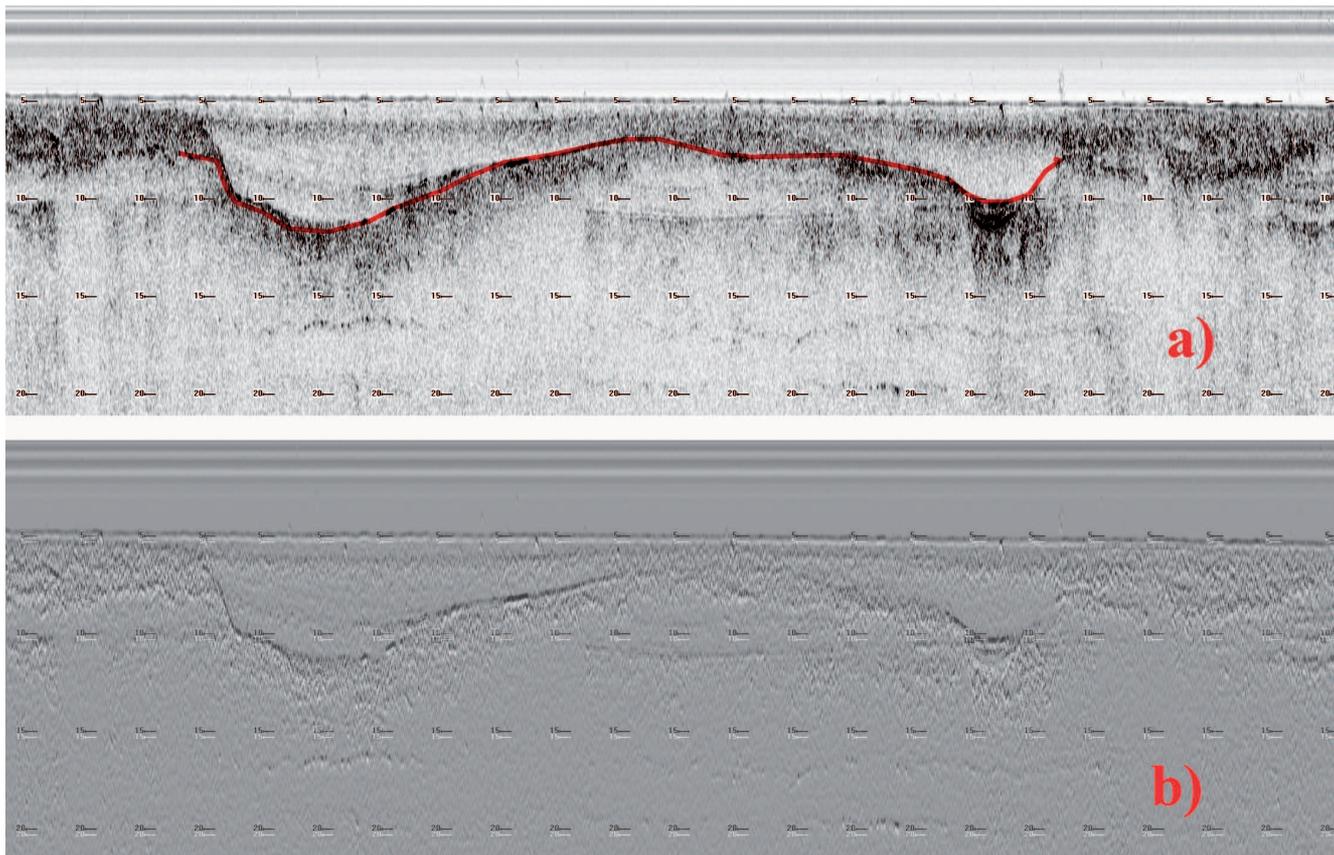


Figura 14 – Trecho do perfil sísmico de alta resolução L2: a) figura JPG na qual é delineada, a discordância que marca a subida do nível do mar; b) mesma figura, agora tratada no programa PHOTOSHOP com filtro EMOSS, o que destaca a discordância em alto relevo.

Dentre os vários trabalhos analisados foram selecionados os estudos de Pereira (1998), que coletou 7 testemunhos; Coelho (1999), que realizou estudo palinológico em um testemunho; Borges (1998), que coletou e analisou 7 testemunhos; Santos (2000), que procedeu a análise palinológica em um testemunho incluindo datação de concha coletada a 4,9m do topo do mesmo; Laut (2003), que procedeu à avaliação em um testemunho no que tange ao seu conteúdo de foraminíferos; Silva (2003), que efetua a descrição sedimentológica e análise de foraminíferos em testemunho coletado na porção central da baía; ECOLOGUS (2005), que apresenta a descrição de uma sondagem, objetivando a geologia de engenharia; e, Silva (2006), que realiza a avaliação da ocorrência de foraminíferos em 4 testemunhos coletados na Baía de Sepetiba.

Pereira (1998) encontrou em seus testemunhos a predominância de silte com níveis de areia muito fina (Figura 16).

A descrição do testemunho Bvc1 de Borges (op. cit.), que é apresentada na Figura 16, mostra uma discordância separando dois pacotes sedimentares distintos, denominados pela autora como “TOP” e “BOTTOM” em seu levantamento sísmico.

A unidade “TOP” tem espessura de 2,8m, sendo composta, segundo a autora, por “três ambientes sedimentares marinhos diferentes”:

1. Lama bioturbada com fragmentos de concha no topo;
2. Zona laminada característica de canal de maré;
3. Areia lamosa a lama na base da unidade.

A unidade “BOTTOM” localiza-se abaixo da discordância, estendendo-se até a base do testemunho (5,0m). Sua composição é de areia média, semiconsolidada com coloração marrom escura, caracterizando um ambiente de exposição subaérea, deixando nítida a ocorrência de variação no nível do mar.

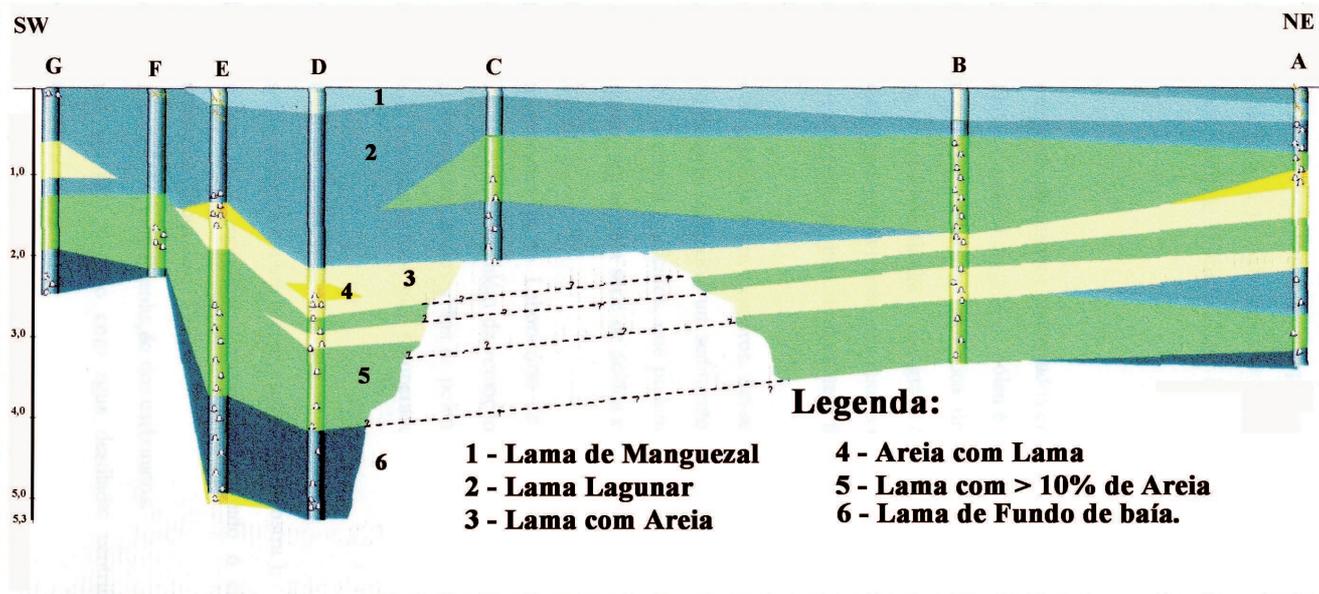


Figura 15 – Seção estratigráfica de perfil na planície sedimentar de Guaratiba, Baía de Sepetiba, RJ (alterado de Pereira 1998).

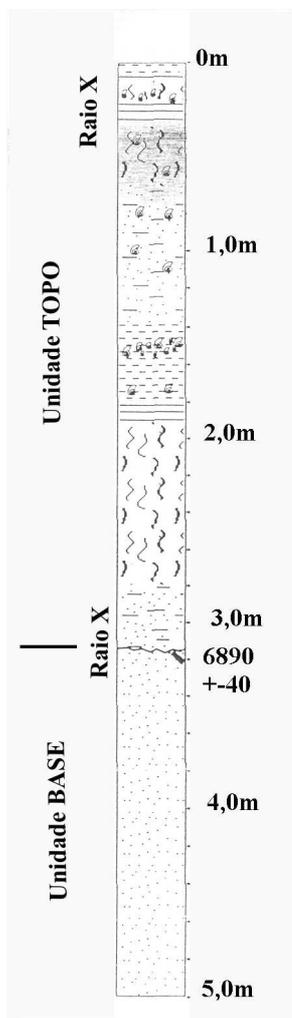


Figura 16 – Esquema descritivo do testemunho Bvc1, mostrando suas 2 unidades (alterado de Borges, 1998)

Os testemunhos coletados na Baía de Sepetiba (T01, T02, T03 e T04) foram selecionados com base em 03 perfis sísmicos de alta resolução realizados em 2005 (FIGURA 17).

T01 – Neste testemunho podemos observar uma primeira camada lamosa mais escura do topo até 0,5m, seguindo-se uma transição até 0,75m e depois uma camada de lama mais clara até 1,2m e, abaixo desta nova camada de lama mais escura com maior teor de areia;

T02 – Podemos notar neste testemunho uma camada superficial de lama, entre o topo e 0,15m, bem fluida. Abaixo segue uma predominância de composição mais arenosa.

Os resultados da granulometria destes dois testemunhos mostram a predominância de silte como principal constituinte do primeiro, com maiores percentuais de areia na base (44,2%), com a diminuição até o nível -80 cm (6,3%) e tendência de aumento (16,2%) a -60 cm. O segundo testemunho (T02) tem um percentual de areia maior, variando de 32,6% em 1,6m a 79,6% em 0,4m.

T03 – Este testemunho teve coloração bem escura, próxima do negro, em seus primeiros 0,15m, seguindo-se uma lama de coloração acastanhada, cuja compactação aumenta em direção à base, até a profundidade de 1,2m. Abaixo desta, e até 1,7m, temos segunda camada com uma lama mais compacta e escura.

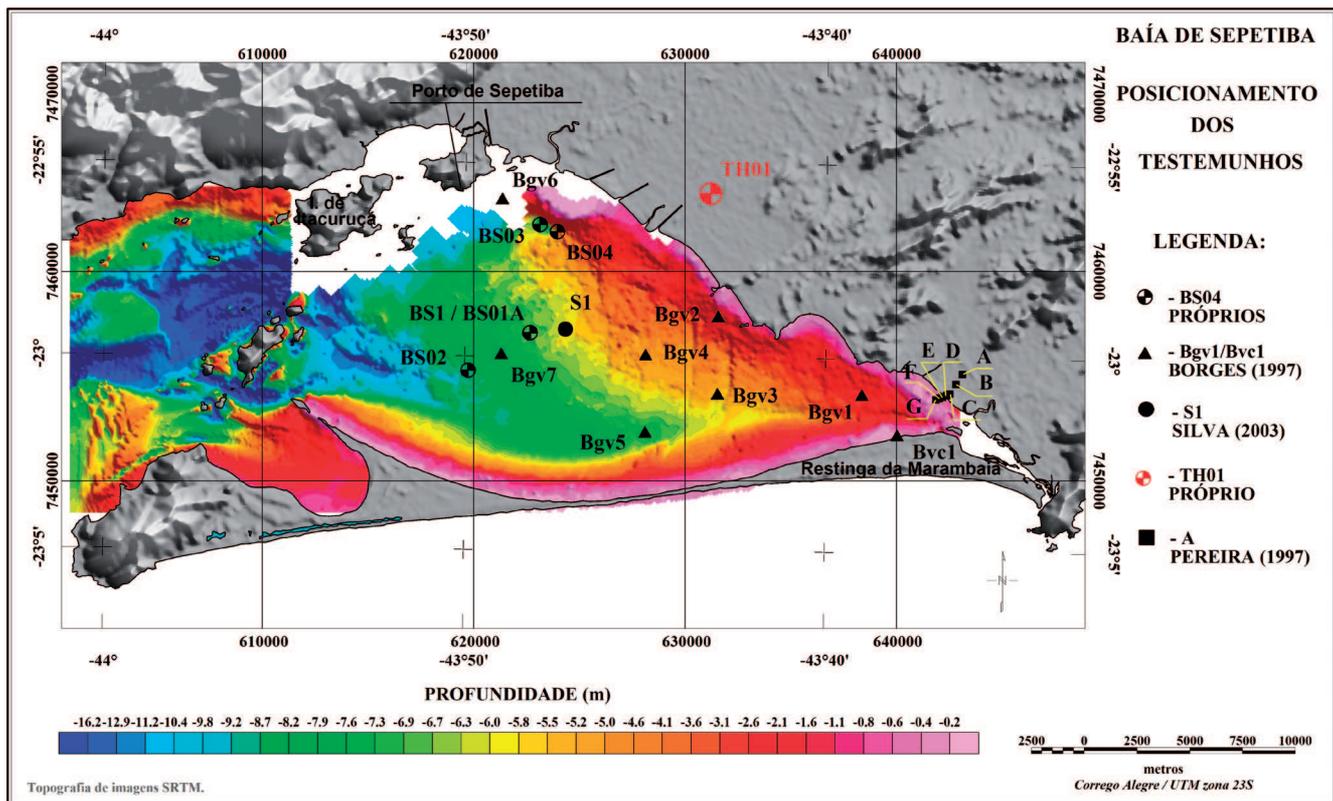


Figura 17 – Mapa de localização dos testemunhos coletados.

As análises granulométricas mostram predomínio da fração silte na totalidade do testemunho, o que se mostra coerente com a sua localização na porção final da frente de deposição do cone do rio Guandu. Os maiores percentuais de areia observados localizam-se na sua base (5% a 1,65m e 3,1 % no topo).

T04 – Este testemunho é composto, em sua totalidade de material com alto teor de areia, sendo a coloração um pouco mais escura, tendendo ao cinza, do topo até 0,7m, passando a uma coloração mais amarelada até 1,55m e depois voltando a escurecer até a base.

As análises granulométricas indicam a predominância da fração areia, sendo este o único testemunho a apresentar, embora em pequena quantidade, a fração cascalho. Aparentemente a coleta parece ter atingido a porção aflorante da camada arenosa holocênica anterior à deposição do cone atual. Entre 0,3m e 1,0m há uma nítida alteração na sedimentação, com aumento na contribuição de finos entre 1,0 e 0,7m, seguindo-se um aumento brusco no teor de areia em 0,6m e novo ciclo granodécrescente até 0,3m. A partir

deste nível a sedimentação se homogeneiza em termos de areia.

INDÍCIOS PALEONTOLÓGICOS E PALINOLÓGICOS

A biota característica de uma região reflete as condições ambientais reinantes no local em determinado momento. Esta constatação, sobre a importância do meio ambiente para a vida no planeta, tem levado a mudanças expressivas na forma de condução das pesquisas sobre a flora e a fauna, dando-se mais ênfase ao organismo inserido no contexto de seu ambiente.

Assim sendo, segundo Debenay *et al.* (1998), os estudos de distribuição de flora e fauna em estuários e baías, antes reportada como uma simples relação com a distância do mar, devido à salinidade e ao tempo de residência da água no sistema são, agora, executados de forma mais complexa, observando-se as múltiplas interações envolvidas (distância do mar, profundidade da coluna d'água, tipo de cobertura sedimentar, renovação de água, marés, correntes geradas pelos ventos, taxa de evaporação, etc.).

Em termos de fauna, os foraminíferos, organismos predominantemente marinhos, são observados no registro geológico desde o Cambriano, ocorrendo, atualmente, nos mais variados ecossistemas marinhos e costeiros (Silva, 2003).

Segundo Halvorson (2002), estes organismos são importantes nos estudos biológicos e estratigráficos por sua rapidez de resposta às mudanças ambientais, por serem abundantes, por seu ciclo de vida curto e pelo bom potencial de preservação de suas testas no sedimento marinho.

No universo da flora, destaca-se o estudo dos polens e esporos (Palinologia), com ênfase, principalmente, na composição e morfologia de suas paredes (Erdtman 1952; *apud* Silva 2003).

O estudo das assembléias de foraminíferos e de grãos de pólen/esporos nos sedimentos marinhos tem sido amplamente utilizado para a determinação de paleoambientes, paleoclima e paleogeografia (Halvorson 2002).

FORAMINÍFEROS

Vários estudos sobre foraminíferos foram executados na região da Baía de Sepetiba e seu entorno, entretanto, a maioria deles é taxonômico, ecológico ou restrito aos sedimentos superficiais.

Na Figura 5 temos a localização dos testemunhos A, B, E e F de Pereira (1998), utilizados por Laut (2003) e Silva (2003), S1 de Silva (2003) e BS02 e BS03 de Silva (2003).

Silva (2003), analisando testemunho (S1), com comprimento total de 2,34m, identifica 4 fases evolutivas na baía (Figura 18).

Laut (2003) realizou a avaliação do conteúdo de testas de foraminíferos em testemunho de 5,3 m de comprimento (testemunho E), coletado na Planície de Guaratiba.

O estudo identificou 8 biofácies, a saber:

BIOFÁCIES I – associação *Ammoastuta inepta* correspondente a um ambiente de estuário dominado por maré, semelhante à fácies mangue. Foraminíferos resistentes a grandes variações de salinidade.

BIOFÁCIES II – associação de *Textularia earlandi*, caracterizando um manguezal com maior influência marinha, maior densidade de espécies e presença de

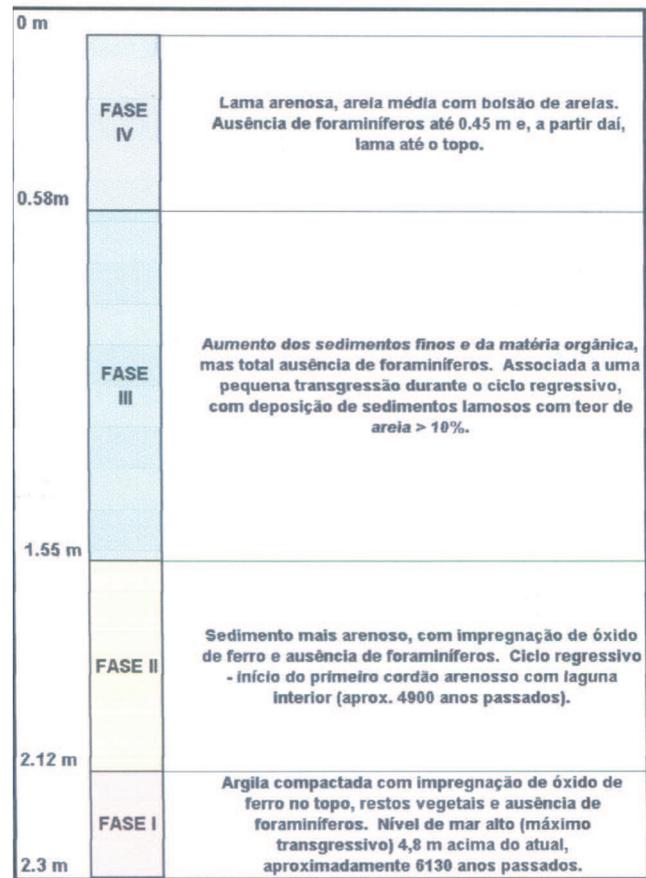


Figura 18 – Esquema mostrando o testemunho de Silva (2003), à esquerda, e a descrição das fases observadas à direita.

Textularia earlandi sem deformações, típica de alta salinidade.

BIOFÁCIES III – associação de *Ammoastuta salsa*, retratando um ambiente semelhante ao atual, porém, com maior influência de água doce ou grande dos parâmetros físico-químicos.

BIOFÁCIES IV – associação de *Elphidium atlanticum*. Está associada a um ambiente fluvial com ação de correntes. Menores números de espécies e de exemplares encontrados em todo o testemunho.

BIOFÁCIES V – associação de *Ammonia beccarii*, caracterizando um ambiente de deposição lagunar.

BIOFÁCIES VI – associação de *Elphidium atlanticum* apenas entre 3,2 e 3,6m, sem foraminíferos aglutinantes, caracterizando um ambiente de baía.

BIOFÁCIES VII – associação de *Triloculina oblonga*, tipificando uma baía mais rasa, passando a estuário.

BIOFÁCIES VIII - associação de *Elphidium galvatonensis*, indicando um ambiente de baía a plataforma interna.

A seguir, as indicações dos paleoníveis de mar descritos por Laut (*op. cit*):

- Primeiro nível marinho correspondendo a uma transgressão, com o mar subindo 4,8m acima do atual. Há a formação de uma baía de 10 a 40m de profundidade, o que é indicado pela presença de espécies calcáreas (BIOFÁCIES VIII), correspondendo ao máximo transgressivo holocênica (5100 anos passados).
- Segundo nível marinho, composto por uma baía um pouco mais rasa que a anterior, sendo marcada pela BIOFÁCIES VII.
- Primeiro nível regressivo, marcado pela BIOFÁCIES III, indicando um ambiente estuarino, correlacionando-se há 4900 anos passados.
- Novo evento transgressivo (\pm 3500 anos passados), com o nível do mar ficando a cerca de 3m acima do atual. Representa a BIOFÁCIES VI.

PALINOLOGIA

Os trabalhos de Pereira (1998) e Silva (2003) valem-se dos pólenes e esporos para a avaliação das oscilações climáticas holocênicas na região da Baía de Sepetiba.

Pereira (*op. cit.*), tendo como base a avaliação feita em testemunho coletado na planície de maré de Guaratiba (D na Figura 56), identifica 4 fases distintas:

- 1º Fase (5,3 a 4,5m) – caracterizada pela predominância de tipos polínicos de clima úmido;
- 2º Fase (4,5 a 3,0m) - composição polínica de clima mais seco
- 3º Fase (3,0 a 1,5m) - composição polínica volta a ter caráter mais úmido;
- 4º Fase (1,5 a 0,1m) – composição mostra-se muito alterada em relação às fases anteriores, podendo indicar a interferência antrópica na região.

Silva (2003), analisando um testemunho na planície costeira de Guaratiba (Testemunho E de Pereira, 2003), identifica cinco zonas, cujas descrições encontram-se

abaixo:

- Zona (6300 a 5700 anos passados) – composição polínica de clima tropical úmido;
- Zona 2 (5700 a 3800 anos passados) - composição polínica de clima mais úmido a menos úmido;
- Zona 3 (3800 a 1600 anos passados) - composição polínica de clima tropical mais úmido;
- Zona 4 (1600 a 700 anos passados) - composição polínica de clima frio e seco;
- Zona 5 (700 a 115 anos passados) - composição polínica de clima mais seco a úmido;
- Zona 6 (115 a 46 anos passados) - composição polínica de clima úmido com indícios de alterações devido à ação antrópica

As variações do nível do mar são uma realidade dentro do registro geológico e, no Período Quaternário, de fundamental importância na evolução sedimentar das planícies costeiras, das baías, e da plataforma continental de forma geral.

Como vimos, várias são as evidências das flutuações do nível do mar durante o Quaternário, com estudos desenvolvidos em todo o mundo, concentrando-se, principalmente, no período mais recente (Pleistoceno Superior/Holoceno).

Em termos de Brasil, vários são os trabalhos realizados em busca do estabelecimento de curva de variação do nível do mar.

Suguio *et al.* (2005) apresenta um resumo descritivo dos paleoníveis de mar observados desde 120000 anos passados, mas no presente trabalho nos detivemos nos últimos 18000 anos, época em que o nível do mar esteve 120 a 130 metros abaixo do atual, havendo, então o início da transgressão que “afogou” nossa plataforma continental.

Corrêa (1996) descreve, na plataforma do Rio Grande do Sul, indícios de paleoníveis de mar em -130 a -120m (17500 anos passados), -70 e -60m (11000 anos passados), -45 e -32m (9000 anos passados) e -25 e -20 m (8000 anos passados).

A transgressão iniciada há cerca de 17500 anos, inicialmente conhecida como Flandriana, hoje denominada Santista, conforme Suguio (2005), ultrapassou o nível de mar atual há cerca de 7000 anos. O máximo transgressivo ocorreu há cerca de 5500, atingindo 3 a 5m acima do que temos hoje, conforme

Suguio (2005).

Até este ponto da evolução das curvas de variação do nível do mar no Holoceno há um consenso na bibliografia. A partir deste máximo começam as divergências.

Alguns autores (Martin & Suguio, 1989; Suguio & Tessler 1992, Suguio *et al.* 2005) consideram que a partir do máximo transgressivo holocênico (5100 a 5500 anos passados) houve uma redução progressiva e gradual do nível do mar, havendo indícios de um evento regressivo, com mínimo há aproximadamente 3800 anos atrás (1,5 a 2m abaixo do atual). Há 3000 anos atrás, aproximadamente, ocorreu nova elevação, atingindo 2 a 3m acima do atual, abaixando por volta de 2800 anos, subindo novamente para 1,5 a 2m acima do atual. A partir de então, o que se observa no registro geológico é o abaixamento contínuo e gradual.

Ângulo & Lessa (1997) questionam as oscilações após o Máximo transgressivo, considerando que seriam fruto de datações realizadas em material não confiável, oriundo de sambaquis. Os indícios arqueológicos, como visto anteriormente, servem apenas, para indicar uma posição máxima, além da qual o mar não esteve. Na Figura 65, mostrada acima, podemos observar a curva de variação do nível do mar proposta por Angulo & Lessa (1997).

Com referência à Baía de Sepetiba, o problema está na ausência de estudos voltados ao estabelecimento de uma curva de variação do nível do mar para a região. A curva mais próxima, estabelecida por Martin & Suguio (1989), é a de Angra dos Reis, que se apresenta incompleta para o período entre 5500 e 3800 anos passado.

O que se tem disponível para a Baía de Sepetiba são indícios indiretos, não localizados plenamente no universo tetradimensional (x, y, z, t), a partir de dados sísmicos e de sedimentologia, micropaleontologia (foraminíferos, polens e esporos), isótopos estáveis e arqueológicos.

Pereira (op. cit.) realizou, no testemunho E, análise granulométrica, micropaleontológica, de isótopos estáveis, além de datação. Sua descrição textural é mostrada, bem como os resultados obtidos com relação aos ciclos transgressivos e regressivos. O primeiro ciclo, definido a partir da base do testemunho até 3,0m, tem idade inicial de aproximadamente 6130 ± 40 anos

passados, conforme datação de concha encontrada na base do testemunho. Este ciclo enquadra-se perfeitamente, por sua idade, nas curvas de variação de nível do mar disponíveis, bem como coincide com o resultado de Borges (1998) que mapeou na sísmica uma discordância erosiva subaérea, datando-a em 6890 ± 40 . Entre 3m e 2,1m estabelece-se um ciclo regressivo, com um transgressivo logo a seguir, até 1,0m. Acima de 1m há o rebaixamento gradual contínuo em um ciclo regressivo.

Santos (2000), analisando o mesmo testemunho quanto ao seu conteúdo palinológico, define uma zonação de ciclos transgressivos e regressivos, iniciando com elevação do nível do mar (transgressão) entre a base e o nível 3,7m. Segue-se então, uma regressão até 2,4m, quando um novo pulso transgressivo se instala até 1,95m. Neste ponto inicia-se uma regressão, até o nível 0,6m, dentro do qual a autora reconhece, entre 1,35 e 0,9m, a “Pequena Idade do Gelo”, período no qual ocorreu, durante o século XVI, uma queda de temperatura fora dos padrões médios observados pelo homem civilizado.

Laut (2003), valendo-se de material do mesmo testemunho, realiza estudo do conteúdo de foraminíferos, apresentando, também, sua interpretação quanto aos ciclos de regressão e transgressão. O ciclo basal, assim como nos trabalhos dos demais autores, é transgressivo até 3,8m, quando há a indicação de uma pequena regressão até 3,6m. Acima deste pulso, até a cota de 3,0m, ocorre uma transgressão e, depois, novo ciclo regressivo até 2,6m. Posteriormente, até 1,4m, ocorre uma nova transgressão até o nível de 0,2m. No resto do testemunho, até o topo, começa o pacote atual.

A visualização da litologia do testemunho E (Figura 65), analisado por Pereira (1998), mostra uma “areia com lama” na base, até 5,1m aproximadamente. A idade deste pacote é inferida em mais de 6130 ± 40 anos passados, tendo como base a datação C^{14} em concha encontrada no testemunho D, em camada de lama idêntica a que se sobrepõe a este estrato aqui. Acima desta areia temos um ciclo granocrescente ascendente, caracterizado por uma “lama de fundo de baía”, que se estende até 3,9m, seguida de: “lama com >10% de areia”, até 2,1m; “lama com areia” até 1,65m e, fechando o ciclo, nova camada de “areia com lama”, até 1,5m. Sobrepondo este ciclo, temos uma “lama lagunar” até 0,2m e, por fim, uma “lama de manguezal” até o topo do testemunho.

A bibliografia consultada apresentou quatro datações por C^{14} : Kneip & Pallestrinni (1987), Pereira (1998), Borges (1998) e Santos (2000). Em seus trabalhos, nenhum dos autores responsáveis pelas datações utilizadas aqui, menciona correção para o fracionamento isotópico. Segundo Suguio *et al.* (1979) as amostras marinhas precisam ser corrigidas, somando-se 400 anos à datação encontrada. A título de avaliação, na Figura 19 temos a plotagem das datações após a aplicação da correção de fracionamento isotópico.

A datação de Pereira (1998), obtida em concha na base do testemunho D, segundo os ciclos de regressão e transgressão propostos pela autora, localiza-se em um ciclo transgressivo, exatamente onde é alocada, nas curvas de nível do mar, com ou sem correção.

A datação de Borges (1998), por sua vez, obtida de fragmento de madeira coletado logo abaixo da discordância erosiva, em ambiente de exposição subaérea,

indica um nível de mar abaixo do atual, localização que se enquadra nas curvas de nível do mar, com ou sem correção.

A datação de Santos (2000), também em concha, coletada na base do testemunho E, pertenceria a ciclo transgressivo. Sua plotagem nas curvas de variação de nível do mar está de acordo com isto, considerando-se ou não a correção de fracionamento isotópico do C^{14} .

Por fim, a datação de Kneip & Pallestrinni (1987) apresenta dois problemas, primeiro é realizada em um sambaqui, considerado um indicador não muito confiável, indicando somente o nível máximo onde o mar poderia ter estado e, em segundo lugar, foi realizada há mais tempo, numa época em que o método de datação era menos preciso, vide o erro estimado (± 160 anos). De acordo com a descrição de Kneip *et al.* (1984), a base do sambaqui, hoje a 1,5m acima do nível do mar, é um depósito arenoso, correspondendo a um nível de

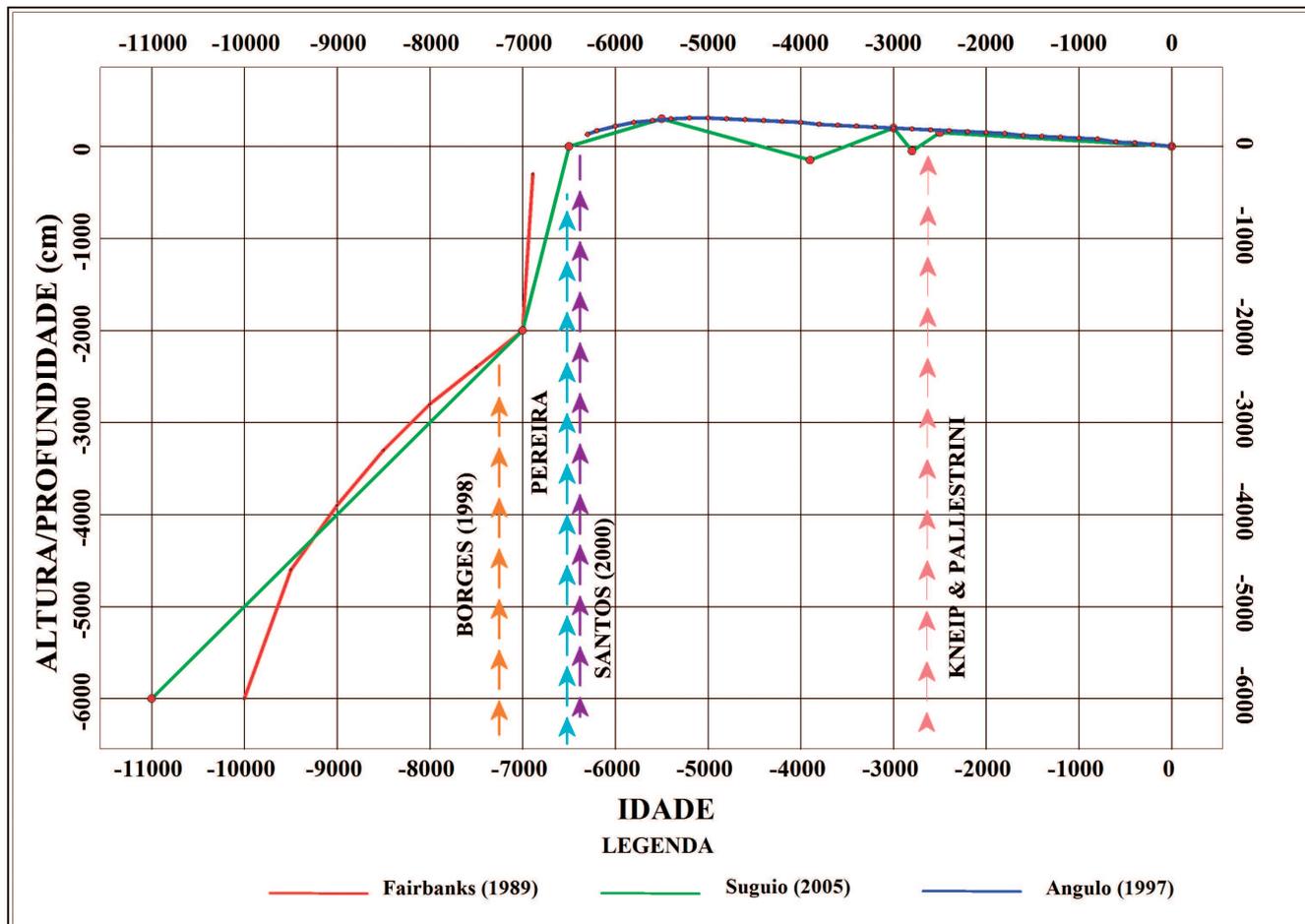


Figura 19 – Gráfico das curvas de variação do nível do mar para os últimos 11000 anos, com a indicação das posições das datações após a correção de fracionamento isotópico.

mar mais baixo que o atual. A datação mais antiga no sambaqui do “Zé Espinho” é de 2260 anos (± 160 anos).

A plotagem da datação, sem correção, de Kneip & Pallestrinni (op. cit.) na curva de nível do mar apresenta-se, tanto para a curva de Suguio (2005), quanto para a de Ângulo & Lessa (1997), em nível de mar acima do atual. Uma vez aplicada a correção de fracionamento isotópico do C^{14} , a plotagem coincide com um nível de mar mais baixo que o atual descrito por Suguio, em vários trabalhos, e demonstrado de forma indireta por Pereira (1998), Santos (2000), Silva (2003), Laut (2003) e Silva (2006).

CONCLUSÕES

De acordo com a pesquisa realizada, podemos concluir que:

1. A Baía de Sepetiba e seu entorno, composto por uma grande área de baixada, com diversos manguezais, tem sua evolução intimamente ligada às variações do nível do mar no Holoceno;
2. Vários são os indícios das flutuações holocênicas observados por vários autores, destacando-se, entre estes indícios, a discordância observada nos registros sísmicos, os ciclos deposicionais com suas características de granocrescência ascendente ou descendente, as assembléias de foraminíferos, os conteúdos palinológicos, os sambaquis e, em um estágio mais atual, como resposta mais imediata às flutuações dentro do tempo histórico, temos os efeitos erosivos e a migração do mangue sobre a planície de maré;
3. Os indícios observados na região da Baía de Sepetiba, apontam para ciclos alternados de transgressão e regressão que, embora pareçam defasados nas diferentes metodologias, com suas resoluções intrínsecas, agrupam-se de forma geral com duas transgressões e duas regressões;
4. A comparação dos resultados dos trabalhos de vários autores, associados aos resultados de dados coletados e processados ao longo do trabalho, levam a apreciar a curva proposta por Suguio em vários trabalhos, sendo o mais recente no ano de 2005, como a mais aplicável

aos estudos na região, enquanto uma curva local não for estabelecida;

5. A busca por dados mais específicos, concretos e confiáveis sobre os níveis de mar durante o Holoceno na região é fundamental, fazendo-se necessárias pesquisas específicas com o intuito de se estabelecer uma Curva de Variação do Nível do Mar na região. Há urgência, pois a área é sujeita à ação antrópica desordenada, o que pode destruir vários indicadores de posição do nível do mar no passado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÂNGULO, R.J. & LESSA, G.C. 1997. The Brazilian Sea-Level Curves: A Critical Review with Emphasis on the Curves from Paranaguá and Cananéia Regions. *Marine Geology*, nº 140, pp. 141-166.
- BAPTISTA FILHO, L.S. 2004. Capítulo 5: Oceanografia Física; in: *Caracterização Oceanográfica da Costa do estado do Rio de Janeiro: Trecho I – Baía de Sepetiba*. Relatório de Pesquisa a FAPERJ, Departamento de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. p. 41-81.
- BORGES, H. V. 1990. *Dinâmica Sedimentar da Restinga da Marambaia e Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Dissertação de Mestrado. 110pp.
- BORGES, H. V. 1998. *Holocene Geological Evolution of Sepetiba Bay and Marambaia Barrier Island, Brazil*. Tese de Doutorado, Marine Sciences Research Center, State University of New York in Stone Brook. 145pp.
- BRONIMANN, P.; MOURA, J.A. & DIAS BRITO, D. 1981. Ecologia dos Foraminíferos e microrganismos associados da área de Guaratiba/ Sepetiba: Modelo ambiental e sua aplicação na pesquisa de hidrocarbonetos. Relatório 3549, PETROBRÁS. 81pp.
- COELHO, L.G. 1999. *Seis mil Anos de Variações Climáticas e do Nível do Mar na Região da Baía de Sepetiba, RJ – Um Registro Palinológico*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis,

- Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 127pp.
- CORRÊA, I.C.S. 1996. Lês Variations du Niveau de la Mer Durant lês Derniers 17.500 Ans BP: L' exemple de la Plate-forme Atlantique Sud Brasilienne - Rio Grande do Sul, Brésil. **Marine Geology**, vol. 130, pp. 163-178.
- DEBENAY, J.; EICHLER, B.B.; DULEBA, W.; BONETTI, C. & EICHLER-COELHO 1998. Water Stratification in Coastal Lagoons: its Influence on Foraminiferal assemblages. **Marine Micropaleontology**, nº 35. pp. 67-89.
- DHN – **Roteiro da Costa Sul**. 1986. Marinha do Brasil, Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN. 317pp.
- ECOLOGUS. 2005. **Estudo de Impacto Ambiental do Terminal Portuário Centro Atlântico**. Versão digital (CD).
- ETEP-ECOLOGUS/SEMA-RJ. 1998. Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba Relatório R-5 TOMO I Volume I “**Caracterização e Diagnóstico dos Componentes Físicos da Bacia de Baía de Sepetiba – Setembro de 1998**”. SEMA-RJ. Mídia Digital (CD).
- FEEMA/GTZ. 1998. **Avaliação da Qualidade da água da Bacia da Baía de Sepetiba – outubro de 1995/ julho de 1998**. Mídia Digital (CD).
- FIGUEIREDO Jr., A.G. IVO, F.C.; GUIRO, P.P.; GALEA, C.G.; BORGES, H.V. and DUQUE, H. 1989. Estratigrafia Rasa da Baía de Sepetiba – RJ. **I Congresso da sociedade Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro. pp 786 – 791.
- HALVORSON, H.O. 2002. Monitoring in Coastal Environments using foraminífera and thecamoebian indicators. D.B. Scott, F.S. Medioli, C.T. Schaefer; Cambridge University Press, Cambridge, 2001, 177pp. **Book review/Marine Pollution Bulletin**, nº 44. pp 82-84.
- KNEIP, L.M. 1987. Introdução. In: KNEIP, L.M.; FERREIRA, A.M.M.; OLIVEIRA, M.V.; ARAÚJO, D.S.D.; PALLESTRINNI, L.; CHIARA, P.; CRANCIO, F.; AGUIAR, N.V.O.; OLIVEIRA, D.V.; SAMIS, A.; MELLO, E.M.B.; CORRÊA, M.M.G.; ZWINK, W.; BRUM, I.N.S. & VOGEL, M.A.C. – **Coletores e Pescadores Pré-históricos de Guaratiba - Rio de Janeiro**. Editora da UFRJ e EDUFF. pp 10-17.
- KNEIP, L.M.; MONTEIRO, A.M.F.; PALLESTRINNI, L. & CRANCIO, F. 1984. Informação sobre Sambaquis na Planície de Marés de Guaratiba – Rio de Janeiro. In: Lacerda L.D.; Araújo, D.S.D.; Cerqueira, r. & Turq, B. – **Restingas: Origem, Estrutura e Processos**. CEUFF. pp. 147-155.
- KNEIP, L.M. & PALLESTRINNI, L. 1987. Arqueologia: Estratigrafia, Cronologia e Estruturas do Sambaqui do Zé Espinho. In: KNEIP, L.M.; FERREIRA, A.M.M.; OLIVEIRA, M.V.; ARAÚJO, D.S.D.; PALLESTRINNI, L.; CHIARA, P.; CRANCIO, F.; AGUIAR, N.V.O.; OLIVEIRA, D.V.; SAMIS, A.; MELLO, E.M.B.; CORRÊA, M.M.G.; ZWINK, W.; BRUM, I.N.S. & VOGEL, M.A.C. – **Coletores e Pescadores Pré-históricos de Guaratiba - Rio de Janeiro**. Editora da UFRJ e EDUFF. pp 89-141.
- KNEIP, L.M.; FERREIRA, A.M.M.; ARAÚJO, D.S.D.; MELLO, E.M.B.; VOGEL, M.A.C. & AGUIAR, N.V.O. 1987. Considerações Finais. In: KNEIP, L.M.; FERREIRA, A.M.M.; OLIVEIRA, M.V.; ARAÚJO, D.S.D.; PALLESTRINNI, L.; CHIARA, P.; CRANCIO, F.; AGUIAR, N.V.O.; OLIVEIRA, D.V.; SAMIS, A.; MELLO, E.M.B.; CORRÊA, M.M.G.; ZWINK, W.; BRUM, I.N.S. & VOGEL, M.A.C. – **Coletores e Pescadores Pré-históricos de Guaratiba - Rio de Janeiro**. Editora da UFRJ e EDUFF. pp 245-257.
- LAUT, L.L.M. 2003. **Biofaciologia, Relações Ecológicas e Paleocológicas de Foraminíferos Bentônicos Recentes da Planície de Maré de Guaratiba, Rio de Janeiro**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Dissertação de Mestrado. 147pp.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K. 1989. Excursion Route along the Brazilian Coast between Santos (State of São Paulo) and Campos (North of State of Rio de Janeiro). International Symposium on Global Changes in South América During the Quaternary – São Paulo, Brazil – **Special Publication nº 2**, 136pp.
- MIRANDA, L.B.; IKEDA, Y.; FILHO, B.M.C. & FILHO, N.P. 1977. Note on the occurrence of a Saline Front in the Ilha Grande (RJ) Region.

- Boletim Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo Vol. 26** - pp 249 - 256.
- MOURA, J.A.; DIAS BRITO, D. & BRONNIMANN, P. 1982. Modelo Ambiental de Laguna Costeira Clástica – Baía de Sepetiba, RJ. **Atas do IV Simpósio de Geologia do Brasil**. Pp 135-152.
- PEREIRA, S. D. 1998. **Influência da variação relativa do nível do mar no manguezal de Guaratiba – Baía de Sepetiba – RJ**. Tese de Doutorado. Centro de Geologia Costeira e Oceânica. UFRGS. 133 p.
- PEREIRA, S. D.; VILLENA, H.H.; BARROS, L.C. LOPES, M.B., PANAZIO, W. & WANDECK, C. 2003. Baía de Sepetiba: caracterização sedimentar. Arquivo Digital (CD) do IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário.
- PEREIRA, S. D. 2004. Capítulo 4: Item 4.2 Sedimentos de Fundo; in: **Caracterização Oceanográfica da Costa do estado do Rio e Janeiro: Trecho I – Baía de Sepetiba**. Relatório de Pesquisa à FAPERJ, Departamento de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, p. 31-40.
- SANTOS, D. S. 2000. Análise Palinológica como Ferramenta de Interpretação de Oscilações Climáticas, Ambientais e do nível do mar na Baía de Sepetiba, RJ. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Dissertação de Mestrado. 85pp.
- SANTOS, P.O. 2003. **Bioestratigrafia, Biofaciologia, Relações Ecológicas e Paleoecológicas na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, com Base na Associação de Foraminíferos Bentônicos**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 168pp
- SILVA, J.K. 2006. **Paleoecologia de Foraminíferos Bentônicos do Holoceno Superior da Baía de Sepetiba**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Dissertação de Mestrado. 166pp.
- SOARES, M.L.G. 1997. **Estudo da Biomassa Aérea de Manguezais do Sudeste do Brasil – Análise de Modelos**. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 2Vol.
- STEVENSSON, M. R.; DIAS-BRITO, D.; STECH, J. L. & KAMPEL, M. 1998. How do Cold Water Biota Arrive in a Tropical Bay near Rio de Janeiro, Brazil. **Continental Shelf Research**, nº 18. pp 1595-1612.
- SUGUIO, K.; ANGULO, R.; CARVALHO, A.L.; CORRÊA, C.S.; TOMAZELLI, L.J.; WILLWOCK, J.A. & VITAL, H. 2005. Paleoníveis de Mar e Paleolinhas de Costa. In: In: Teixeira, W.; Toledo, M.C.M.; Fairchild, t.r. & Taioli, F., Organizadores – **Decifrando a Terra – Capítulo 6**. Oficina de Textos ltd. Pp 115-129.
- SUGUIO, K.; VIEIRA, E.M.; BARCELLOS, J.H. & SILVA, M.S. 1979. Interpretação Ecológica dos Foraminíferos de sedimentos modernos da Baía de Sepetiba e Adjacências, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geociências**, nº 9 (4) p. 233-247.
- SUGUIO, K. & TESSLER, M.G. 1992. Depósitos quaternários da Planície Costeira de Cananéia-Iguape/SP. **Instituto Oceanográfico da USP, Publicação Especial nº 9**. 33pp.
- SUGUIO, K.; ANGULO, R.; CARVALHO, A.L.; CORRÊA, C.S.; TOMAZELLI, L.J.; WILLWOCK, J.A. & VITAL, H. 2005. Paleoníveis de Mar e Paleolinhas de Costa. In: In: Teixeira, W.; Toledo, M.C.M.; Fairchild, t.r. & Taioli, F., Organizadores – **Decifrando a Terra – Capítulo 6**. Oficina de Textos Ltd. Pp 115-129.
- VILLENA, H. H. 2003. Baía de Sepetiba: Considerações Geológicas e Oceanográficas com Base em Dados Batimétricos e Sedimentológicos. **Anais do IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**, Mídia Digital (CD). 4pp.
- VILLENA, H. H. 2004. Capítulo 4: Item 4.1 Batimetria; in: **Caracterização Oceanográfica da Costa do estado do Rio e Janeiro: Trecho I – Baía de Sepetiba**. Relatório de Pesquisa à FAPERJ, Departamento de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, p. 20-29.





CAPÍTULO III

SEDIMENTAÇÃO QUATERNÁRIA NA PLANÍCIE COSTEIRA DE JACAREPAGUÁ E GUARATIBA (ESTADO DO RIO DE JANEIRO)





SEDIMENTAÇÃO QUATERNÁRIA NA PLANÍCIE COSTEIRA DE JACAREPAGUÁ E GUARATIBA (ESTADO DO RIO DE JANEIRO)

Egberto Pereira¹, Paola Margareth Corpas Braga¹, Carolina Torres Mendes¹ e Sérgio Bergamaschi¹

RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade aprofundar os conhecimentos sobre os diferentes processos sedimentares atuantes na dinâmica sedimentar holocênica registrada na Baía de Sepetiba e na sedimentação quaternária registrada na região da Baixada de Jacarepaguá, ambas localizadas na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro. Os resultados alcançados a partir do levantamento de seções transversais à linha costa, utilizando a técnica GPR (Ground Penetration Radar), permitiram visualizar três cordões litorâneos preservados no registro sedimentar: uma barreira antiga, posicionada junto aos maciços litorâneos, uma barreira interna e outra externa (praia atual) empilhados em um arranjo progradacional.

Palavras-chave: Baía de Sepetiba; Baixada de Jacarepaguá; análise estratigráfica; sistema de ilhas-de-barreira; GPR-Ground Penetration Radar

ABSTRACT

This study aims to deepen the knowledge about the different sedimentary processes active in the holocene sedimentary dynamics registered in the Sepetiba Bay and in the quaternary sedimentation

recorded in the Jacarepaguá lowland region, both located in the west region of the Rio de Janeiro city. The results from the surveys of cross sections to the coast line, performed using the GPR (Ground Radar Penetration) technique, allowed to identified three barriers preserved in the sedimentary record: an ancient, positioned next to coastal ridge, one internal and one external barrier (actual beach) stacked in a progradational arrangement.

Key words: Sepetiba Bay; Jacarepaguá Lowlands; stratigraphic analysis; barrier island systems, GPR-Ground Penetration Radar

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por finalidade aprofundar os conhecimentos sobre os diferentes processos sedimentares atuantes na dinâmica sedimentar holocênica registrada na Baía de Sepetiba e na sedimentação quaternária registrada na região da Baixada de Jacarepaguá, ambas localizadas na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro, no contexto de uma ótica estratigráfica moderna, onde os registros sedimentares preservados nestas áreas estão vinculados ao balanço existente entre o influxo sedimentar e a criação de espaço deposicional.

1. Departamento de Estratigrafia e Paleontologia da Faculdade de Geologia da UERJ

Essas duas regiões do litoral do Rio de Janeiro encontram-se no contexto do Gráben da Guanabara (Figura 1), conforme proposto por Zalán & Oliveira (2005). Mais especificamente, a Baía de Sepetiba, segundo esses autores, localiza-se no Sub-Gráben Guandu-Sepetiba, enquanto que a Baixada de Jacarepaguá posiciona-se externamente ao limite sul do Gráben da Guanabara.

Aparentemente, os depósitos sedimentares da Baixada de Jacarepaguá encontram-se em um mesmo

contexto tectônico dos depósitos observados na Região dos Lagos podendo, assim, este segmento do litoral fluminense compor um gráben externo ao Gráben da Guanabara, posicionando-se como um segmento exumado dos grábens do Rifte Marinho.

A origem dessas feições geotectônicas estaria associada a um balanço isostático entre o soerguimento da Serra do Mar e a subsidência da Bacia de Santos durante o Neocretáceo e o Terciário (Macedo 1989, Pereira 1992, Zalán & Oliveira 2005).

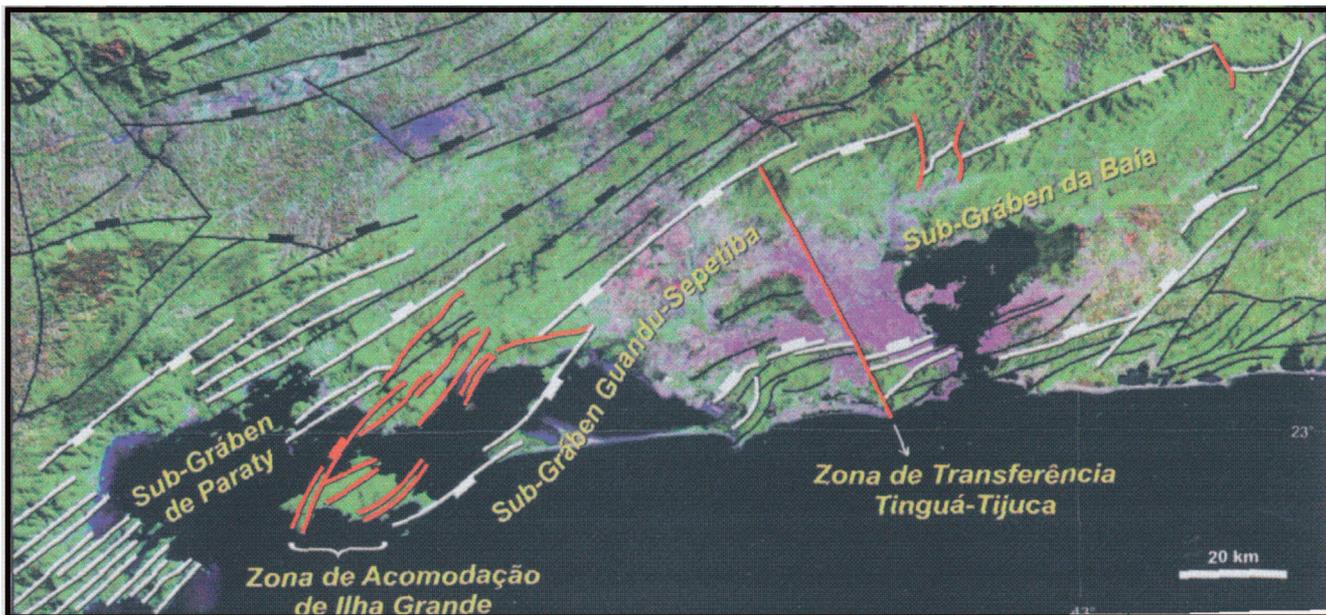


Figura 1 – Imagem Landsat com a interpretação estrutural detalhada do Gráben da Guanabara, segundo Zalán & Oliveira (2005).

2. ÁREA DE ESTUDO

A Baixada de Jacarepaguá estende-se a partir da Pedra da Gávea, em direção a oeste, por cerca de 20 km. A mesma possui de 4 a 6 km de largura, totalizando uma área de aproximadamente 120 Km² (Figura 2). A planície costeira de Jacarepaguá é toda circundada por maciços pré-cambrianos, compostos por granitos, gnaisses e pegmatitos, com 800 a 1000 metros de altura.

Conforme os estudos de Roncarati & Neves (1976), o relevo da área pode ser dividido em quatro grandes feições geomórficas: (a) montanhas com altitudes de até 1025 metros, formadas por rochas do embasamento cristalino; (b) um clinoplano periférico definindo uma zona de transição entre as montanhas

e as planícies paludais; (c) duas planícies paludais com topografia plana, com cotas máximas de 3 a 4 metros e mínimas próximas ao nível do mar, e (d) barreiras alongadas (externa e interna), constituídas pelas areias depositadas por correntes litorâneas sob a forma de restingas, que se erguem como obstáculos alongados entre o mar e as planícies paludais. A barreira externa possui cotas mínimas de 3 a 4 metros e máximas de 6,5 metros e a barreira interna, até 11 metros (Figura 3).

Por sua vez, a Baía de Sepetiba localiza-se entre a Baixada de Jacarepaguá e a enseada de Angra dos Reis (RJ). Segundo a caracterização feita por Borges *et al.* (1989), esta baía é limitada ao norte e a leste pelo maciço rochoso cristalino; ao sul pela Restinga de Marambaia e a oeste por um conjunto de ilhas formadas por rochas

crystalinas do Pré-Cambriano Superior (Figura 4). A mesma possui uma forma alongada, com eixo maior de 45 km e o menor de 16 km, apresentando uma área total de 300 Km², sendo que a comunicação com o oceano é feita a oeste, através de amplos e profundos canais e, a leste, por pequenos canais de maré, junto à Barra de Guaratiba (Figura 5).

3. PROCESSOS DEPOSICIONAIS HOLOCÊNICOS NA BAÍA DE SEPETIBA

Estudos morfológicos realizados por Borges *et al.* (1989), a partir da comparação entre as cartas batimétricas originais da Baía de Sepetiba e aquelas produzidas nos anos oitenta, demonstraram a existência de diferentes áreas de sedimentação e erosão (Figura 5). A área 1, na parte nordeste da baía, é uma região de intensa sedimentação devido ao aporte fluvial relacionado à desembocadura do Rio Guandu e do canal de São Francisco. As áreas 2 e 3, definidas por aqueles autores, são claramente erosivas. Na região 2, a comparação das cartas batimétricas demonstra

uma substancial redução da largura da restinga, a qual passou de 360 metros, em 1868, para 120, em 1981. Da mesma forma, na área 3, o recuo de 151m observado na praia interna da Baía da Marambaia, bem caracteriza essa área como uma zona de erosão intensa.

As áreas de erosão e deposição observadas na Baía de Sepetiba são consequência do modelo de circulação interna da baía (Figuras 5 e 6). Tal modelo é composto por correntes de fundo, caracterizadas pelo deslocamento de águas frias e salgadas; por correntes compostas pela mistura de águas oceânicas e fluviais, e ainda por correntes superficiais erosivas (Pereira 1998).

Na região nordeste da baía, excluindo-se a área de influência da descarga fluvial, ocorre áreas de deposição dominadas pela ação de maré. São também registrados pacotes de lamas negras, como produto de intensa atividade orgânica, intercalados a corpos arenosos de granulação fina a média. No domínio leste da baía desenvolve-se uma região de mangue, bem caracterizada pela presença de plantas com raízes aéreas e adventícias e pela presença de vários canais de maré (Figura 7).



Figura 2 – Imagem Landsat mostrando o posicionamento da Baía da Guanabara, Baixada de Jacarepaguá e Baía de Sepetiba.

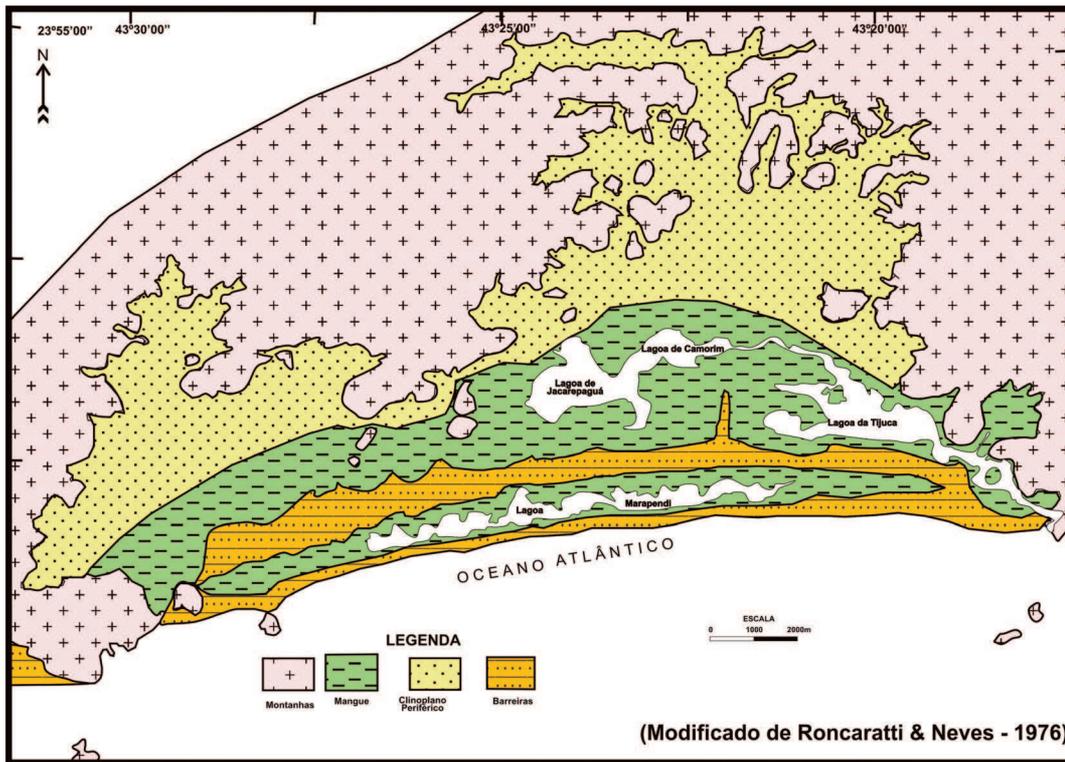


Figura 3 – Mapa apresentando os quatro domínios geomórficos, proposto por Roncaratti & Neves (1976), para a região da Baixada de Jacarepaguá.

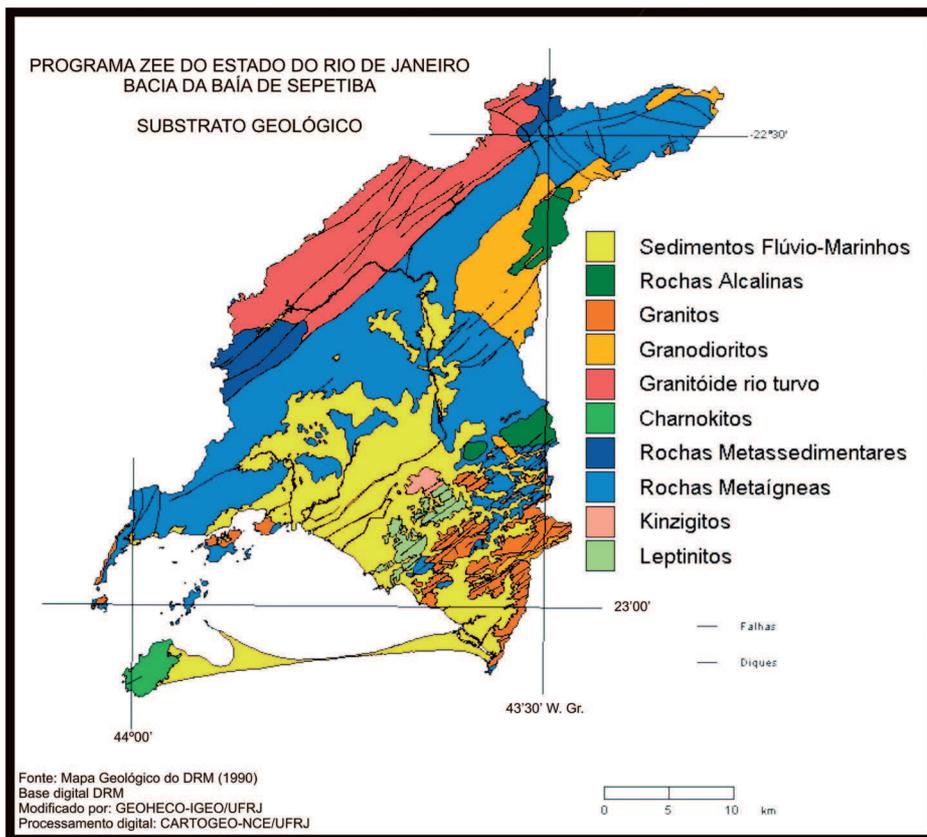


Figura 4 – Esboço geológico mostrando a distribuição das principais litologias do embasamento que circundam a Baía de Sepetiba (Fonte: Programa ZEE – UFRJ).

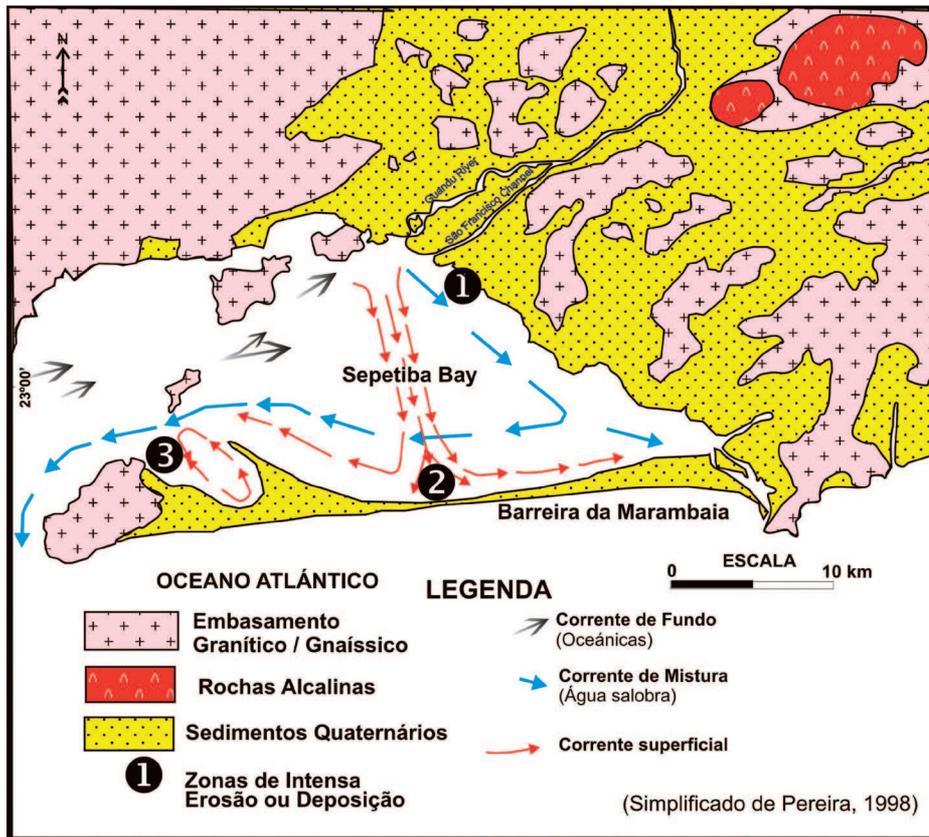
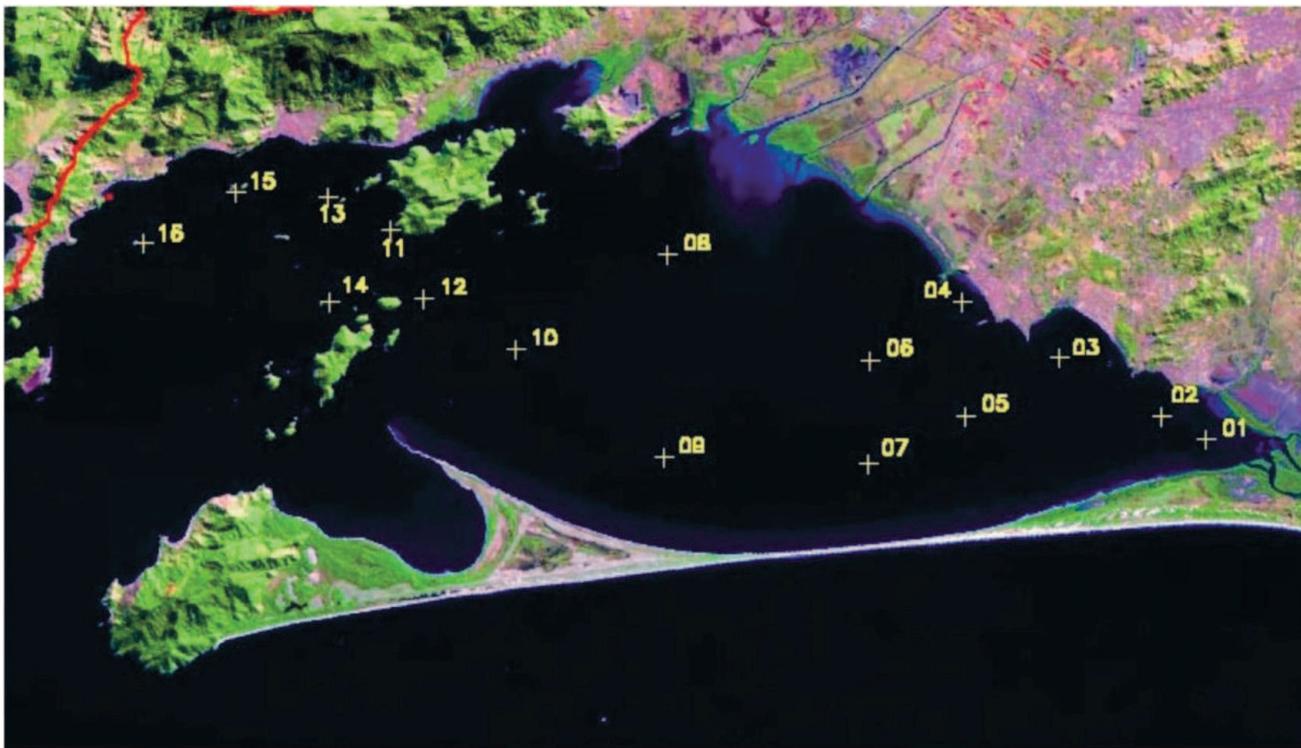
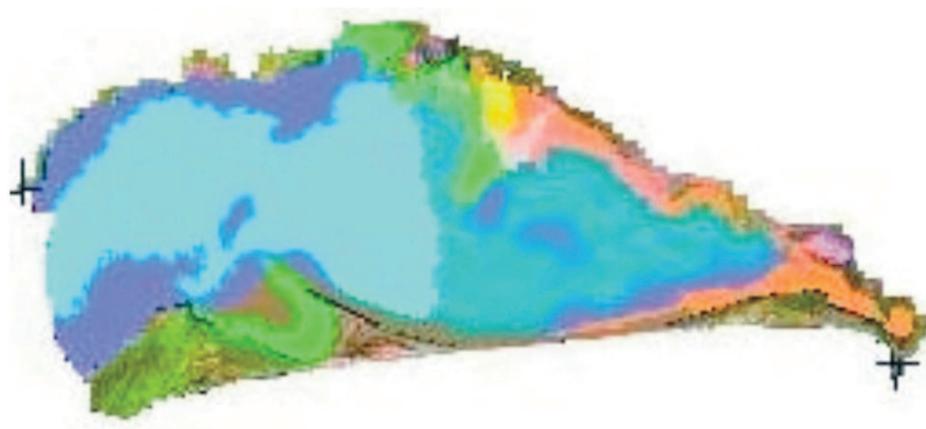


Figura 5 – Mapa mostrando a dinâmica de circulação das correntes no interior da Baía de Sepetiba, bem como as principais zonas de erosão, baseado em Borges *et al.* (1989) e Pereira (1998).



Figuras 6A e 6B – Modelo de distribuição das plumas de sedimentos observadas na Baía de Sepetiba, segundo Costa *et al.* (2005).



Figuras 6A e 6B (cont.) – Modelo de distribuição das plumas de sedimentos observadas na Baía de Sepetiba, segundo Costa *et al.* (2005).

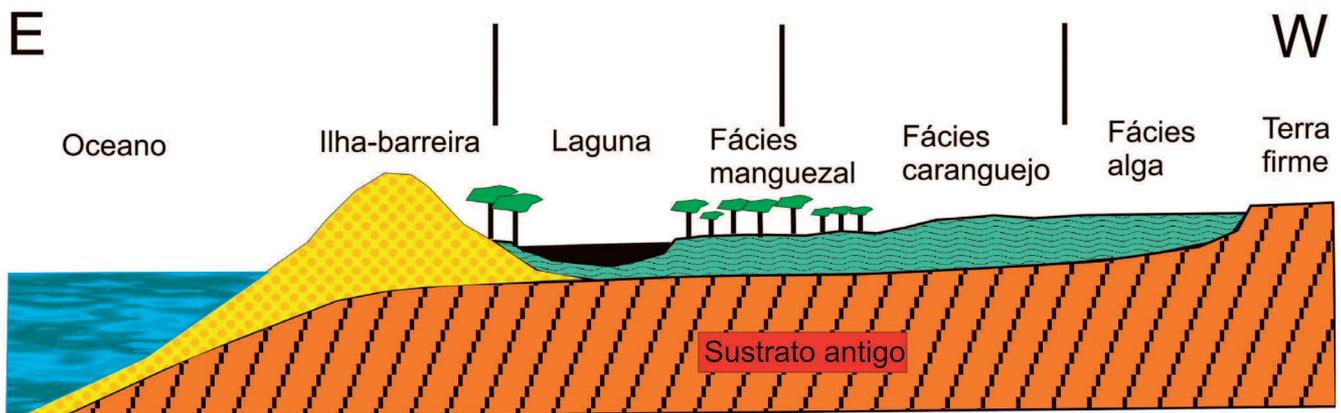


Figura 7 – Seção transversal à costa no Manguezal de Guaratiba (RJ), segundo Dias-Brito *et al.* (1982).

4. EVENTOS DEPOSICIONAIS DA BAIXADA DE JACAREPAGUÁ

O empilhamento estratigráfico preservado na região da Baixada de Jacarepaguá reflete a atuação de três ciclos deposicionais distintos de idades pliocênica, pleistocênica e holocênica (Figura 8).

4.1. Sedimentos Pliocênicos

Estes sedimentos são representados por um conglomerado basal, de caráter polimítico, clasto suportado, contendo seixos de quartzo, de rochas ígneas e metamórficas, depositado sobre a topografia irregular do embasamento. Associados aos conglomerados e sobrepondo-se aos mesmos, ocorrem camadas gradacionais arenosas que variam texturalmente de areias conglomeráticas a areias médias, com matriz argilosa e oxidada. Todo este conjunto sedimentar está associado aos depósitos de leques aluviais em

condições de clima semi-árido, tendo como processos deposicionais dominantes as corridas de lama, as enxurradas e os fluxos de detritos. Estes sedimentos pliocênicos, segundo Abreu & Souza Cruz (1998), estão provavelmente relacionados à Formação Barreiras, unidade que se estende por grande parte do litoral brasileiro.

4.2. Sedimentos Pleistocênicos

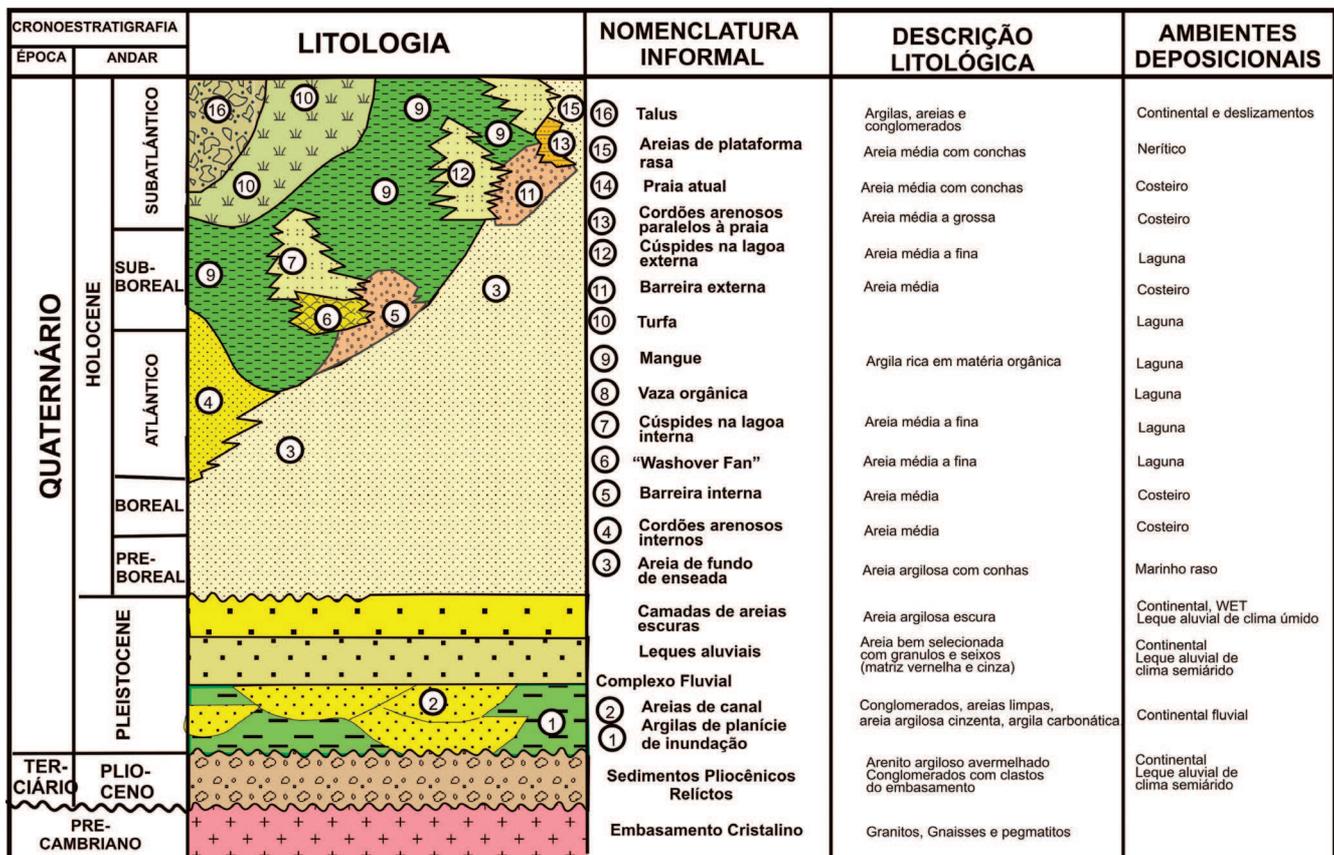
A região da Baixada de Jacarepaguá sofreu um período de erosão intensa que antecedeu a deposição dos sedimentos pleistocênicos. Este evento, associado a uma queda do nível do mar para posições bem abaixo do nível atual, esculpiu os maciços do embasamento e retrabalhou os depósitos pretéritos. Segundo Souza Cruz & Barrocas (1987), durante o intervalo de mar baixo, instalou-se na baixada um sistema fluvial, desenvolvido sob condições de clima úmido. O registro desse sistema fluvial é constituído por conglomerados

e areias, depositados ao lado de argilas da planície de inundação. Sobre estes sedimentos fluviais, de maneira concordante, depositaram-se, por processos de enxurrada e fluxos de lama esporádicos, estratos arenosos grossos, mal selecionados, com matriz argilosa, e oxidados, os quais são associados a leques aluviais. Esses depósitos de leques aluviais afloram em toda a periferia da baixada, constituindo geomorfologicamente o clinoplano periférico presente nas bases das montanhas (Figura 9). Estes sedimentos, no extremo norte da área, gradam para depósitos arenosos de coloração escura, caracterizados por uma matriz argilosa rica em material carbonoso, também depositados em contexto de leques aluviais, provavelmente em condições de clima mais úmido.

Segundo Abreu & Souza Cruz (1998), ainda no Pleistoceno, teve início um processo transgressivo que retrabalhou, quase na sua totalidade, os sedimentos anteriormente depositados, iniciando, assim, um

novo ciclo deposicional. Este ciclo desenvolveu-se a partir da formação de depósitos litorâneos de areias de fundo de enseada, ricas em carapaças de organismos marinhos, resultantes do retrabalhamento pelo mar transgressivo.

No clímax da transgressão, segundo estes autores, formou-se a restinga interna. Atribui-se a gênese dessa restinga à ação combinada da corrente litorânea, que fluía de oeste para leste e tangenciava a larga abertura da enseada, com a corrente circular, induzida no interior da enseada. Na região de interação entre as correntes litorânea e circular, iniciou-se a deposição das areias que deram a origem à raiz da restinga interna. Por correlação com os estudos realizados na região costeira do Rio Grande do Sul por Villwock & Tomazelli (1995), o sistema deposicional Laguna - Barreira Interna da Baixada de Jacarepaguá estaria associado a um evento transgressivo – regressivo ocorrido no Pleistoceno, em torno de 120 000 anos.



(Modificado de Roncaratti & Neves - 1976)

Figura 8 – Gráfico cronoestratigráfico proposto por Roncaratti & Neves (1976), para a Baixada de Jacarepaguá.

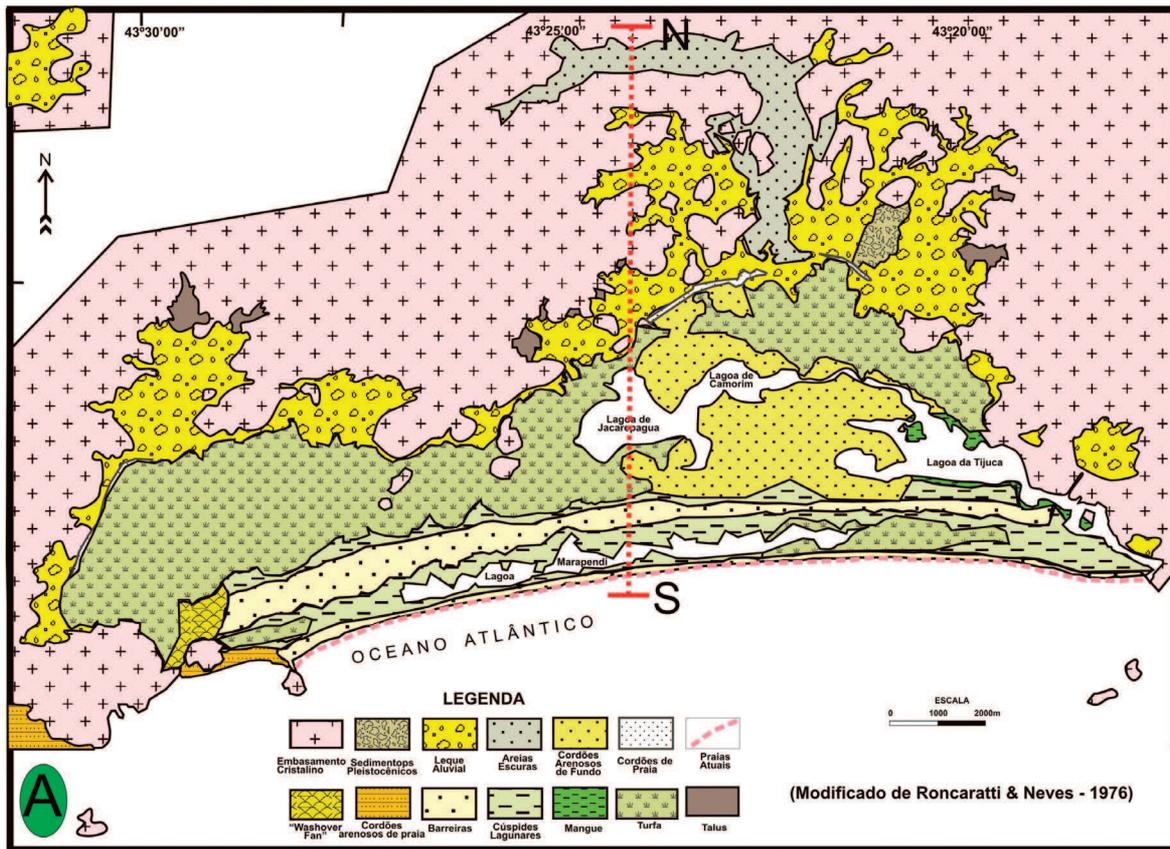


Figura 9A – Mapa geológico da Baixada de Jacarepaguá;

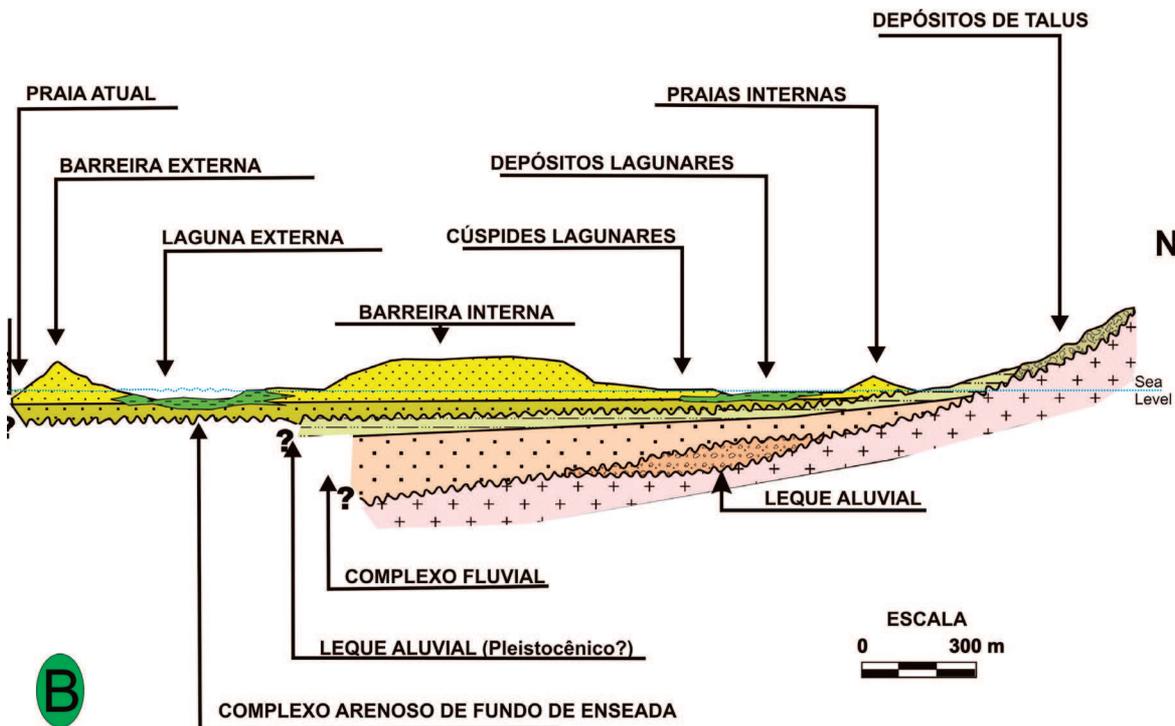


Figura 9B – Seção geológica Norte – Sul, segundo Roncaratti & Neves (1976), para a Baixada de Jacarepaguá.

4.3. Sedimentos Holocênicos

A evolução Holocênica proposta para a Baixada de Jacarepaguá por Maia *et al.* (1984), baseia-se em datações radiométricas realizadas em amostras coletadas na região (Figura 10). Segundo estes autores, por volta de 5100 anos AP, ocorreu um novo máximo transgressivo, quando o nível do mar atingiu cotas entre 4 e 5 metros acima do nível atual. Durante esta transgressão, formou-

se uma nova ilha barreira que se desenvolveu de oeste para leste, isolando do mar aberto uma ampla laguna. À medida que a laguna se formava, a ação das correntes induzidas pelo vento retrabalhando e erodindo as areias da face interna da restinga gerou as cúspides atuais observadas na laguna interna. As datações obtidas permitem também confirmar que a primeira fase lagunar (laguna interna) já estava estabelecida antes da época do máximo transgressivo de 5100 anos AP.

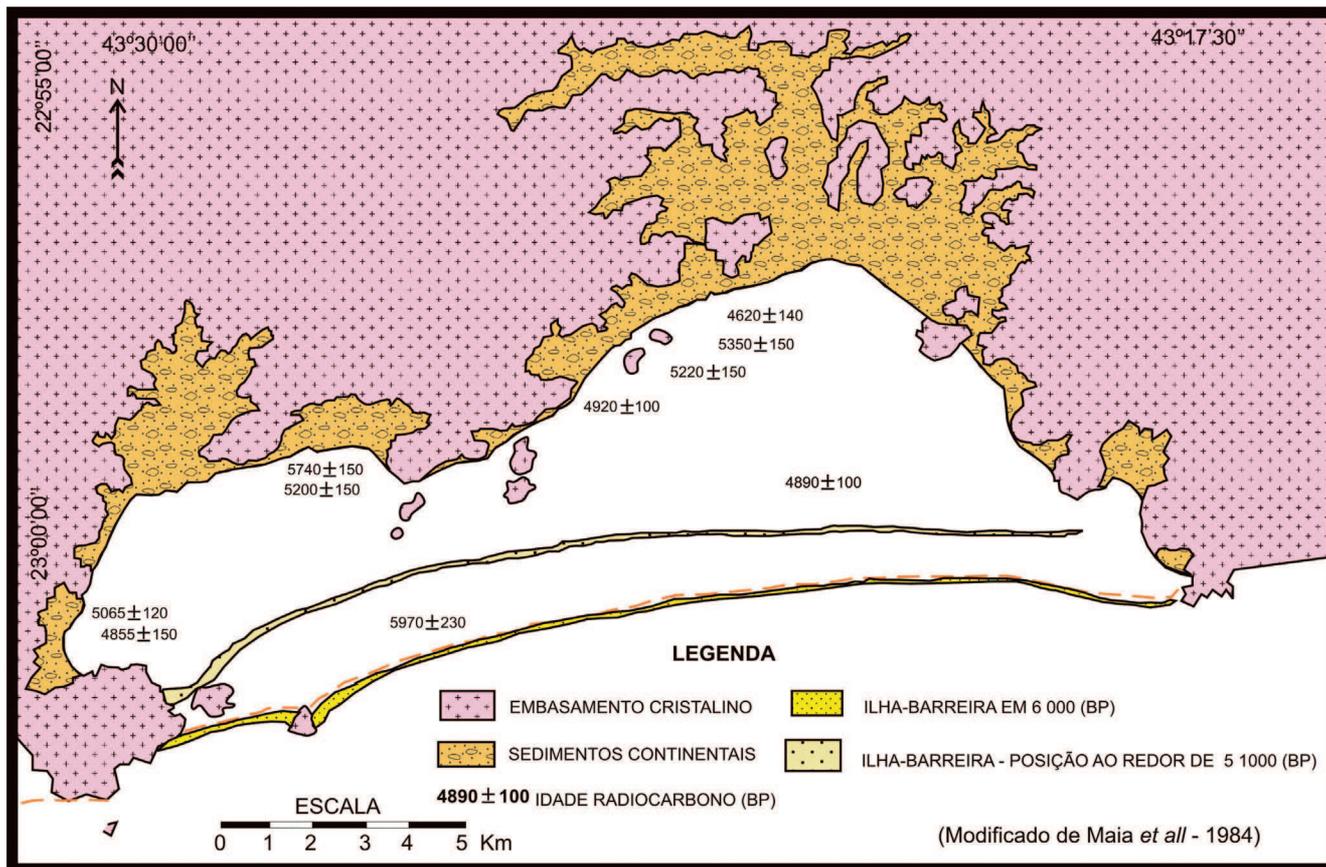


Figura 10 – Datações radiométricas realizadas por Maia *et al.* (1984).

Após este máximo transgressivo, o mar iniciou um período de leve rebaixamento, que colocou o mesmo em posições pouco abaixo do nível atual. Por volta de 3800 anos AP, o nível do mar elevou-se novamente, atingindo o máximo em 3500 anos AP. Durante este novo máximo transgressivo, os efeitos conjuntos de marés de sizígia e ressacas de tempestades arrombavam o extremo oeste da restinga, formando depósitos de leques de arrombamento, que foram datados em 3780 +/- 200

anos AP (Figura 11a).

Segundo Maia *et al.* (1984), há aproximadamente 3700 anos AP, já estava formada uma segunda ilha de barreira (barreira externa), a partir da atuação dos mesmos mecanismos de ação de correntes litorâneas, repetindo-se desta forma a construção de uma laguna (laguna externa), consideravelmente menor que a anterior. Após este máximo transgressivo, o nível marinho começou a baixar lentamente até atingir o nível atual (Figura 11b).

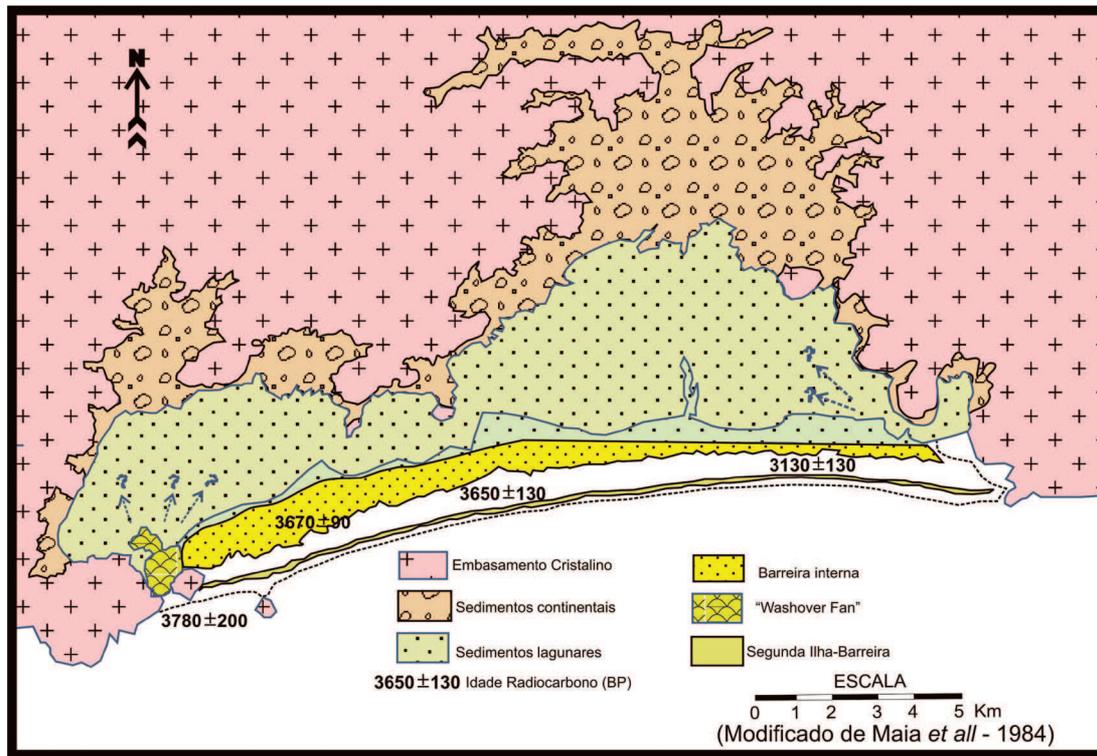


Figura 11A – Esboço paleogeográfico para a Baixada de Jacarepaguá em 3500 (BP), segundo Maia *et al.* (1984).

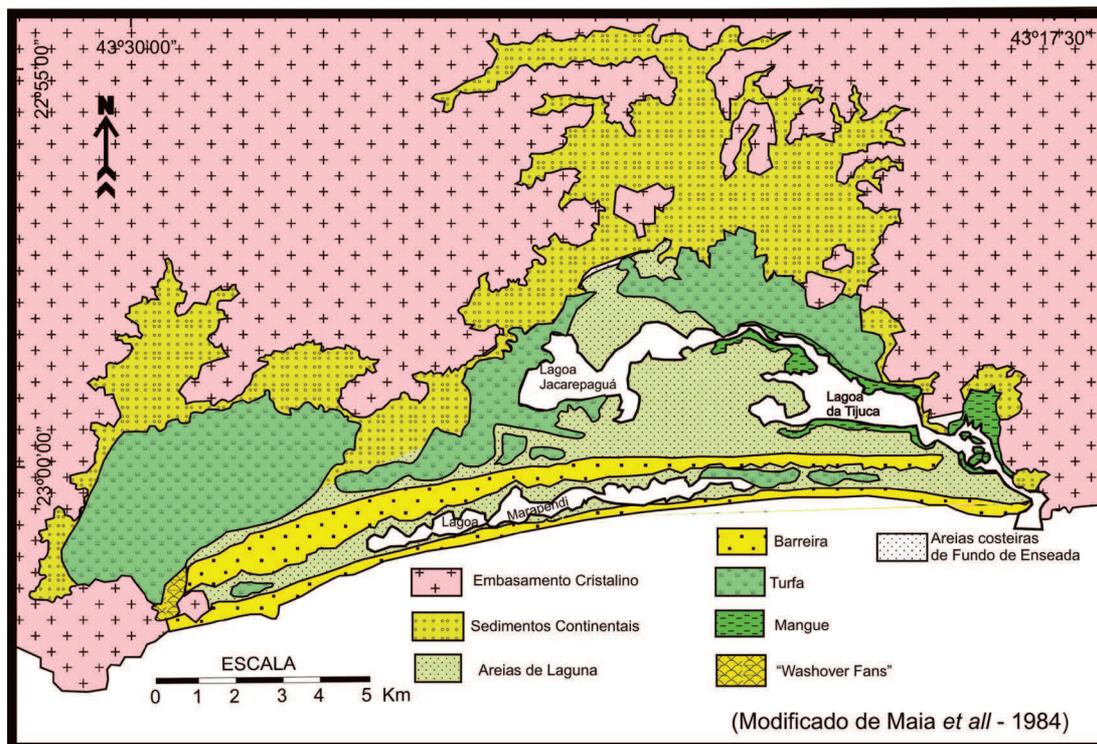


Figura 11B – Esboço paleogeográfico para a Baixada de Jacarepaguá, a partir de 3500 (BP) até o presente, segundo Maia *et al.* (1984).

Ainda associados aos sedimentos holocênicos, ocorrem depósitos de tálus no sopé do relevo montanhoso, ocasionados por escorregamentos do material desagregado do embasamento cristalino, sendo os mesmos constituídos por seixos e matacões imersos em matriz argilosa e arenosa.

Atualmente, o assoreamento das duas lagunas (interna e externa) vem ocorrendo, principalmente, pela deposição das vazas orgânicas, nas partes mais profundas, por turfas nas margens, que são mais rasas e mais concentradas em água doce e, também, por depósitos de mangue, nas margens de água salobra.

5. EVOLUÇÃO ESTRATIGRÁFICA DAS BAIXADAS LITORÂNEAS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Na ótica da estratigrafia moderna, como salienta Catuneanu (2006), a interação entre a variação do nível do mar e a sedimentação controla tanto a lamina d'água, ou seja, o espaço deposicional, bem como os deslocamentos transgressivos e regressivos da linha de costa. Os deslocamentos da linha de costa são os elementos críticos no contexto da estratigrafia de seqüências, uma vez que determinam as características do empilhamento estratigráfico e definem as tendências deposicionais, quer sejam progradacionais, agradacionais ou retrogradacionais.

Assim, é importante separar o conceito de migração da linha de costa, quer seja transgressão (migração da linha de costa em direção ao continente) ou regressão (migração da linha de costa em direção ao mar), dos conceitos de retrogradação e progradação. Retrogradação significa o empilhamento de fácies marinhas sobre fácies não marinhas. O mesmo marca o registro sedimentar do movimento transgressivo da linha de costa, que é resultado da ação erosiva das ondas sobre os sedimentos depositados, gerando um perfil inclinado para a praia. Por outro lado, a progradação registra o empilhamento sedimentar onde ocorre a superposição de fácies não marinhas sob fácies marinhas, pela chegada de sedimentos alimentada por um sistema fluvial ou pela continuo empilhamento de material movimentado pelas ondas ou pelo movimento das correntes associadas à deriva litorânea (Bates & Jackson 1987). Isto significa dizer que o arranjo progradacional não depende do

rebaixamento eustático, e caso ele ocorra, teremos um modelo definido como de regressão forçada, quando a linha de costa migra em direção ao oceano em função da queda eustática ou relativa do nível do mar.

O registro sedimentar observado na Baixada de Jacarepaguá (Figura 8) demonstra um arranjo essencialmente progradacional, a partir do Holoceno. Esse arranjo foi bem demonstrado por Roncaratti & Neves (1976) para os depósitos relictos preservados na Baixada de Jacarepaguá. Contudo, o registro dessas progradações em direção ao oceano sempre foi uma questão em aberto. Buscou-se assim, realizar um levantamento por meio do método *Ground Penetration Radar* (GPR) para se investigar a região mais externa aos cordões litorâneos atuais das baixadas de Jacarepaguá e Grumari.

5.1. Aplicação do Método GPR

O método geofísico GPR tem por princípio a propagação de uma onda eletromagnética refratada e refletida. Essa metodologia permite avaliar as condições geológicas locais através dos contrastes das propriedades físicas dos materiais de subsuperfície, por exemplo, a permissividade dielétrica, que pode ter como origem as diferenciações litológicas e outras heterogeneidades naturais ou não, preservadas no registro sedimentar. Além disso, esse levantamento propicia a execução de perfis contínuos, possibilitando a identificação com maior precisão das variações laterais, decorrentes das mudanças litológicas.

O GPR é um método geofísico que tem como objetivo detectar feições naturais ou culturais no subsolo. Ele utiliza o princípio da reflexão de ondas eletromagnéticas, com frequências que variam de 10 a 1400 MHz. Este método possui muitas aplicações como a visualização de estruturas no solo e em rochas, assim como a definição de sua espessura e caracterização.

O GPR possui princípios similares aos da sísmica. Assim como na sísmica de reflexão, o princípio básico é o tempo que um sinal leva para ser detectado após ter sido refletido em uma interface (Travassos 2007). Além da diferença de princípios físicos entre os dois métodos, na sísmica o tempo de aquisição é dado em ms, e no GPR, em ns. No primeiro método, o tipo de onda é elástico, já no segundo (GPR), a mesma é eletromagnética.

O funcionamento do método é baseado em um pulso de energia eletromagnética irradiado no subsolo por uma antena transmissora (Tx), parte da energia sofre refração e outra parte, reflexão. A energia refletida é captada pela antena receptora (Rx), assim o sinal amplificado, formatado, é armazenado em tempo real.

As reflexões da onda eletromagnética em subsuperfície ocorrem nas interfaces de materiais com diferentes propriedades dielétricas. A propriedade física envolvida neste fenômeno é a permissividade dielétrica, que é expressa pela constante dielétrica “K” (Mane, 2007) (Figura 12).

A velocidade das ondas é controlada pela constante dielétrica e pela condutividade da subsuperfície, e é dada pela equação: $V = c / \sqrt{K}$, onde c é a velocidade

da luz no vácuo, e K é a constante dielétrica. Quanto maior for o K menor será a velocidade.

O que determina a profundidade da investigação e a resolução dos dados é a frequência da antena, quanto maior for a frequência, maior será a resolução dos dados e menor será a profundidade da investigação (Souza 2005). Os dados de investigações em terrenos resistivos possuem um melhor resultado, pois em terrenos condutivos o sinal do GPR sofre forte atenuação.

Para aquisição dos dados, utilizou-se o equipamento RAMAC/GPR da *MALA GeoScience*, e o software Reflex 2D para processamento e interpretação dos perfis realizados. O par de antenas coplanares usadas no equipamento foi de frequência de 100 MHz, uma vez que esta frequência oferece a melhor relação entre profundidade de penetração e resolução para a escala de trabalho aqui utilizada.

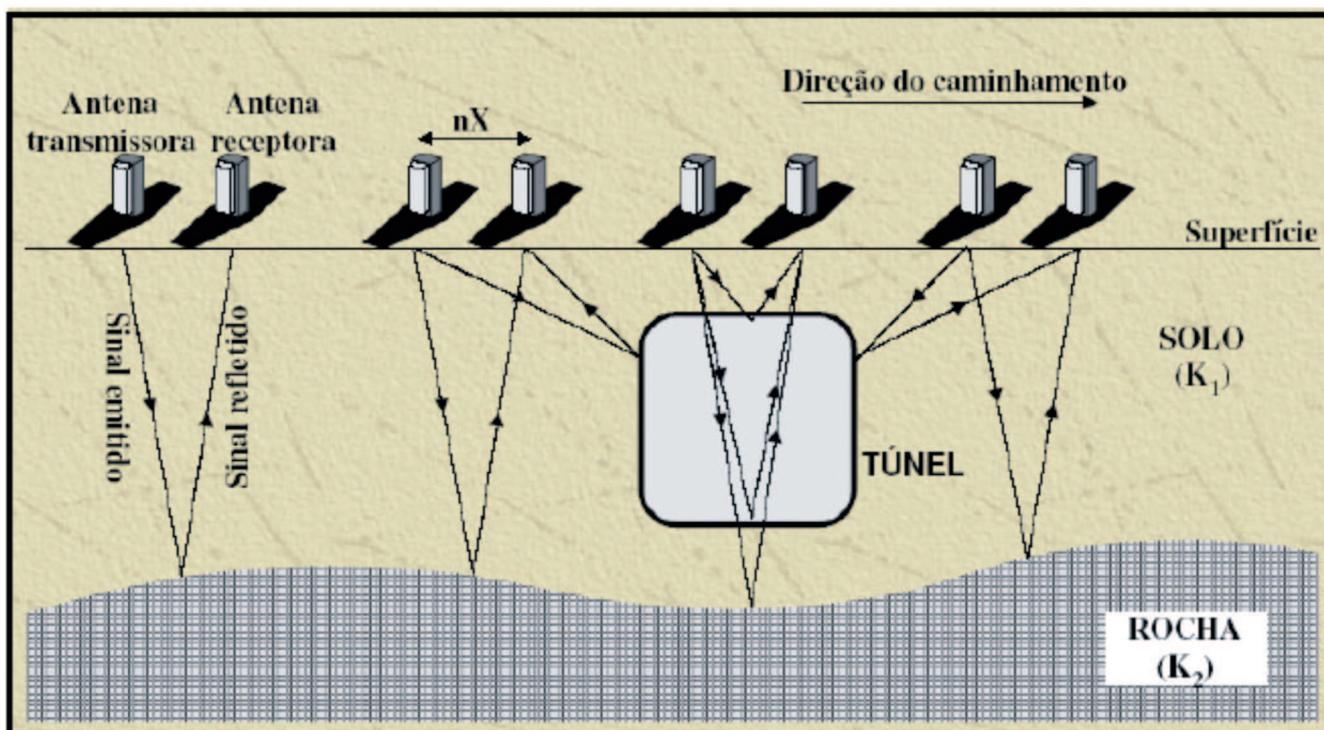


Figura 12 – Princípio de Funcionamento do Método GPR, segundo Mane (2007).

5.2. Resultados Obtidos

Foram realizadas seções perpendiculares à linha de costa de forma a observar o modelo de empilhamento dos sedimentos holocênicos preservados abaixo do cordão litorâneo atual. Na região de Grumari foram selecionadas duas seções, denominadas I e II (localizadas,

respectivamente, nas coordenadas 650090E/7450401S e 649776E/7450038S) e na área de Jacarepaguá foram escolhidas duas seções, uma na área da Praia da Reserva (III) e uma na região da Barra da Tijuca (IV) (localizadas, respectivamente, nas coordenadas 660580E/7453636S e 665917E/7454317S) (Figura 13).



Figura 13 A– Praia de Grumari. Localização das seções selecionadas para o estudo.



Figura 13 B e C– Localização das seções selecionadas para o estudo. Praia da Reserva - Recreio



Figura 13 B e C (cont.)– Localização das seções selecionadas para o estudo. Praia da Reserva - Recreio

A interpretação dos dados de GPR seguiu o método de análise sismoestratigráfica, baseado nas terminações dos refletores (*onlap*, *downlap*, *toplap* e truncamentos) e na geometria e padrão dos refletores (Mitchum Jr. *et al.* 1977).

Na seção I (Figuras 14a e 14b) é possível nitidamente mapear dois complexos lagunares, similares aos observados na Baixada de Jacarepaguá. O reconhecimento desses depósitos é baseado no padrão atenuado das reflexões nas posições de 120 a 170 m e de 300 e 350 m da seção. Atenuações de sinais de reflexão em sedimentos costeiros holocênicos em Guichen Bay, sudeste da Austrália, em contexto deposicional semelhante ao da área de Grumari, foram tidas como representativas de sedimentos argilosos lagunares (Bristow & Pucillo, 2006; Switzer *et al.*, 2006). Utilizando-se também o padrão de reflexão, a posição dos dois cordões é estabelecida com base em padrões morfológicos e de definição dos refletores.

Provavelmente, em função do modelo evolutivo proposto para o litoral fluminense, pode-se admitir uma contemporaneidade entre a barreira interna da região de Grumari, com aquela mapeada na Barra da Tijuca. Tanto

a barreira interna como a externa estão limitadas por uma superfície de ravinamento associada ao nível de base atual. Na seção não interpretada (Figura 14a) podem ser observadas ao menos duas radarfácies: uma formada por refletores contínuos (a), associados a depósitos arenosos, e uma segunda (b), de caráter descontínuo, provavelmente, vinculada a depósitos finos de laguna.

Na seção II foi possível mapear três radarfácies distintas (Figura 15a): uma radarfácies caracterizada por refletores contínuos e paralelos, provavelmente associados a sedimentos arenosos que compõem os depósitos mais superficiais da região de Grumari (a); uma radarfácies composta por refletores com um padrão de distribuição cliniforme, imbricados em direção ao continente (b), provavelmente associados a corpos arenosos desenvolvidos como depósitos de embocadura de barreira (*tidal inlet*), acumulados atrás da barreira, e uma radarfácies formada por refletores descontínuos, vinculados a corpos arenosos depositados em situações de face de praia. O arranjo dessas radarfácies mostra claramente a distribuição de três barreiras em um arranjo progradacional, protegendo lagunas preenchidas por leques de lavagem. Todo esse conjunto é limitado por uma superfície de ravinamento.

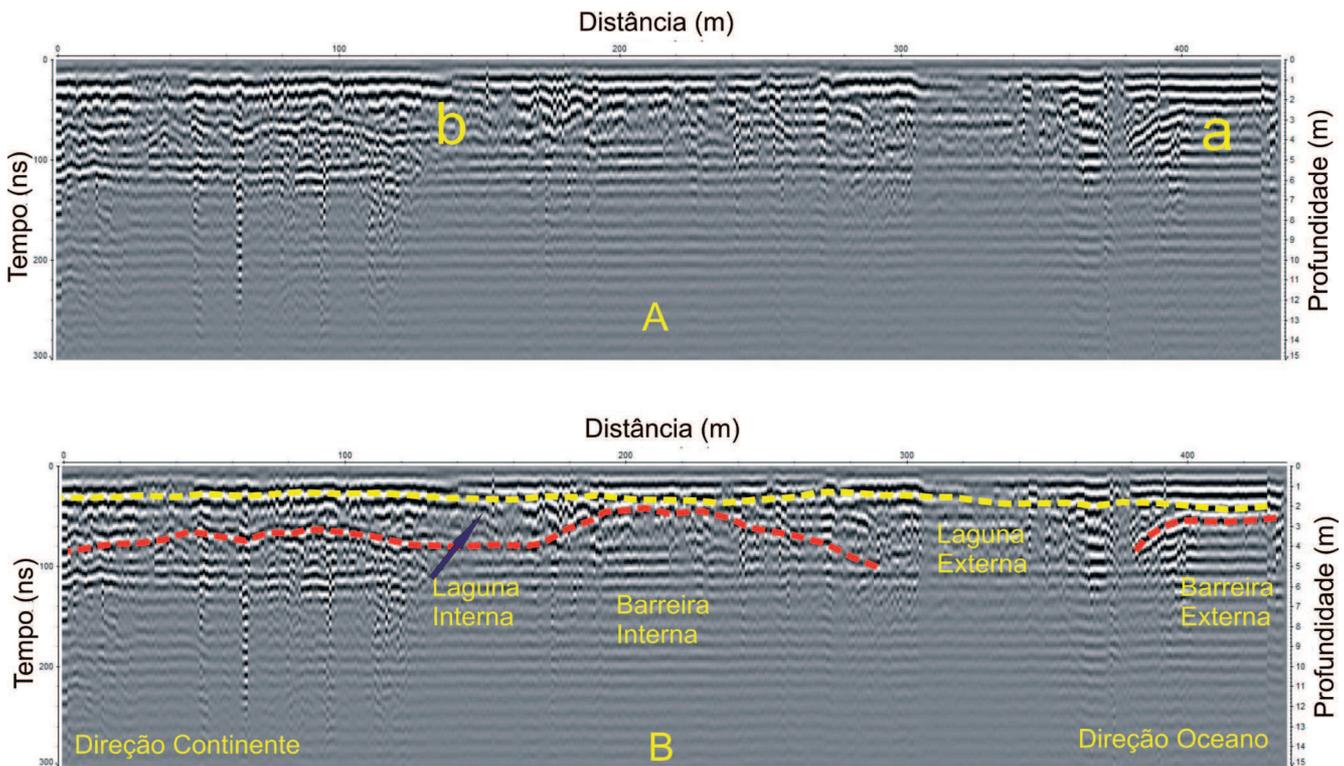


Figura 14 – Seção I não interpretada (14a) e interpretada (14b).

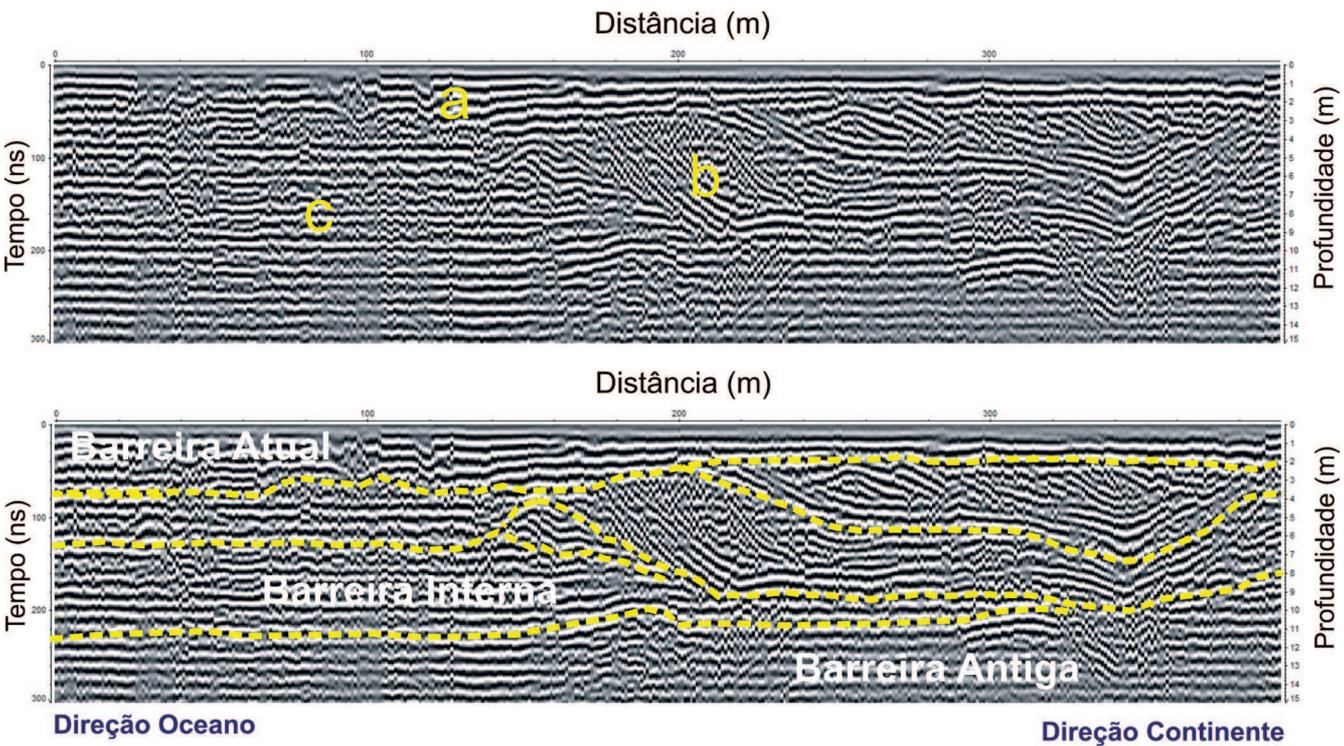


Figura 15 – Seção I não interpretada (15a) e interpretada (15b).

Cliniformas arenosas migrando em direção ao continente a partir de cordões praias foram também registrados através de GPR por Rodriguez & Meyer (2006) e por Mallinson *et al.* (2010).

Rodriguez & Meyer (2006) investigaram o sistema de cordões costeiros da Península Morgan, no Alabama, EUA. Nesse sistema, foram identificadas cliniformas arenosas progradantes tanto no lado voltado para o oceano, quanto no lado voltado para o continente. As primeiras foram interpretadas como indicativas da progradação de fácies de ante-praia e face de praia (*foreshore-shoreface*). Já para as cliniformas da face interna foram aventadas duas interpretações: registro de um delta de enchente (*flood-tidal delta*) ou, alternativamente, registro de múltiplos depósitos de canais de lavagem (*washover channels*) produzidos por sucessivas tempestades que cortaram a barreira. Os autores optaram por adotar esta segunda alternativa, a qual é também considerada no presente estudo.

Mallinson *et al.* (2010) investigaram o sistema de barreira externa (*outer bank barrier islands*) na costa da Carolina do Norte, EUA, interpretando, a partir da análise de seções de GPR, que os registros de superfícies canalizadas, preenchidas por cliniformas direcionadas para o continente, segundo padrão bastante similar ao observado na Seção II, representariam depósitos de embocadura de barreira/delta de maré de enchente (*inlet/flood tidal delta*), acumulados sobre depósitos lagunares.

Sendo assim, considerando-se a configuração geomorfológica e a dinâmica de preenchimento da área de Grumari, bem como a posição desses depósitos em relação à barreira externa, optou-se por interpretar as cliniformas observadas na Seção II como registro de construção de um delta de enchente (*flood tidal delta*) em contexto de depósito de embocadura de barreira (*tidal inlet*), construído por ondas de mar aberto, sobrelevação temporária (*storm surge*) e/ou correntes de maré confinadas que adentravam o sistema lagunar

através de abertura do cordão arenoso.

Situação similar foi registrada por FitzGerald *et al.* (2000), em depósitos quaternários da Baía de Massachussets, EUA. Nessa região, FitzGerald *et al.* (2000) registraram, através de perfis de GPR, cliniformas em sistema costeiro com barreira, progradando em direção ao continente, interpretadas como registro de *tidal inlets*. Nesse contexto, as cliniformas registradas na Seção II são correlacionáveis ao padrão de preenchimento de *peleotidal inlet* definido como “migration (prograded) + conformable fill”, ou seja, cliniformas produzidas pela migração e preenchimento concordante junto aos canais de embocadura (*inlets*), segundo a classificação de Hine *et al.* (1979, *apud* FitzGerald *et al.* 2000; sua fig. 6). Depósitos similares, identificados em GPR como cliniformas de formato sigmóide, dirigidas para o continente no domínio de retrobarreira, com dimensões semelhantes às observadas na Seção II, foram igualmente interpretados por Fornari (2010) como registros de deltas de maré de enchente (*flood tidal deltas*) na região entre Jaguaruna e Laguna, no Litoral de Santa Catarina.

As seções III e IV foram levantadas junto ao cordão litorâneo externo (atual praia da Barra e do Recreio). Nas mesmas podem ser observadas três radarfácies bem definidas. Na Seção III (Fig. 16) a radarfácies “a” é caracterizada por refletores contínuos associados a depósitos arenosos posicionados atrás da Barreira Externa. A radarfácies “b” é caracterizada por refletores descontínuos, vinculados aos depósitos da face de praia atual. Observa-se nessa seção o truncamento da face de praia atual com uma face de praia pretérita. Na Seção IV (Figura 17), além de uma radarfácies composta por refletores contínuos (a), observa-se também uma radarfácies caracterizada por cliniformas progradantes (c), interpretada como evidência de um perfil de praia pretérito, incluindo depósitos de antepraia e face de praia, à semelhança do que foi constatado e interpretado na Seção III.

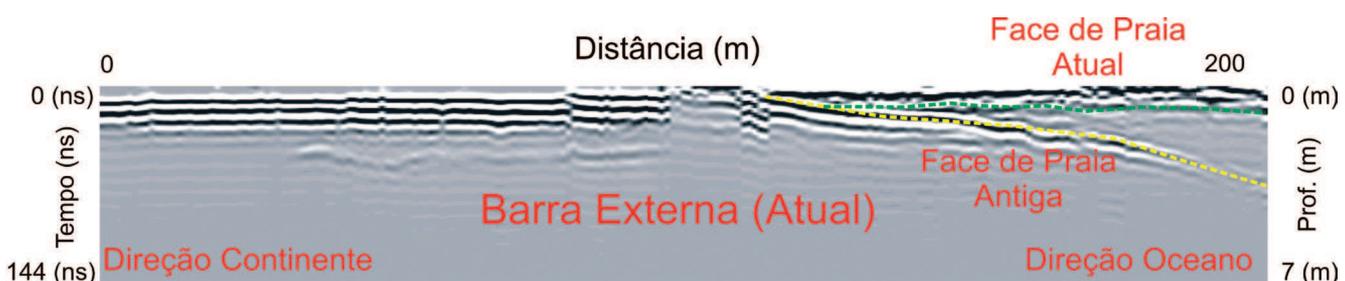


Figura 16 – Seção III mapeada na região da Reserva de Marapendi.

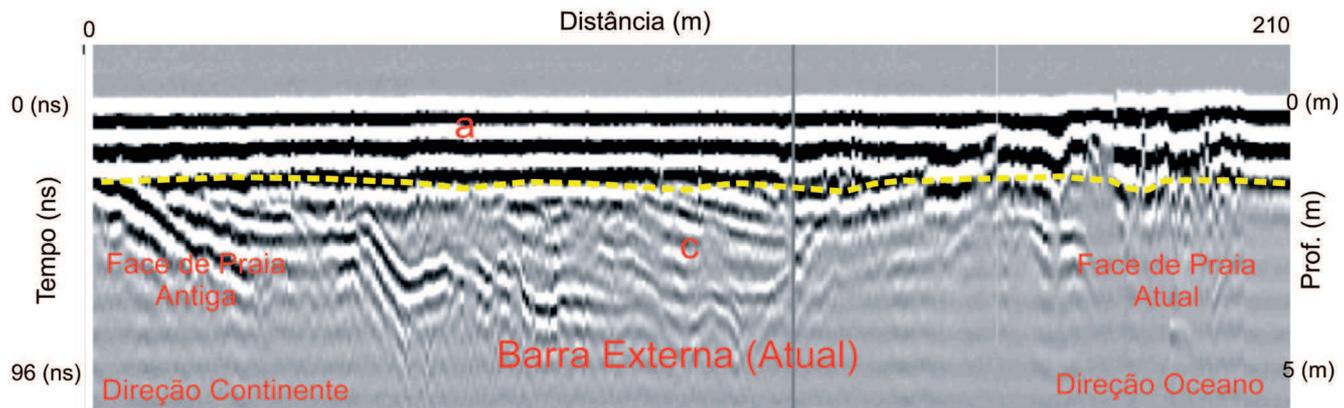


Figura 17– Seção IV mapeada na região da Barra da Tijuca

A presença de uma face de praia antiga, recuada em relação a atual, registrada nas Seções III e IV, indica uma clara progradação da linha de praia ocorrida desde a implantação do cordão externo (linha de praia antiga registra nas seções). Pela seção III nota-se que esta progradação provocou uma regressão da linha de costa de cerca de 70 m, considerando-se o recuo da face de praia.

5.3. Variação relativa do nível do mar na costa brasileira nos últimos 10.000 anos

Os eventos de regressão e transgressão, nos últimos 10.000, foram de extrema importância para observar a variação relativa do nível do mar, durante este período. Esses eventos foram reconhecidos através de diferentes indicadores: geológicos, biológicos e pré-históricos.

Entre os indicadores geológicos estão: os terraços de construção marinha, os terraços de abrasão marinha e as rochas praias (*beach rocks*). Os terraços de construção marinha se situam acima do atual nível do mar, quando mapeados podem evidenciar os distintos níveis máximos, relacionados a diferentes episódios transgressivos do Quaternário (Martin *et al.* 1987, 1988). Os terraços de abrasão marinha representam superfícies erosivas, sustentadas por rochas mais antigas do embasamento, podendo ser sedimentares ou cristalinas. No caso das *beach rocks*, estas são constituídas por sedimentos de antigas praias com fragmentos biodetríticos. Detalhes sobre a granulometria e estruturas sedimentares primárias, definem com precisão a posição do nível médio do mar (Suguio 2003).

Os indicadores biológicos estão representados por

restos biogênicos, colônias ou traços fossilizados de seres vivos, encontrados nas imediações do nível do mar atual. Para um melhor resultado, estes organismos devem conter distribuição vertical restrita, para obter a posição do nível do mar (Martin *et al.* 1986a).

Os indicadores pré-históricos são representados pelos sambaquis. Estes são os únicos vestígios arqueológicos utilizáveis nos estudos sobre a variação do nível do mar. Os sambaquis são montes artificiais que podem chegar a 20 m de altura e centenas de diâmetro. São compostos predominantemente de conchas de moluscos, podendo conter também variedades de biodetritos. Em geral os sambaquis fornecem informações sobre a posição limite da paleolinha de praia.

Sete estágios de evolução foram propostos por Suguio & Martin (1987), para as planícies costeiras das regiões sul e sudeste do Brasil (Souza *et al.* 2001). Os estágios 5 a 7 representam os estágios holocênicos. Estes foram divididos em: 1) máximo da regressão pliocênica; 2, 3 e 4) transgressões/regressões do Pleistoceno inferior, médio e superior, respectivamente; 5) máximo transgressivo holocênico; 6) construção de deltas e 7) construção de terraços marinhos holocênicos. (Souza *et al.* 2001). Souza & Suguio (2001) reagruparam estes estágios, para a planície de Itapoá-SC, em 5, sendo os estágios 4 e 5 representados pela formação de ilhas-barreira no máximo transgressivo do Holoceno e formação de barreiras regressivas durante a regressão marinha, respectivamente.

Estudos realizados, em Santa Catarina, mostraram que no intervalo entre 11.000 a 6.500 anos AP, a velocidade de ascensão do nível do mar migrou de 0,6

cm/ano para 1,6 cm/ano. A linha de costa se deslocou para oeste, à medida que a transgressão se desenvolvia. Duas fases de estabilização se evidenciaram: uma entre 32 a 45 m e outra entre 20 a 25 m. As mesmas são representadas por camadas de cascalho biodetrítico e concentrados de minerais pesados, indicando antigas linhas de praia. Evolução semelhante à descrita acima pode ser sugerida para a maior parte da costa brasileira.

A partir de estudos realizados, em várias partes do litoral brasileiro, foram esboçadas curvas parciais ou completas, dos mesmos trechos, evidenciando as variações do nível relativo do mar nos últimos 7.000 anos, baseando-se em dados obtidos dos terraços holocênicos e de outros indicadores. Essas curvas evidenciam paleoníveis de mar diferentes do atual (Suguio 2003) (Figura 18).

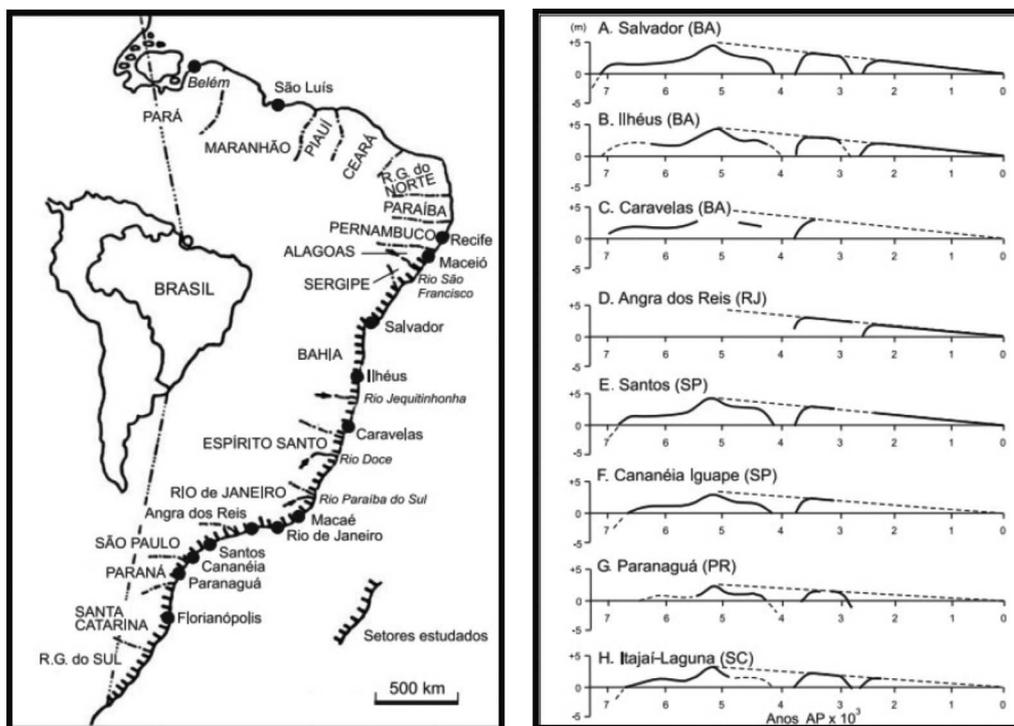


Figura 18 – Curvas de variações dos níveis relativos do mar nos últimos 7.000 anos ao longo de vários trechos do litoral brasileiro (Suguio *et al.*1985).

Houve a preocupação para que cada curva abrangesse somente trechos de comportamentos geológicos uniformes. Para isso foram levados em conta trechos relativamente curtos (60 a 80 km), porém que ainda apresentassem um número suficiente de indicadores datados. Foi possível constatar que em todos os setores estudados, os níveis relativos do mar estiveram acima do atual com exceção dos seguintes períodos: a) entre 7.000 e 6.500 anos AP, o nível médio atual do mar foi ultrapassado pela primeira vez; b) há cerca de 5.100 anos AP (máximo transgressivo) o nível do mar subiu entre 3 e 5m acima do atual; c) em torno de 3.900 anos AP o nível do mar deve ter estado de 1,5 a 2 m abaixo do atual (Massad *et al.* 1996); d) há aproximadamente

3.000 anos AP o nível do mar ascendeu entre 2 a 3,5 m acima do atual; e) há 2.800 anos AP ocorreu novamente um queda atingindo provavelmente um nível inferior ao atual; e, f) há cerca de 2.500 anos AP foi atingido um nível 1,5 a 2,5 m acima do atual. (Suguio, 2003). Desde então, tem ocorrido uma tendência ao rebaixamento contínuo do nível relativo do mar.

Estudos realizados em Pernambuco também permitiram identificar testemunhos de níveis marinhos elevados holocênicos. Este foi denominado de Última Transgressão, a qual alcançou 5 m acima do nível atual do mar, por volta de 5.100 anos AP.

Este modelo evolutivo é semelhante ao modelo dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Bahia, Sergipe

e Alagoas, segundo Suguio *et al.* (1985) e Dominguez *et al.* (1990). Nestes últimos 7.000 anos, a porção central do litoral brasileiro esteve sob submersão até aproximadamente 5.100 anos AP e, ignorando-se duas rápidas oscilações negativas (de submersão), desde então permaneceu em emersão nos últimos 2.500 anos (Suguio, 2003). Esta condição é um dos fatores que contribuíram para o sistema progradacional existente nos terrenos costeiros.

Os resultados alcançados pelo estudo de seções ao longo da costa da cidade do Rio de Janeiro corroboram o modelo de evolução acima discutido. Foi possível visualizar três cordões litorâneos: Barreira antiga, posicionada junto aos maciços litorâneos, Barreira Interna e Barreira Externa (praia atual) empilhados em um arranjo progradacional. Tal distribuição estratigráfica contempla uma situação de elevação contínua do nível relativo do mar (NRM), pois os cordões litorâneos foram formados pela deriva litorânea, dentro do contexto de uma regressão normal. No entanto, observam-se no registro superfícies de ravinamento que se associam a momentos transgressivos posteriores a uma queda do nível relativo do mar. Esse movimento fica bem evidenciado na Seção III, onde se observa um truncamento em “onlap” entre uma face de praia pretérita, provavelmente formada durante a queda do NRM entre 2500 e 3000 anos, e a feição de praia em contexto transgressivo.

Desse modo, a evolução da costa carioca está relacionada a processos de afogamento de possíveis vales incisivos instalados em grábens cenozóicos, onde a interação entre as correntes de deriva e as correntes internas formadas em regiões protegidas, em função da descarga sedimentar advindas de sistemas fluviais, permitiu a formação de cordões litorâneos gerando um sistema ilha-barreira / laguna progradante.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.J., SOUZA CRUZ, C.E.. 1998, *Roteiro de Campo da Baixada de Jacarepaguá, RJ*. Petrobrás – Cenpes, 10p.
- BORGES, H.V., FIGUEIREDO JR., A.G., BEISL, C.H.. 1989, Baía de Sepetiba. Evolução Geomorfológica nos últimos 100 anos. I Simpósio de Geologia do Sudeste, SBG, Rio de Janeiro, p.59-60.
- BRISTOW, C.S. & PUCILLO, K.. 2006. Quantifying rates of coastal progradation from sediment volume using GPR and OSL: the Holocene fill of Guichen Bay, south-east South Australia. *Sedimentology* (53): 769-788.
- COSTA, D. T. M. A., ARGENTO, M. S. F., REIS, C. H.. 2005. Caracterização das plumas de sedimentos da Baía de Sepetiba como subsídio ao estabelecimento de planos amostrais em ambientes costeiros. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Goiânia, p. 2121-2127.
- DIAS-BRITO, D., MOURA, J. A., BRÖNNIMANN, P.. 1982. Modelo ambiental de laguna costeira clástica – Bacia de Sepetiba – RJ. In: Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil, p. 135-152.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; LEÃO, Z. M. A. N.; AZEVEDO, A. E. G.. 1990. Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 20, p. 208-215.
- FERRARI, A. & SILVA, M.A.M.. 1997. Bacia do Macacu (RJ): proposta de uma nova bacia do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: SBG, Simpósio de Geologia do Sudeste, 5, Itatiaia, Atas, p. 32-34.
- FITZGERALD, D.M.; BUYNEVICH, I.V. & ROSEN, P.S.. 2001. Geological evidence of Former Tidal Inlets along a Retrograding Barrier: Duxbury Beach, Massachusetts, USA. *Journal of Coastal Research*, 2000: 1-13.
- FORNARI, M.. 2010. Evolução Sedimentar holocênica da Retrobarreira na Região de Jaguaruna-Laguna, Santa Catarina, Brasil. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, USP. 262 pp.
- MACEDO, J. M., 1989, Evolução Tectônica da Bacia de Santos e Áreas Continentais adjacentes. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v. 3, n. 3: 159-174.
- MAIA, M.A.C.C., MARTIN, L., FLEXOR, J.M., AZEVEDO, A.E.G.. 1984. Evolução Holocênica da Planície Costeira de Jacarepaguá – RJ. In XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, SBG, Rio de Janeiro, v. 1, p. 105-118
- MALLINSON, D.J.; SMITH, C.W.; CULVER, S.J.; RIGGS, S.R. & AMES, D.. 2010. Geological characteristics and spatial distribution of paleo-

- inlet channels beneath the outer banks barrier islands, North Carolina, USA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 88: 175-189.
- MARTIN, L.; MORNER, N. A.; FLEXOR, J. M.; SUGUIO, K.. 1986. Fundamentos e reconstrução de antigos níveis marinhos do Quaternário. *Boletim IG-USP*. Publicação Especial, v. 4, p. 1-161
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. 1987. Quaternary evolution of the central part of the Brazilian coast. The role of relative sea-level variation and of shore line drift. *UNESCO Technical Papers in Marine Science*, v. 43, p. 97-145
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.. 1988. Hauts niveaux marins pléistocènes du littoral brésilien. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 68, p. 231-238
- MARTIN, L., SUGUIO, K.. 1989. Excursion Route along Brazilian Coast Between Santos (SP) and Campos (RJ) (North of State of Rio de Janeiro). *Int. Symp. Global Changes in south America During the Quaternary*. Spec. Publ. 2, Abequa-Inqua, São Paulo, 136 p.
- MITCHUM JR., R.M.; VAIL, P. R. & SANGREE, J.B. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 6: stratigraphy interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences. In: Payton, C.E. (Ed.) *Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Explorations*. Tulsa, AAPG, 117-133 (Memoir 26).
- PEREIRA, M.J.. 1992. Considerações sobre a estratigrafia do cenomaniano-santoniano em algumas bacias marginais brasileiras e sua implicação na história tectônica e sedimentar da margem continental. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v.6, n. 3/4:171-176
- PEREIRA, S.D.. 1998. *Influência da variação relativa do nível do mar no Manguezal de Guaratiba – Baía de Sepetiba – RJ*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências. Tese de Doutorado, 123p.
- RODRIGUEZ, A. & MEYER, C.T.. 2006. Sea-Level variation during the Holocene deduced from morphologic and stratigraphic evolution of Morgan Peninsula, Alabama, USA. *Journal of Sedimentary Research*, (76): 257-269.
- RONCARATTI, H., NEVES, L.E.. 1976. *Projeto Jacarepaguá – Estudo Preliminar dos Sedimentos Recentes Superficiais da Baixada de Jacarepaguá, Município do Rio de Janeiro – RJ*. Relatório Interno – Petrobrás / Cenpes, 89p.
- SOUZA CRUZ, C.E., BARROCAS, S.L.S.. 1987. Sedimentação Quaternária na Baixada de Jacarepaguá – Roteiro de Excursão. In X Congresso Brasileiro de Paleontologia, SBP, Rio de Janeiro, p. 1076-1085.
- SOUZA, L.S.; SOUZA, L.D. & CALDAS, R.C.. 2001. Identificação da coesão com base em atributos físicos convencionais em solos dos Tabuleiros Costeiros. In: Workshop Coesão em solos dos tabuleiros costeiros, Aracaju, 2001. Anais. Aracaju, EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2001. p.169-190.
- SUGUIO, K.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G.. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 15 (4):273-286
- SUGUIO, K.. 2003. Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas. *Geol. USP, Sér. didát.*, fev. 2003, vol.2, p.1-40. ISSN 1677-7549.
- SWITZER, A.D., BRISTOW, C.S. & JONES, B.G.. 2006. Investigation of large-scale washover of a small barrier system on the southeast Australian coast using ground penetrating radar. *Sedimentary Geology*, (283): 145-156.
- VILLWOCK, J.A., TOMAZELLI, L.J.. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. Notas Técnicas CECO/IG/UFRGS, 45p.
- ZALAN, P. V & OLIVEIRA, J. A. B.. 2005. origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 13 (2), p. 269-300.



CAPÍTULO IV

EVOLUÇÃO HOLOCÊNICA DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAGUAÍ, BAÍA DE SEPETIBA/RJ BASEADO EM EVIDÊNCIAS GEOLÓGICAS, GEOCRONOLÓGICAS E GEOFÍSICAS.





EVOLUÇÃO HOLOCÊNICA DA PLANÍCIE COSTEIRA DE ITAGUAÍ, BAÍA DE SEPETIBA/RJ BASEADO EM EVIDÊNCIAS GEOLÓGICAS, GEOCRONOLÓGICAS E GEOFÍSICAS.

Soraya Gardel Carelli¹, Paula Lúcia Ferrucio da Rocha²
e Helio Roncarati³

RESUMO

O entendimento dos processos da sedimentação holocênica na planície costeira da baía de Sepetiba na região de Itaguaí é relevante, uma vez que esta área tem sido considerada estéril em relação à sedimentação marinha. Entretanto, neste estudo encontraram-se evidências contrárias provenientes dos resultados de fotointerpretação, mapeamento de campo (cordões arenosos em cotas entre 4 e 5 metros, incrustações de conchas marinhas a aproximadamente 4 metros de altitude) e análises granulométricas, entre outros. Os sedimentos foram datados através da técnica de termoluminescência e os resultados mostraram-se coerentes com a possível deposição durante o evento transgressivo denominado Transgressão Flandriana (5100-5300 anos A.P.). Levantamentos geofísicos com o método elétrico e com o radar de penetração no solo (GPR) corroboraram esta hipótese. A integração desses dados proporcionou a confecção de mapa geológico/paleogeográfico. Neste trabalho conclui-se que este evento transgressivo pode ter proporcionado a acumulação dos sedimentos marinhos encontrados nesta área, renovando-se assim o conhecimento acerca do posicionamento da linha de costa na Baía de Sepetiba.

Palavras-chave: Holoceno; baía de Sepetiba; cordões arenosos.

ABSTRACT

This paper aims to comprehend the Holocene sedimentation in the coastal plain of Sepetiba Bay, Itaguaí County, state of Rio de Janeiro, since some doubt remains about the origins of the sandy deposits outcropping in the area. The relevance of the study is based on some new evidences that points out such deposits as marine sediments, since that these, have been considered, by some authors, absent in this area. This paper deals with the results of mapping surveys, fotointerpretation, granulometric studies, biological evidences, thermoluminescence (TL) ages of sediments, and geophysical surveys (GPR and electrical sounding - SEV). All of those presented evidences lead us to interpret these sedimentary deposits as marine sandridges, related to the climax of Flandrian transgression.

Keywords: Holocene; Sepetiba bay; sandridge.

1. UFRRJ - Departamento de Geociências, Instituto de Agronomia, Km 7 – BR 465- Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, carelli@ufrj.br
2. UFRJ – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências – IGEO, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza – CCMN, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.
3. Geólogo consultor do Projeto FAPUR/PETROBRAS/FINEP - nº. 0105085300

1. INTRODUÇÃO

Entre as coordenadas (616/626 E; 7463/7470 N UTM) (Figura 1), encontra-se inserida na planície costeira da baía de Sepetiba no município de Itaguaí. A grande variedade de processos sedimentares atuantes pré- e pós- Holocênicos, o fechamento da restinga

de Marambaia após sucessivos eventos eustáticos, transformaram este segmento costeiro, inicialmente de alta energia, em um sítio de baixa energia (Góes 1994). Os mecanismos de transporte de sedimentos realizados pelas variações do nível do mar favoreceram o registro de litofácies geradas por ondas e marés, em uma extensão de aproximadamente 8 km, tornando

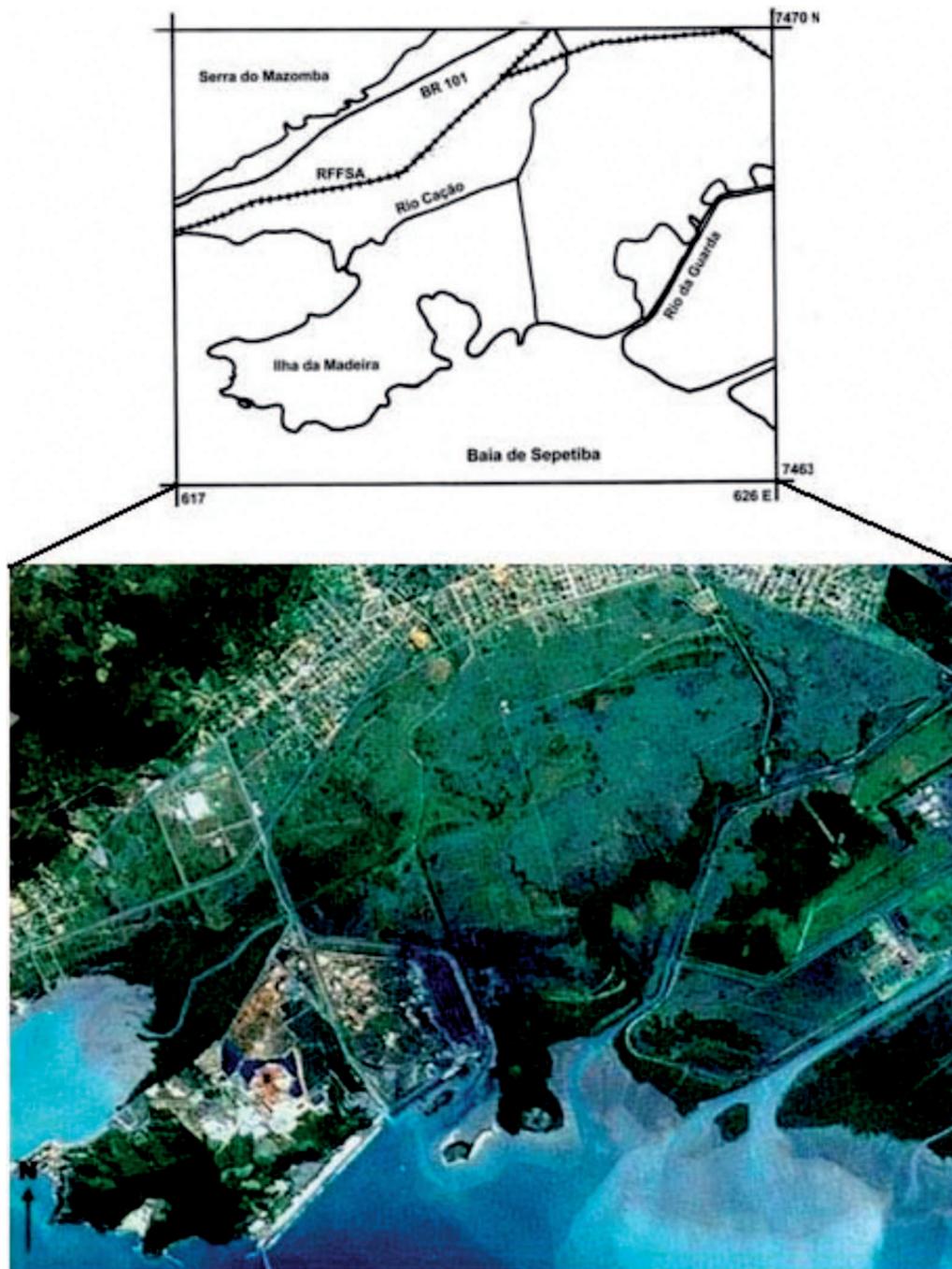


Figura 1 – Localização da área de estudo. Acima mapa extraído de ME folha Itaguaí, escala 1:50.000, abaixo imagem de satélite SPOT, escala aproximada 1: 60.000.

esta bacia peculiar em relação a outras situadas no mesmo contexto.

Os eventos eustáticos possibilitaram o retrabalhamento dos sedimentos continentais e biotetríticos da plataforma continental, depositados como cordões arenosos por efeito de ondas e correntes associadas num ambiente de energia relativamente alta.

Segundo Suguio & Martin (1978) há cerca de 5100 A.P. a variação do nível do mar no litoral sudeste do Brasil, especificamente em São Paulo, subiu aproximadamente de 3,0 a 5,0m. Castro *et al.* (2007), confirmaram a subida do nível do mar para a baixada de Jacarepaguá - área contígua a baía de Sepetiba.

De acordo com Martin & Suguio (1989), a área de estudo está limitada por duas falhas como apresentado na Figura 2, e também foi descrita por Zalán e Oliveira (2005) como parte integrante do sub-gráben Guanabara.

Martin & Suguio (1989) consideraram a região da área em estudo sujeita à submersão, baseando-se na ausência de depósitos marinhos que existem a oeste no município de Mangaratiba e só reaparecem na região de Pedra de Guaratiba, já no município do Rio de Janeiro,

fora dos limites da referida falha. Entretanto, Roncarati e Barrocas (1978) sugeriram não só a existência de cordão de praia de enseada, como também um paleossistema deltaico na área.

Embora Martin & Suguio (1989) tenham considerado a planície costeira de Itaguaí como estéril em relação à sedimentação marinha, os dados obtidos levam a uma interpretação positiva de sedimentação marinha na área.

Os cordões arenosos, mencionados neste trabalho foram mapeados na planície costeira da baía de Sepetiba, no município de Itaguaí/RJ. Dados geofísicos preliminares, levantados com radar de penetração no solo (GPR), em linhas transversais aos cordões (Almeida, 2005), confirmaram a presença de um material resistivo (areia) intercalado lateralmente com material condutivo (argila) que poderia representar saturação por água, o que foi chamado de intercordões. Os cordões arenosos estudados são observáveis em aerofotogramas e imagens de satélites. A extensão em planta destes litossomas varia entre 1000 a 1200m de comprimento, e 40 a 50 m de largura, com elevação acima de 3,0m (da base para o topo), alguns intercalados lateralmente com sedimentos argilosos e

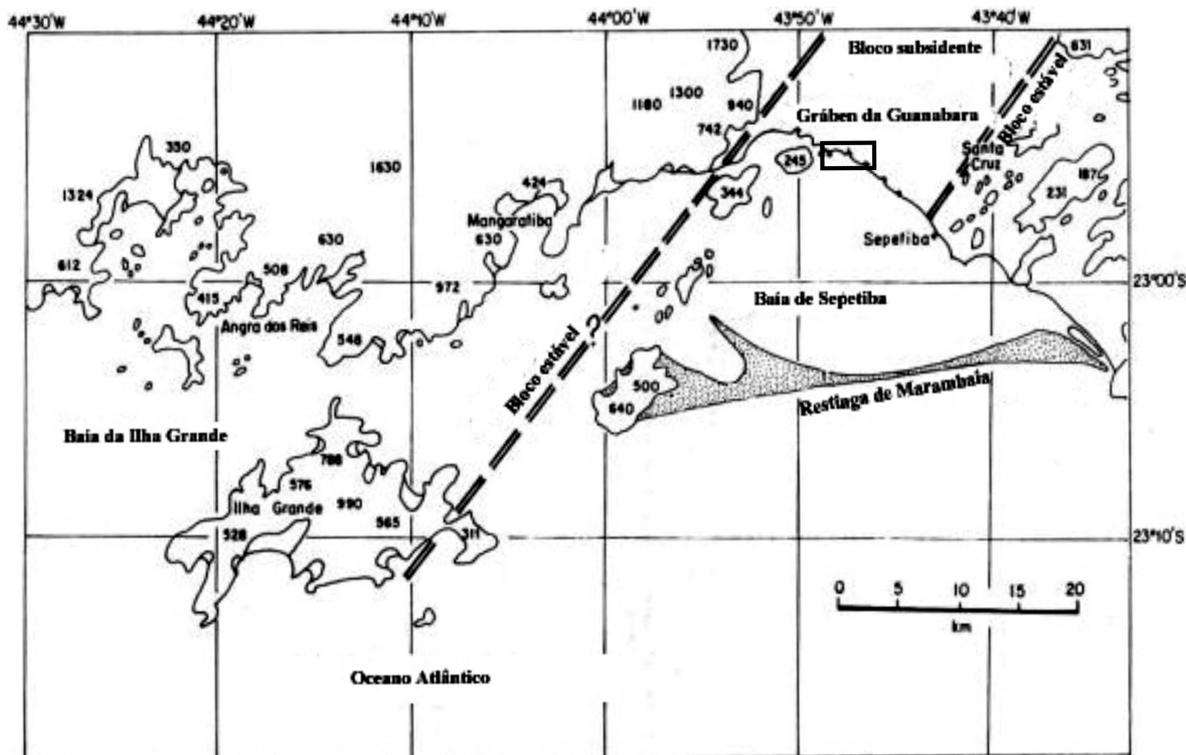


Figura 2 – Localização da área de estudo (indicado por um retângulo) no bloco subsidente do gráben da Guanabara (traduzido de Martin & Suguio 1989).

dispostos paralelamente entre si, distando de três a cinco quilômetros da linha de praia atual. Litologicamente, estes corpos na superfície são compostos principalmente de um arenito muito fino e bem selecionado e, observa-se, em pontos isolados, acumulações conchíferas parcialmente soterradas (Carelli *et al.* 2004). Carelli *et al.* (1998), relataram também incrustações de conchas em um matacão na Ilha da Madeira, situada nas imediações da área de estudo.

A relevância em se considerar ou não a existência de sedimentação marinha nesta área, consiste no fato da região do gráben da Guanabara ser área fonte da sedimentação Cenozóica da Bacia de Santos. Desta forma, um melhor entendimento no que se refere às áreas subsidentes dentro do gráben pode ser útil no estabelecimento dos modelos de sedimentação Cenozóica da bacia de Santos.

O trabalho foi realizado com base em investigações geomorfológicas, sedimentológicas, biológicas, pré-históricas e geocronológicas, suportados por dados de sondagens e informações geofísicas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme descrito anteriormente existem na literatura duas hipóteses sobre a sedimentação na planície costeira de Itaguaí: a primeira, de origem marinha e a segunda oposta a esta idéia. Seguindo a primeira hipótese, este estudo foi focado nos cordões arenosos que serão referenciados a partir de agora por cordão A, cordão B e cordão C (Figura 3). Para o desenvolvimento deste trabalho algumas vertentes de investigação foram importantes e foram divididas em atividades de caráter geológico (itens 2.1; 2.2 e 2.3), datações geocronológicas (itens 2.4 e 2.5) e técnicas geofísicas (item 2.6) que serão abordadas a seguir.

2.1. Fotointerpretação e Topografia

Para a interpretação fotogeológica das feições e a tradução do seu significado em aspectos geomorfológicos foram utilizados:

- Carta topográfica, folha Itaguaí, SF.23-Z-A-VI-3, MI 2744/3, ME. Escala 1: 50.000 (1999).



Figura 3 – Imagem spot (1996) da região de estudo com destaque no retângulo amarelo a área dos paleocordões A, B e C.

- Aerofotogramas da FUNDREM de 1976, escala 1:40.000 e 1:8.000;
- Aerofotogramas da EMBRAERO de 2005, escala 1:30.000
- Imagens de satélite SPOT de 1996 na escala 1:60.000;
- Levantamento planialtimétrico do município de Itaguaí, da Embraero de 2005.

A metodologia utilizada na fotointerpretação, denominada “Sistemática das Chaves”, baseada em Lima (1989), agrega os métodos das “Chaves” (Lueder 1959; Miller 1961) e da “Lógica Sistemática” (Guy 1966; Soares & Foiri, 1976).

Foram levantados perfis topográficos perpendiculares aos cordões arenosos para avaliar as variações topográficas existentes na área e determinar suas elevações máximas. Para tanto, utilizou-se dos dados da rede de monitoramento contínuo do IBGE e da TRIMBASE para apoio planimétrico. Na altimetria foi utilizada a RN 3068-J para determinar a ondulação geoidal aplicando-se o resultado aos demais pontos para o transporte das coordenadas.

2.2. Coleta de Amostras e Análise Granulométrica

Foi aberta uma trincheira de aproximadamente 250 metros de comprimento perpendicular aos cordões A e B, com vistas ao reconhecimento de estruturas sedimentares, descrição mineralógica e também coleta de amostras para análises granulométricas. Também foram coletadas amostras do cordão C. Foi analisada a morfometria dos grãos e aplicado a análise discriminante multivariável aos resultados das análises granulométricas (Sahu, 1964) a fim de se tentar definir o ambiente deposicional dos sedimentos. Confeccionou-se a curva de frequência acumulada, de onde foram retiradas informações para análise estatística e caracterização das amostras, como: diâmetro médio (MZ); desvio padrão; grau de assimetria (SK_1) e curtose.

A determinação dos ambientes de sedimentação para cada amostra foi obtida através da plotagem dos resultados num gráfico empírico (segundo Sahu, 1964), onde linhas de demarcação separam os diversos ambientes. Além das amostras coletadas na área, para calibração dos resultados, repetiu-se o método para duas outras amostras, uma delas coletada na linha de

praia atual (Município de Itacuruçá/ baía de Sepetiba/RJ) e outra de ambiente fluvial (Distrito de Cacaria/Seropédica/RJ).

Também foi considerado o grau de assimetria (SK_1) das amostras para estabelecimento do ambiente de sedimentação.

2.3. Sondagens Geomecânicas

Oito furos de sondagens (SP 01, 02, 03, 04, 06, 07, 08 e 09) (Figura 4) foram executados pela empresa Solus Sondagens e Estudos Geotécnicos LTDA, contratada especificamente para este trabalho, onde um furo (SP 05) foi descartado, as sondagens serviram para elaborar perfis de correlação estratigráfica.

2.4. Termoluminescência (TL)

As amostras de sedimentos para datações deste estudo, foram coletadas nos dois cordões arenosos A e B (Figura 5), obedecendo às mudanças granulométricas e mineralógicas. As análises foram executadas pela FATEC (Faculdade de Tecnologia de São Paulo) para datação (TL). Utilizou-se a metodologia de análise da paleodose e análise da dose anual.

2.5. Carbono 14

Neste trabalho quatro amostras de moluscos foram datadas pelo método ^{14}C (laboratório *Beta Analytic Radiocarbon Dating/Miami*) nos pontos (Figura 6) a seguir:

Ponto 1 - 4,2m de altitude em relação ao nível do mar atual na localidade Ilha da Madeira;

Ponto 2 - 0,50m de profundidade em Itaguaí;

Ponto 3 - Em um concheiro parcialmente soterrado no cordão B;

Ponto 4 - 1,40m de profundidade na área do cordão B.

As amostras foram pré-tratadas com HCl, lavadas sucessivamente com água destilada e removidas de eventuais compostos orgânicos pela raspagem da superfície das amostras com instrumentos metálicos.

2.6. Geofísica

2.6.1. Radar de penetração no solo (GPR)

Em 2006, Almeida *et al.*, através de levantamento geofísico na parte nordeste da área de estudo, utilizando



Figura 4 – Mapa de localização dos furos das sondagens executadas pela empresa Solus Sondagens e Estudos Geotécnicos LTDA para este estudo (sp – furo de sondagem).

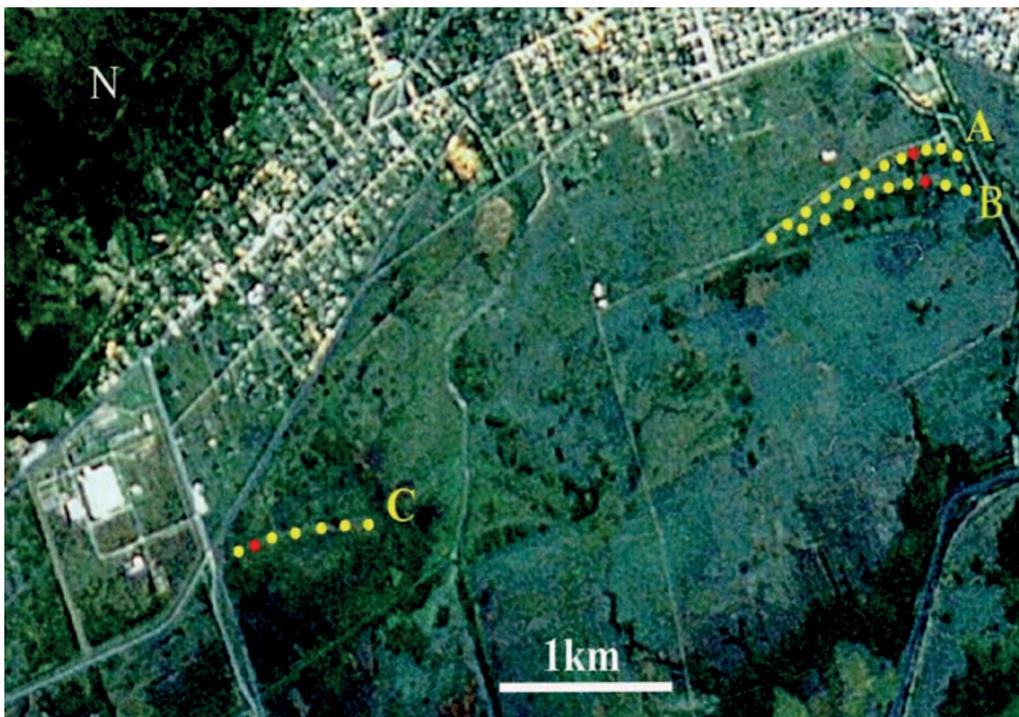


Figura 5 – Localização dos cordões arenosos A, B e C (amarelo) e trincheiras (vermelho) onde foram coletadas as amostras para datação TL.



Figura 6 – Mapa de localização das amostras de conchas coletadas para 14 C. 1 - Ilha da Madeira; 2 - Itaguaí; 3 - Concheiro; 4 - cordão B.

o GPR e dados de eletrorresistividade (SEV) em perfil perpendicular aos cordões arenosos, obteve informações que contribuíram para o mapeamento destes cordões em subsuperfície. Segundo os autores foi detectada a presença de depósitos arenosos e argilosos. Assim, de modo a se obter dados mais conclusivos a respeito da geometria dos cordões arenosos, novos levantamentos preferencialmente perpendiculares aos cordões foram executados para ajudar a compor o modelo de sedimentação para a área de estudo (Figura 7). Contratou-se a firma IDS-Sollum para aquisição de novos dados de GPR e de eletroressistividade: sondagem elétrica vertical (SEV's) e caminhamento elétrico (CE).

Os equipamentos empregados neste trabalho utilizaram antenas de 80 MHz, 200 MHz e 600 MHz.

2.6.2. Eletroressistividade (SEV e CE)

Neste trabalho utilizaram-se os dados de sondagem elétrica vertical (SEV) obtidos por Almeida *et. al.* (2006), além dos dados de caminhamento elétrico (CE) obtidos pela IDS-Sollum.

3. RESULTADOS

3.1. Evidências Geológicas

3.1.1. Dados Geomorfológicos

O levantamento planialtimétrico permitiu posicionar os cordões A e B entre as cotas de 4 e 5 metros. Pode-se também observar, a existência de pelo menos 02 cristas individualizadas, o que se mostrou bastante coerente com as informações obtidas da fotointerpretação (Figura 8).

3.1.2. Dados Sedimentológicos

Os sedimentos coletados na trincheira que cortou os cordões A e B, apresentaram em sua parte superior predominância de areia grossa a muito grossa, composta principalmente de grãos de quartzo sub-angulosos a sub-arredondados com quantidades subordinadas de feldspato, mas não foi possível observar nenhuma estrutura sedimentar. A partir de aproximadamente 1,0m de profundidade notou-se o aumento da granulometria



Figura 7 – Localização dos levantamentos com GPR executados pela IDS-Sollum.

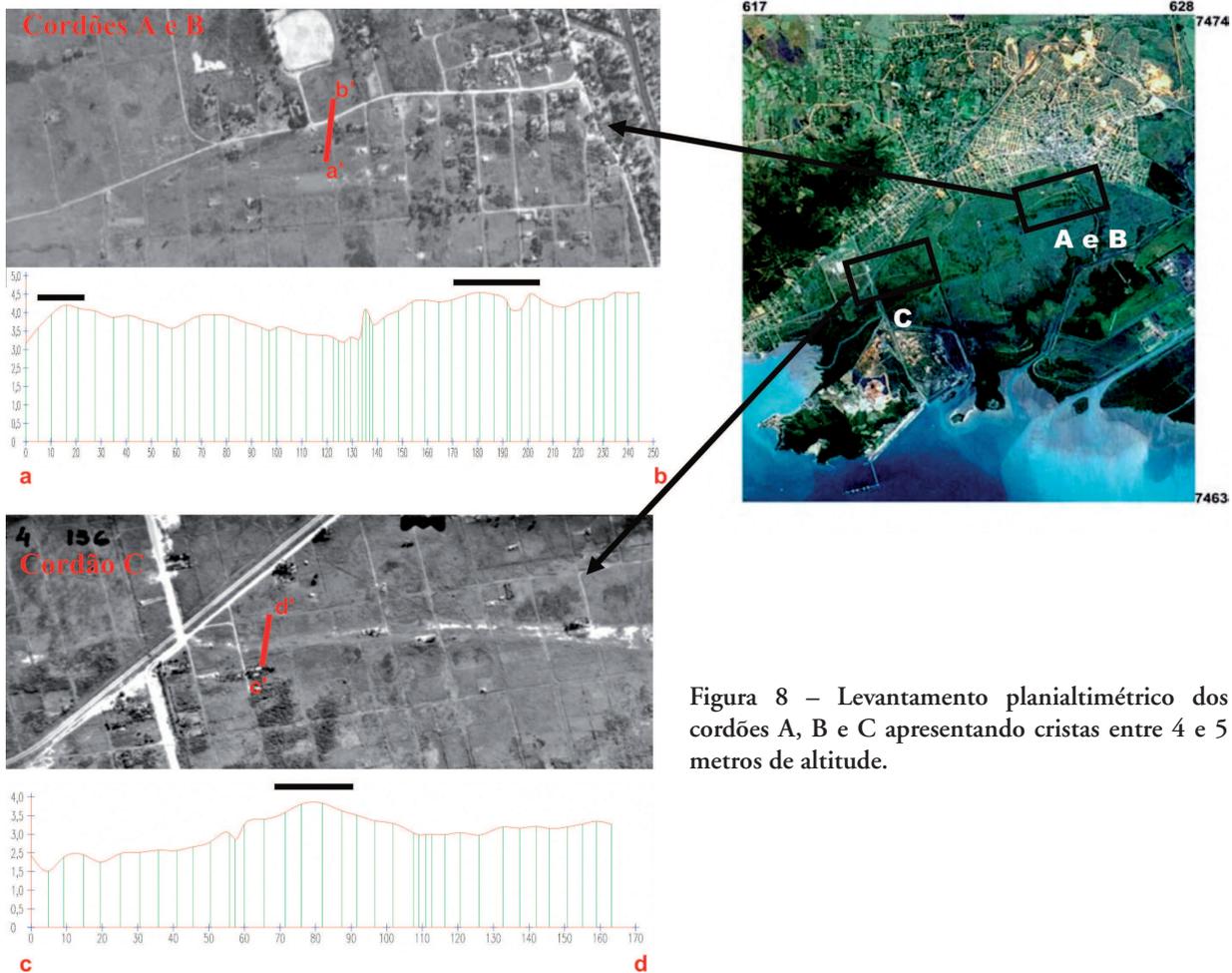


Figura 8 – Levantamento planialtimétrico dos cordões A, B e C apresentando cristas entre 4 e 5 metros de altitude.

da areia, nos cordões A e B com grânulos angulosos a sub-angulosos e também um aumento na ocorrência de feldspatos na ordem de 30% apresentando um incipiente alinhamento dos grãos. A mudança granulométrica é tão nítida que sugere um retrabalhamento na parte superior das camadas. Foi possível elaborar um croqui preliminar das camadas. Observou-se também grande quantidade de conchas nas imediações do cordão B (Figura 9).

Os resultados do teste de Sahu (1964) (Figura 10) demonstraram a existência de sedimentação em ambientes marinho raso para os cordões A e B, embora também se tenha encontrado indicadores de sedimentação fluvial para profundidades acima de 1,0m no cordão A, onde a granulometria grossa e o mal selecionamento sugere ambiente deposicional fluvial. Esta diferença poderia estar associada ao retrabalhamento por ondas da porção superior de um sistema fluvio-deltaico. Para a amostra C o método indicou sedimentação unicamente em ambiente praiial. O método demonstrou sua comprovada eficácia ao relacionar corretamente as amostras de Itacuruçá e Cacaria como marinha e fluvial respectivamente.

Também as medidas do grau de assimetria ($SK_1 < 1$) indicaram para o cordão A e cordão B classificação de mar raso e para o cordão A na profundidade de 1,0m ($SK_1 > 1$) classificação fluvial (Reineck & Singh, 1986), demonstrando coerência entre as duas metodologias.

3.1.3. Dados de Sondagens Geomecânicas

Os perfis litológicos em todas as áreas apresentaram uma alternância entre areia e argila em profundidade, mas algumas vezes, foi relatada a ocorrência de lentes de cascalho (SP 02, 03, 04 e 09) e presença de conchas (*Anomalocardia brasiliiana*, SP 04), o que já havia sido observado na abertura da trincheira.

As sondagens foram divididas em intervalos litológicos de acordo com a predominância do material encontrado. Pode-se resumir que os critérios usados para estabelecer correlações entre os poços foram baseados nas condições de energia dos ambientes aquosos que presidiram a sedimentação, tendo como base o estudo das litologias reconhecidas nas amostras recuperadas em escala macroscópica. Assim, as argilas foram consideradas como indicadoras de ambientes de menor energia em fase de aumento do nível relativo do mar, enquanto a presença de litologias mais arenosas sugeriu

a retomada de condições litorâneas de embate de ondas, ou seja, mais energéticas. A Figura 11 apresenta o perfil de correlação entre os sedimentos dos cordões A e B, e a Figura 12 o perfil a área central.

Através dos dados obtidos pelas perfurações pode-se observar que o embasamento cristalino nas áreas central e dos cordões A e B encontra-se mais profundo que na área do cordão C onde o embasamento é atingido a apenas 13 metros.

3.2 Evidências Temporais

3.2.1 Dados Pré - Históricos

Carelli *et al.* (2004) relataram a ocorrência de acumulações conchíferas parcialmente soterradas em pontos isolados na área de estudo encontradas no cordão B. Nas proximidades desta acumulação foram encontrados soterrados a aproximadamente 0,5 m de profundidade, no cordão B seixos de gnaisses elipsóides medindo entre 0,03m e 0,08m, incompatíveis com a granulometria e mineralogia dos sedimentos dos cordões, assim como fragmentos de ossos (Figura 13). Estes fatos levam a crer que se trata de restos de acumulações de grupos pré-históricos na área de estudo.

3.2.2. Dados Geocronológicos - Termoluminescência (TL)

De acordo com os dados de termoluminescência, as idades encontradas para os sedimentos dos cordões mapeados são respectivamente: Cordão A: 6.530 ± 1.120 anos A.P.; Cordão B: 4.500 ± 810 anos A.P. e Cordão C: 6.800 ± 975 anos A.P. Os cordões A e C apresentaram idade contemporânea sugerindo que tenham sido acumulados durante a transgressão Flandriana (5.100 – 5300 anos A.P.), e o cordão B construído a partir de variações eustáticas posteriores.

3.2.3 Dados Geocronológicos - Carbono 14

As amostras analisadas apresentaram as seguintes idades calibradas:

Ponto 1 - 4,2m de altitude em relação ao nível do mar atual na localidade Ilha da Madeira, 2.795 cal A.P.;

Ponto 2 - 0,50m de profundidade em Itaguaí, 3.440 cal A.P.;

Ponto 3 - Em um concheiro parcialmente soterrado no cordão B, 4.660 cal A.P.;

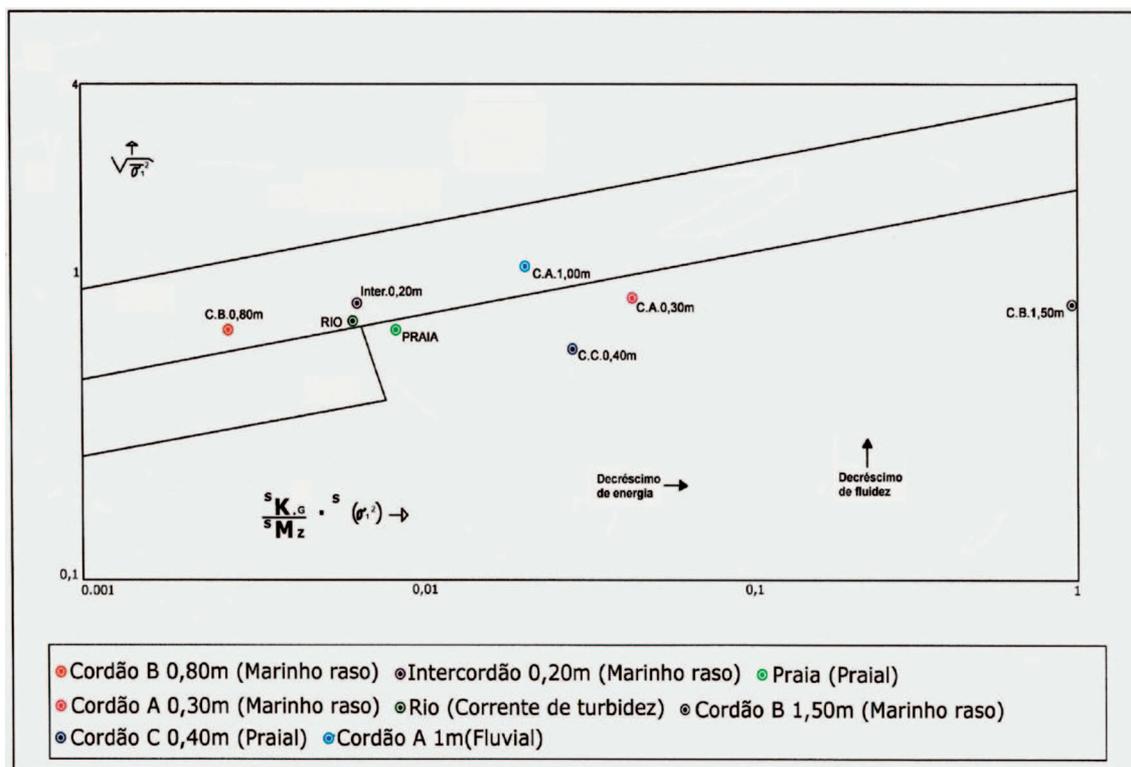
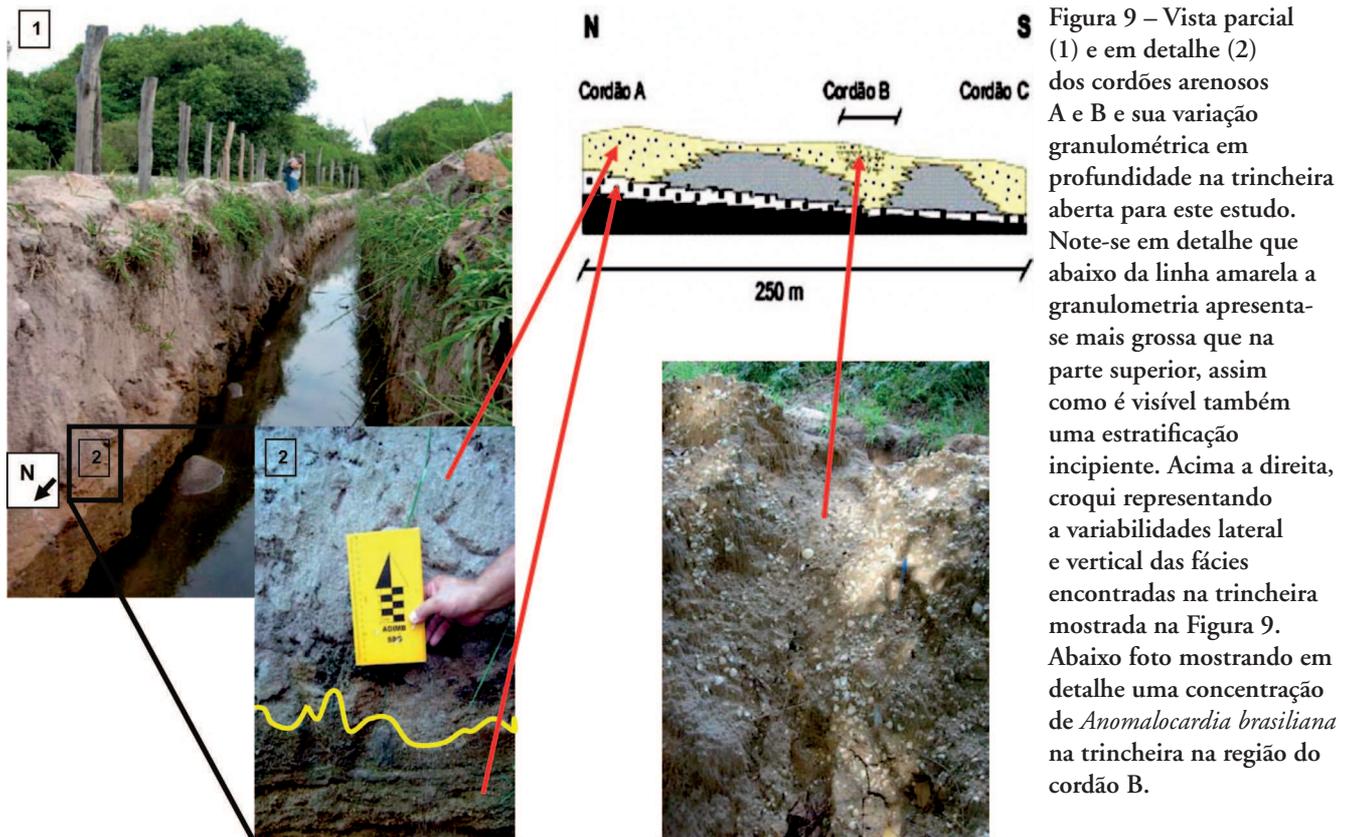


Figura 10 – Localização no gráfico de Sahu (1964) os resultados encontrados para as amostras estudadas.

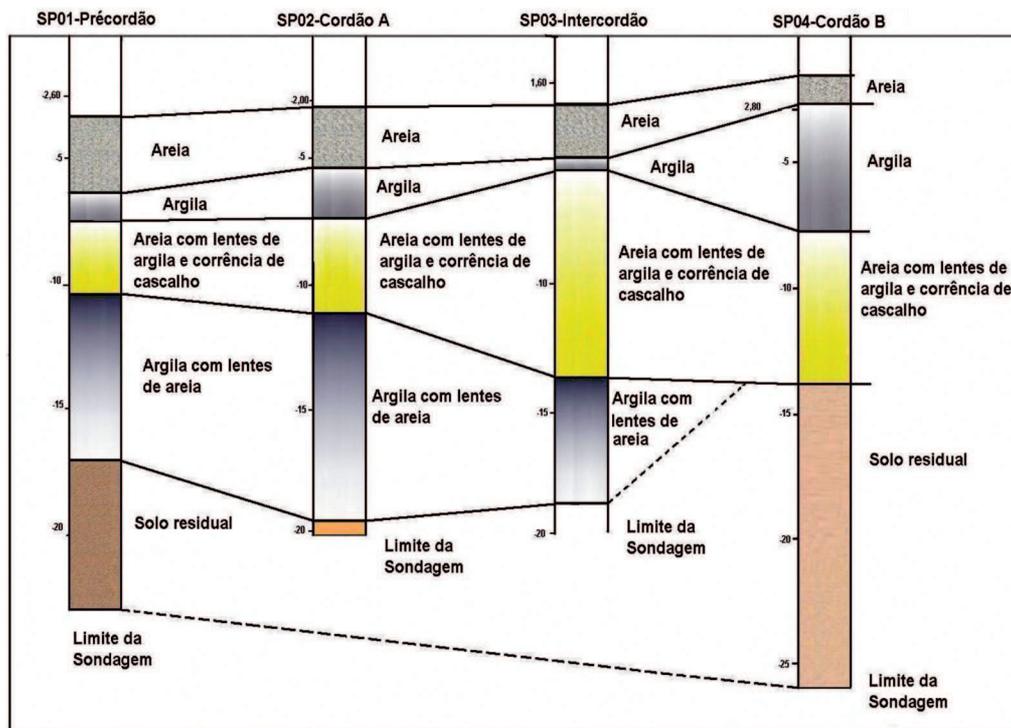


Figura 11 – Perfil de correlação para os cordões A e B. Nota-se a divisão em quatro intervalos principais alternando as litologias areia/argila.

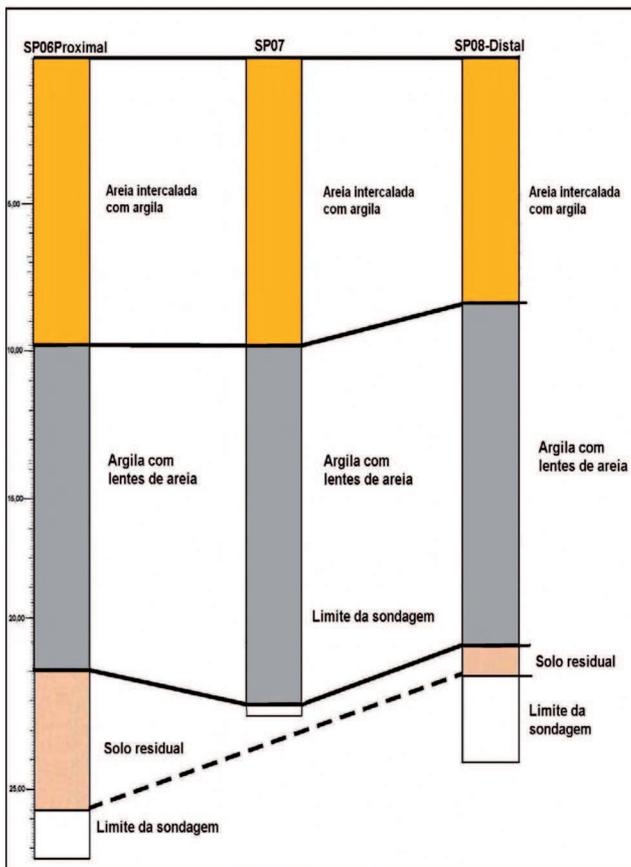


Figura 12 – Perfil de correlação para a área central. Nota-se, diferentemente da figura anterior, a divisão em apenas dois intervalos principais, alternando as litologias areia/argila.

Ponto 4 - 1,40m de profundidade na área do cordão B 5.580 cal A.P.

3.3. Evidências Geofísicas

3.3.1. Dados de Radar de Penetração no Solo (GPR)

Os dados de GPR sugeriram a existência de refletores inclinados, em direção à costa, indicando possíveis depósitos de areias regressivas intercalados lateralmente com sedimentos mais resistentes – intercordões (Figura 14).

3.3.2. Dados de Eletroresistividade (SEV e CE)

Os novos dados obtidos confirmaram os resultados de Almeida *et al.* (2006) e também se mostraram bastante consistentes com aqueles realizados pelos levantamentos de GPR, no que se refere a sedimentos mais resistentes (mais arenosos) e condutivos (mais argilosos), mostrando sedimentos arenosos sotopostos a outros argilosos talvez de fundo de baía primitiva (Figura 15). Esses resultados podem mais uma vez indicar uma interpretação positiva para a sedimentação marinha na área de estudo.



Figura 13 – Fotos dos seixos elipsóides e fragmentos de ossos encontrados no concheiro próximo ao cordão B.

4. INTEGRAÇÃO DOS DADOS

4.1. Dados de Mapeamento, Sondagens Geomécânicas e Geofísicas.

A partir dos dados de mapeamento de campo e fotointerpretação foi possível confeccionar o mapa geológico da área do rio Mazomba-Cação (Figura 16) destacando-se os cordões A, B, C, assim como outro sistema deltaico ao centro da área já mencionados por Roncarati & Barrocas (1978). Já os dados geomecânicos e geofísicos puderam ser integrados (Figura 17) possibilitando obter informações de subsuperfície detalhadas da área de estudo.

4.2. Dados Geocronológicos

As idades obtidas pelo método do ^{14}C mostraram-se coerentes com as determinadas pelo método da termoluminescência e permitiram elaborar um cenário onde se pode estimar dois momentos da linha de costa, o 1º utilizando-se as idades TL e do ^{14}C que variou entre 6.000 e 5.000 anos A.P. e o 2º mais preciso com idades entre 3.000 e 3.500 anos cal A.P apenas com radioisótopos (Figura 18).

4.3. Mapa Paleogeográfico

Seguindo as alegações de Suguio & Martin (1978) o nível do mar para o litoral de São Paulo esteve entre

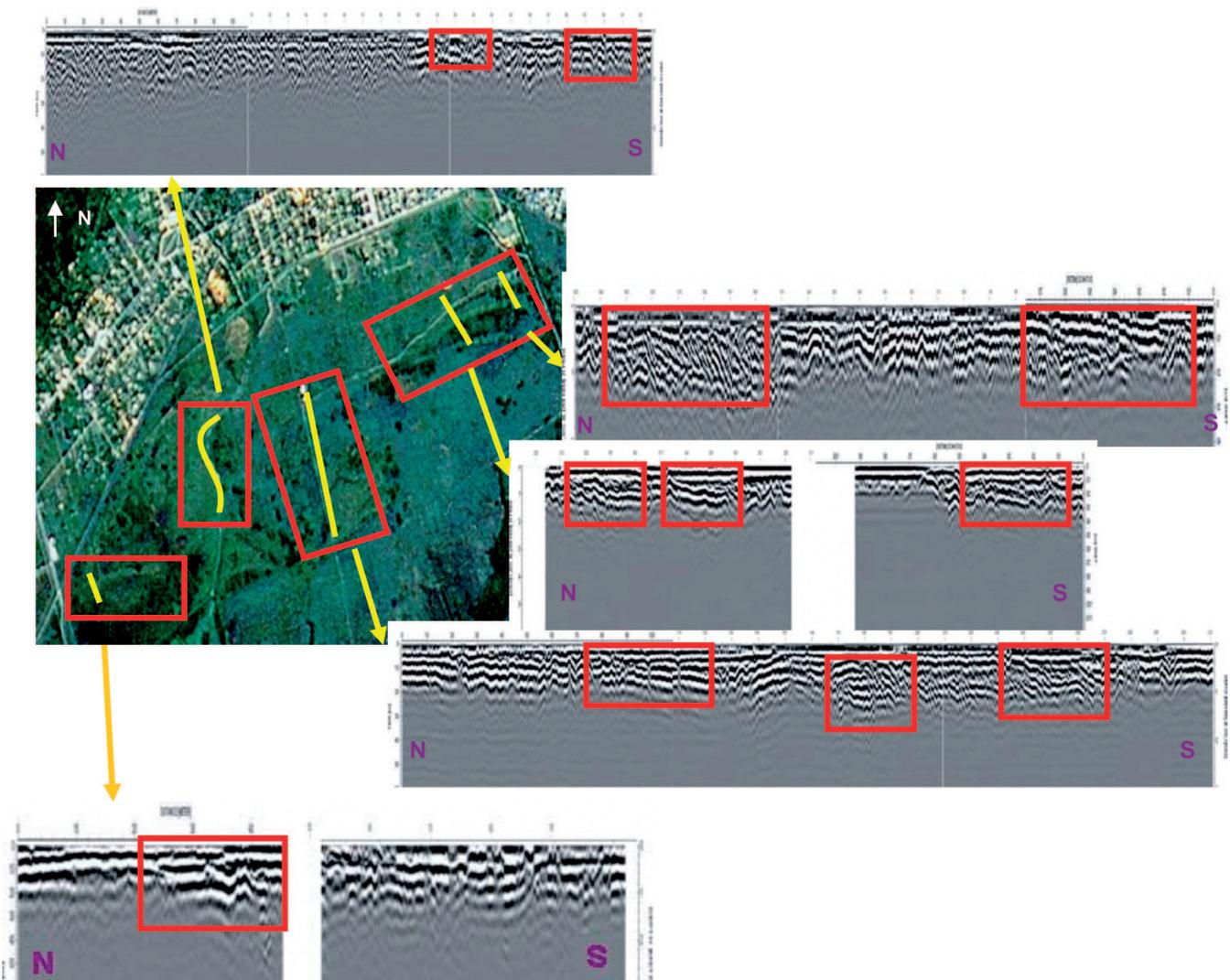


Figura 14 – Os resultados indicam os refletores das acumulações arenosas inclinados em direção a sul (retângulo vermelho) intercalados lateralmente com sedimentos mais condutivos (argilosos), que poderia representar saturação por água (intercordões).

3,0 e 5,0 metros em 5.100 anos A.P. Entretanto, segundo os mesmos autores, no litoral do Rio de Janeiro provavelmente não tenha passado de 3,0 metros. Baseado nas evidências de campo obtidas neste trabalho resolveu-se a partir de métodos gráficos, insistir na linha de análise de que poderíamos ter depósitos marinhos na área de estudo e em altitudes equivalentes às relatadas para o Litoral de São Paulo num cenário entre 3.000 e 6.000 A.P..

Assim, com base nos dados obtidos pela integração de metodologias interdisciplinares experimentou-se inserir um paleo-oceano na cota

de 5,0m (Carelli *et al.* 2006), utilizando-se para tanto, o levantamento planialtimétrico do município de Itaguaí/RJ, executado pela EMBRAERO em 2005, em conjunto com o programa Autocad 2008, com detalhamento de 5m. A análise dos resultados permitiu observar uma coincidência entre os cordões arenosos considerados neste trabalho como marinhos, e o posicionamento do nível do mar num possível máximo transgressivo de 5,0m, ou seja, superior aos 3,0m anteriormente sugeridos por Suguio & Martin (1978). O mapa paleogeográfico resultante é apresentado na Figura 19.

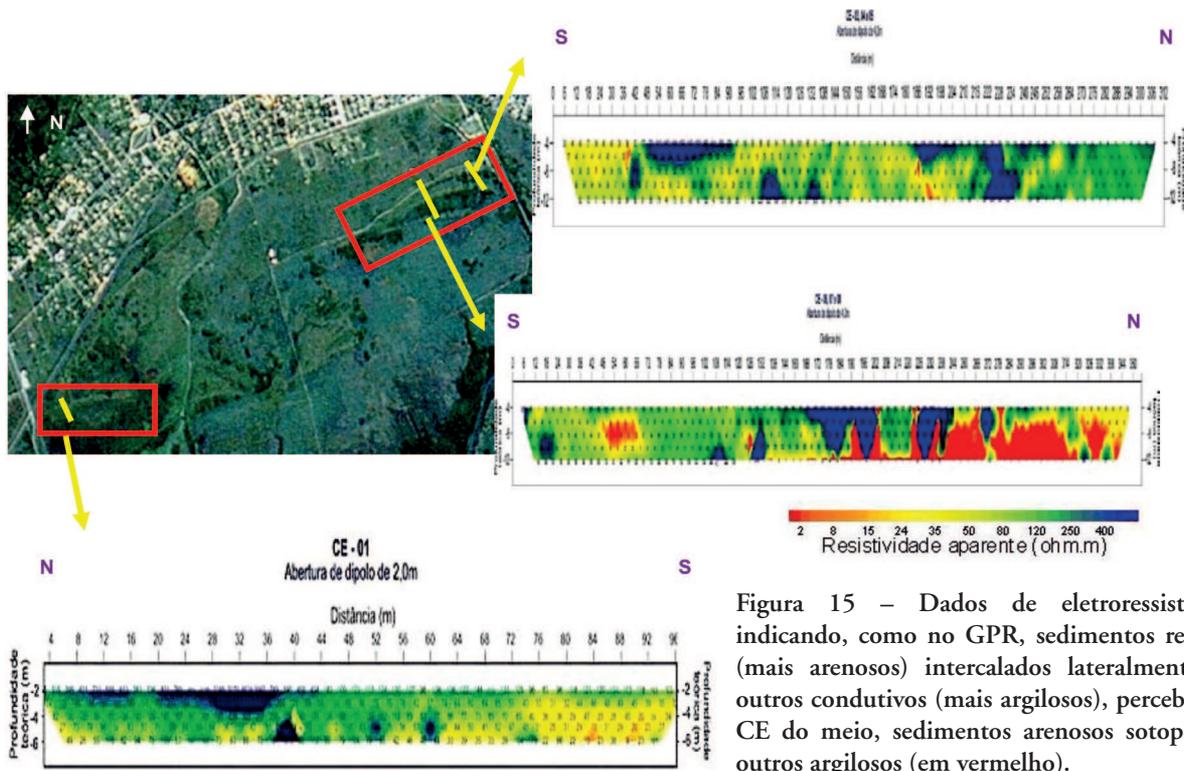


Figura 15 – Dados de eletroresistividade indicando, como no GPR, sedimentos resistentes (mais arenosos) intercalados lateralmente com outros condutivos (mais argilosos), percebe-se no CE do meio, sedimentos arenosos sotopostos a outros argilosos (em vermelho).

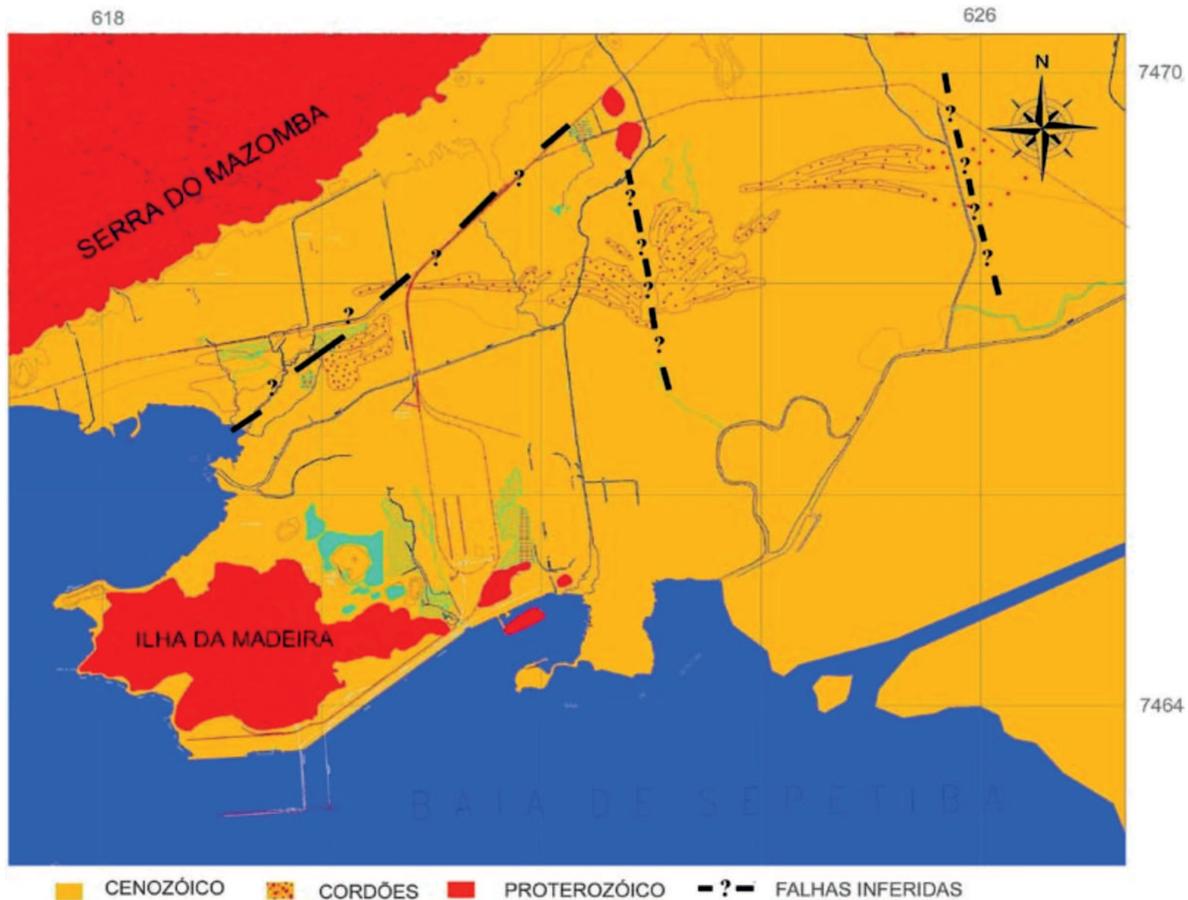


Figura 16 – Mapa geológico da planície costeira de Itaguaí.

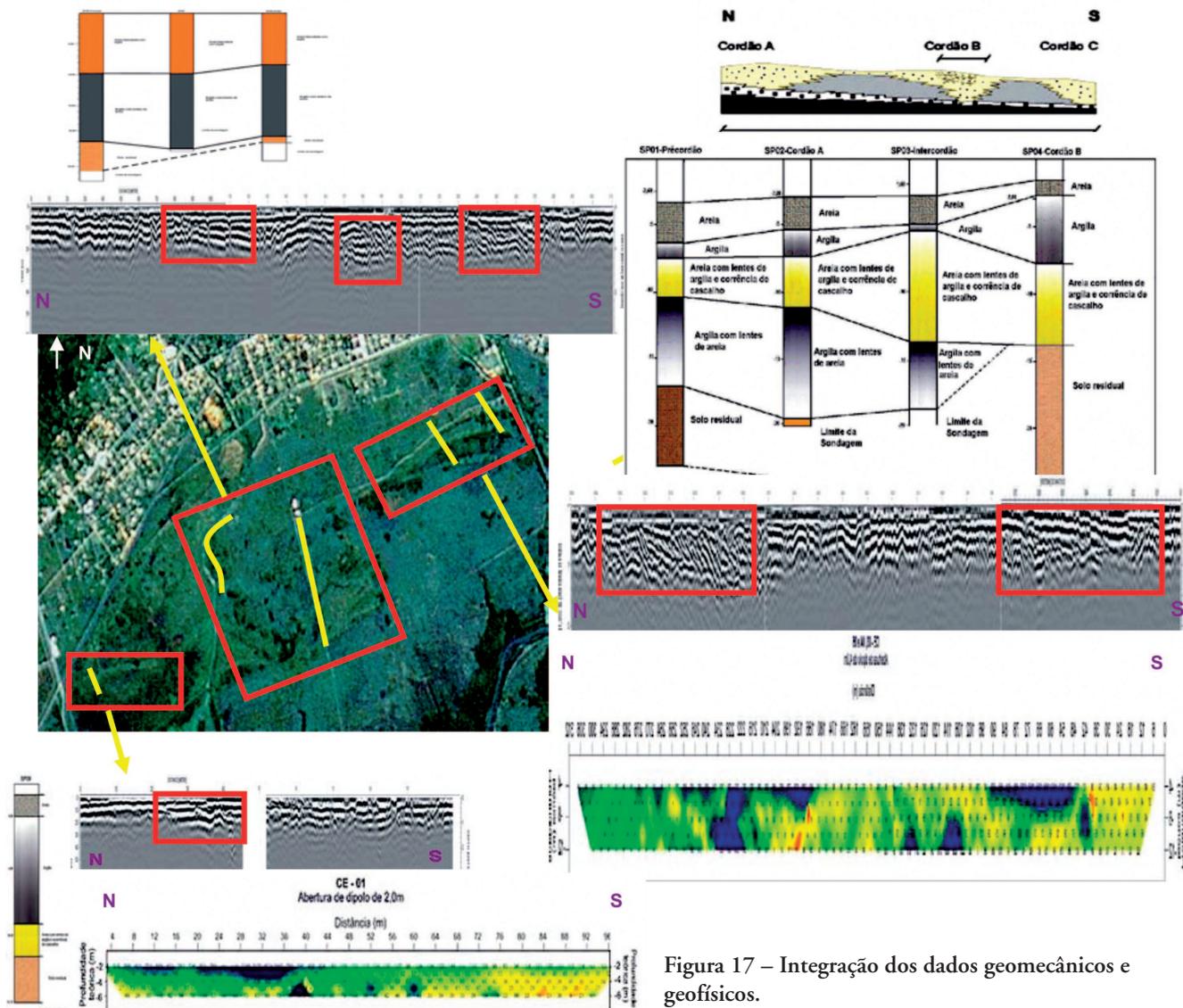


Figura 17 – Integração dos dados geomecânicos e geofísicos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de estudo está inserida na porção oeste do gráben da Guanabara e vários trabalhos discutem a existência de falhas nesta região. A discrepância entre o volume de sedimentos acumulados nos segmentos oeste e centro norte desta área, além da coincidência de direcionamento dos eixos de paleodrenagens, pode indicar novos sistemas de falhas ainda não identificadas que poderiam estar atuantes até o presente. Este fato que deve ser considerado com cuidado por empresas que pretendem implantar instalações industriais de grande porte na região.

Como foi exposto neste trabalho existem resultados relevantes da ocorrência de sedimentação marinha na baía de Sepetiba dentro do município de Itaguaí nos últimos

7.000 anos A.P. Para tanto foram utilizadas diversas abordagens que culminaram com um possível cenário há 3.000 anos A.P. com o nível relativo do mar num posicionamento entre 4 e 5m, contrariando informações obtidas da literatura, vale a pena ressaltar que Roncarati e Barrocas (1978) já compartilhavam desta tese a partir de estudos de fotointerpretação. Entretanto, sabe-se da ambiguidade existente no que se refere às datações geocronológicas e posicionamentos da linha de costa, pois os resultados podem estar refletindo fases de subsidência ou emergência continental. Sugere-se aqui que, em trabalhos futuros, áreas contíguas, como por exemplo, a porção leste da baixada de Sepetiba, sejam investigadas através de abordagens interdisciplinares para melhor correlacionamento espaço-temporal.

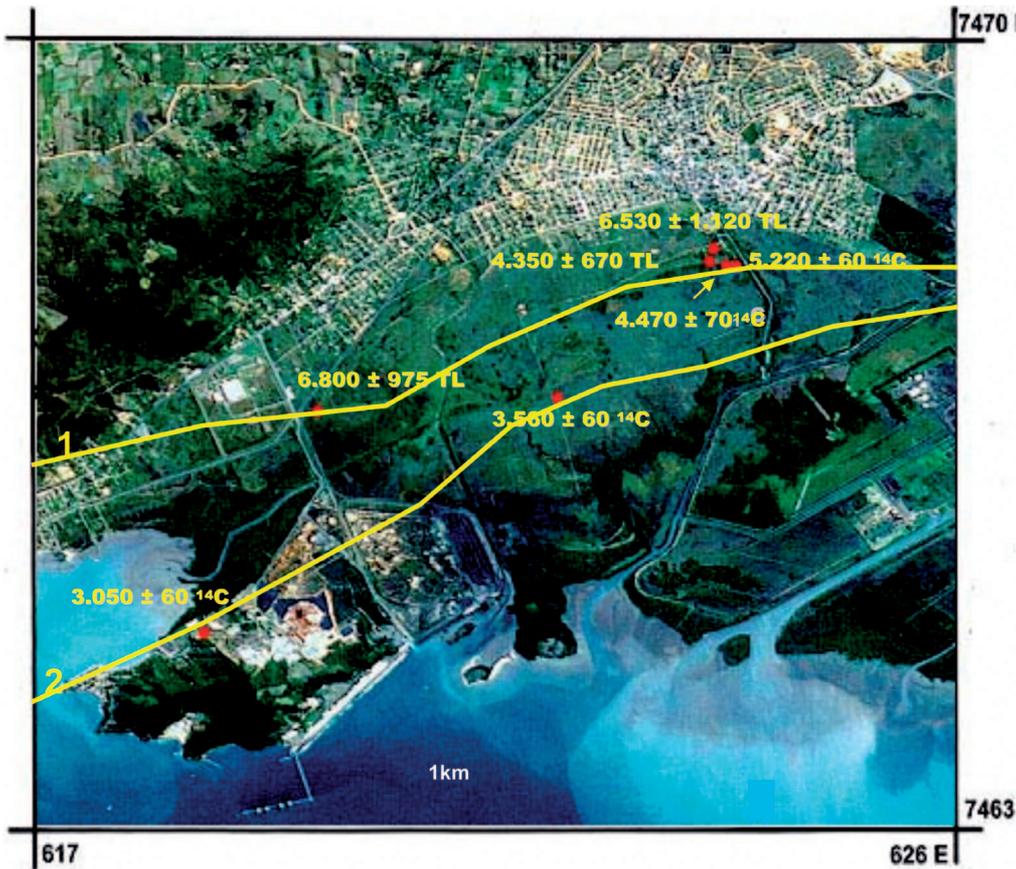


Figura 18 – Mapa de localização dos dados geocronológicos e sugestões de posicionamentos da linha de costa (linha amarela) nos últimos 6.000 anos A.P.

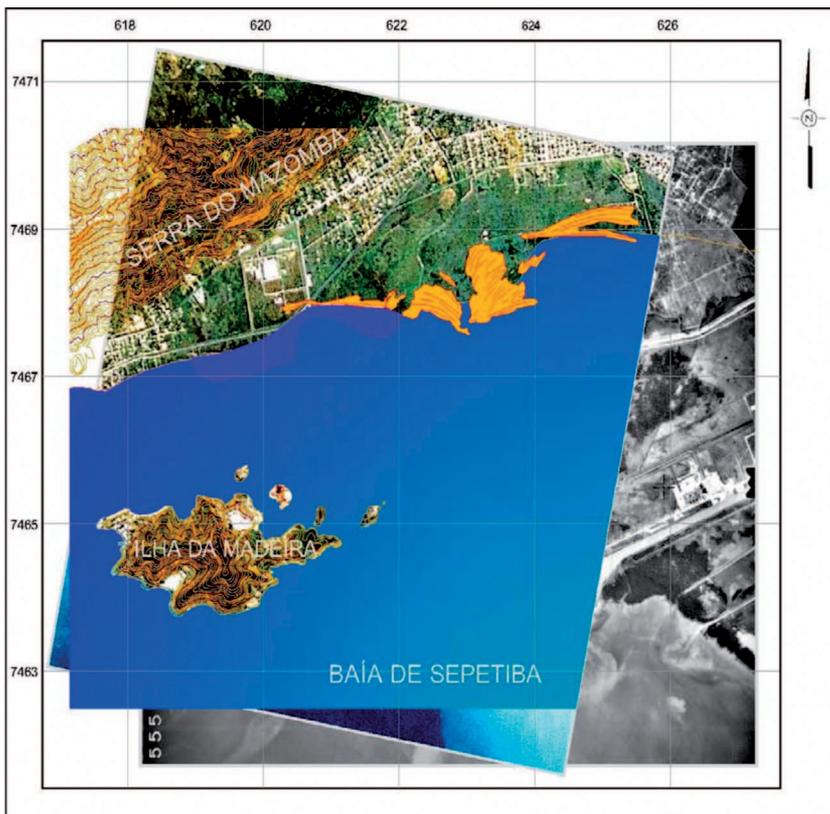


Figura 19 – Mapa paleogeográfico da planície costeira de Itaguaí entre 3.000 e 6.000 anos A.P. Escala 1:50.000.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. O. 2005. **Modelagem de cordões arenosos através de investigação geofísica, zona costeira da Baía de Sepetiba. Itaguaí – RJ**, 2005. 114p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Curso de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro.
- ALMEIDA, F.O.; ROCHA P.L.F. da; PLASTINO R.H.; CARELLI S.G.. 2006. Geological Model for Sand Ridge Deposits Using GPR Data at Sepetiba Bay, Itaguaí – RJ – Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUND PENETRATING RADAR, 11, 2006, Columbus, Ohio. **Annals**, Columbus, Ohio. CD-ROM.
- AUTOCAD ARCHITETURE. 2008. Automatic Computer Aided Design. CD-ROM.
- BRASIL. 1999. Ministério do Exército. Diretoria de Serviço Geográfico. **Região sudeste do Brasil**. SF. 23-Z-A-VI-3, MI 2744/3, folha Itaguaí. Mapa Escala 1: 50.000.
- CARELLI, S.G.; ROCHA, P. L. F. da; ALMEIDA, F., O.; PLASTINO, R.H.; RONCARATI, H. 2004. Discussão sobre a ocorrência de sedimentos marinhos na planície costeira da baía de Sepetiba – Município de Itaguaí – RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42, 2004, Araxá, MG. **Resumos...** MG. Sociedade Brasileira de Geologia.
- CARELLI, S.G.; ROCHA, P.L.F. da; COSTA , B.P. 2006. Uso do GPR na Caracterização de cordões arenosos na bacia do rio Mazomba-Cação/Baía de Sepetiba-RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43, 2006, Aracaju. **Anais...** SE:SBG.
- CARELLI, S.G.; RONCARATI, H.; COSTA, T.O. 1998. Evidências da Transgressão Flandriana na Ilha da Madeira/Baía de Sepetiba – Itaguaí (RJ). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40. 1998, Belo Horizonte. **Anais...** MG: Sociedade Brasileira de Geologia.
- CASTRO, J.W.A; CALHEIROS, A.L S. dos; PINHEIRO, L. A. 2007. Variações de nível relativo do mar nos últimos 7.000 anos A.P. na planície costeira de Jacarepaguá – Rio de Janeiro: aplicação do programa *CALIB* 5.0.1 In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DO QUATERNÁRIO, 7., 2007, Belém. **Resumos...** Belém, ABEQUA. CD-ROM.
- EMPRESA BRASILEIRA DE AEROFOTOGRAMETRIA. SA. 2005. **Recobrimento aerofotogramétrico do município de Itaguaí**. Escala 1: 30.000.
- FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO. 1976. **Recobrimento aerofotogramétrico do município de Itaguaí** . Rio de Janeiro: A Fundação. Escala 1: 40.000 e 1: 8.000.
- GÓES, M. H. de B. 1994. **Diagnóstico Ambiental por Geoprocessamento do Município de Itaguaí**. 1994. Tese (Doutorado Geologia.) – Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Estadual de São Paulo - UNESP, Rio Claro, SP.
- GUY, M. 1966. Quelques principes e quelques experiences sur la méthodologie de la photo-interpretation. In: SIMPOSIUM INTERNATIONAL DE PHOTO-INTERPRETATION, 2, 1966, Paris. **Actes**. Paris: Sociéte Internationale de Photogrammétrie. v. 16, p. 21041.
- LIMA, M.I.C. 1989. Metodologia de interpretação radargeológica. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, 4. 1989, Bariloche. **Anais...** Argentina. p. 629-639.
- LUEDER, D.R. 1959. **Aerial photographic interpretation**. New York: McGraw-Hill. 173p.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. 1989. Excursion Route Along The Brazilian Coast Between Santos And Campos. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GLOBAL CHANGES IN SOUTH AMERICA DURING THE QUATERNARY, São Paulo. 95p. (Special Publication, n. 2).
- MILLER, V.C. 1961. **Photogeology**. New York: McGraw-Hill. 248 p.
- REINECK, H.E.; SINGH, I.B. 1980. **Depositional Sedimentary Environments**. New York, Springer-Verlag. 551p.
- RONCARATI, H.; BARROCAS, S.L.S. 1978. **Estudo geológico preliminar dos sedimentos recentes superficiais da Baía de Sepetiba, Município do Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba, RJ**.

- (Projeto Sepetiba). Rio de Janeiro: Petrobrás, CENPES, 78p. (Relatório preliminar).
- SAHU, B. K. 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clastics sediments. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, n. 34, p. 73-83.
- SOARES, P. C.; FIORI, A.P. 1976. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, SP, v. 16, n. 32, p.71-104.
- SPOT. 1996. **Imagem de satélite da região da baía de Sepetiba**. Escala 1 :60.000.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L. 1978. Quaternary marine formation of the states of São Paulo and Southern Rio de Janeiro. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1978, São Paulo. Brazilian National Working Group for the IGCP SP. 55p. (Special Publication, n. 1)
- ZALÁN, P.V.; OLIVEIRA, J.A.B de. 2005. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v.13, n.2, p. 269-300.



CAPÍTULO V

RESTOS DE MOLUSCOS NA BAÍA DE SEPETIBA COMO INDICADORES DE ALTERAÇÕES PRETÉRITAS DA LINHA DE COSTA NO HOLOCENO





RESTOS DE MOLUSCOS NA BAÍA DE SEPETIBA COMO INDICADORES DE ALTERAÇÕES PRETÉRITAS DA LINHA DE COSTA NO HOLOCENO

Silvia Dias Pereira¹ & Sonia Barbosa dos Santos²

RESUMO

Os moluscos apresentam estreitas relações com o ambiente, atuando como excelentes indicadores. Nas áreas estuarino-lagunares, incluindo os manguezais, as restrições ecológicas devido às constantes mudanças físico-químicas trazidas pelas flutuações das marés, selecionaram ao longo do tempo espécies características desses ambientes. As flutuações do nível do mar ao longo dos eventos do Quaternário provocaram migrações das zonas de manguezais e conseqüentemente da fauna associada. O material foi obtido a partir de testemunhos de sedimentos coletados no manguezal de Guaratiba. Foi demarcado um transecto aproximadamente perpendicular à linha de costa (perfil SE-NE), com sete pontos (A-G) demarcados. Os testemunhos foram obtidos com um sistema “vibracore” de alumínio (6m de comprimento; 76,2 mm de diâmetro interno). A sequência de sedimentos foi caracterizada biológica e geoquimicamente. Dos moluscos encontrados, os bivalves foram os mais abundantes, principalmente *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791), *Corbula cubaniana* d’Orbigny, 1853 e *Felaniella vilardeboana* (d’Orbigny, 1846). *Anomalocardia brasiliiana* ocorreu nos testemunhos A (todas as profundidades), B (quase todo o testemunho) e D (1,82 a 3,15 m), indicando fundos argilo-arenosos em águas rasas. A ocorrência de *Felaniella vilardeboana* nos testemunhos B (1,80 e 2 m) e C (1,50 e 2,10 m) indica uma camada arenosa depositada em profundidades de 25 a 77m. A ocorrência

de *Corbula* sp nos testemunhos B (2,05 m) e D (4,62; 5,03; 5,20 e 5,25 m), sugere uma profundidade de 15 a 125 m. *Corbula cubaniana* presente nos testemunhos C (1,10 e 1,73 m); D (4,28 e 4,43 m); E (4,62 e 4,73 m) e G (2 m), indicam fundos argilosos e arenosos com 10 a 40 m de profundidade. A distribuição dos moluscos mostra a ocorrência de eventos tanto regressivos como transgressivos na área da Baía de Sepetiba no intervalo de aproximadamente 6100 a 2400 anos antes da época atual.

Palavras Chave: variações do nível do mar, moluscos, Baía de Sepetiba, manguezal

ABSTRACT

Mollusks have close relationship with the environment, acting as excellent biological indicators. Lagoon-estuarine areas, including mangroves, show a lot of ecological restrictions due to the constant physicochemical changes brought about by tidal fluctuations. This scenario selected over time species adapted to these environments. Fluctuations in sea level over the Quaternary events caused migrations of mangroves areas and consequently of the associated fauna. The material was obtained from testimonies of sediments collected in the mangrove swamp of Guaratiba. It was demarcated an approximately perpendicular transect to the coastline (profile if-NE), with seven collecting points

1. Depto. de Oceanografia Geológica, Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 20550-900 Rio de Janeiro, RJ. E-mail: silvia-dp@uerj.br

2. Depto. de Zoologia, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução (PPGEE). 20550-900 Rio de Janeiro, RJ. E-mail: sbsantos@uerj.br

(A-G). The testimonies were obtained by a “vibracore” aluminum system (6 m length; 76.2 mm internal diameter). The sequence of sediments was characterized biological and geo-chemically. Bivalve were the most abundant mollusks found, mainly *Anomalocardia brasiliensis* (Gmelin, 1791), *Corbula cubaniana* d’Orbigny, 1853, and *Felaniella vilardeboana* (d’Orbigny, 1846). *Anomalocardia brasiliensis* occurred in the testimonials A (all depths), B (almost all the testimony) and D (1.82 to 3.15 m), indicating clayey-sandy bottoms and shallow waters. *Felaniella vilardeboana* occurred in testimonials B (1.80 and 2 m) and C (1.50 and 2.10 m) indicating a sandy layer deposited in depths of 25 to 77 m. *Corbula* sp occurred in testimonials B (2.05 m) and D (4.62; 5.03; 5.20 and 5.25 m), suggesting depth of 15 to 125 m. *Corbula cubaniana* present in testimonies C (1.10 and 1.73 m), D (4.28 and 4.43 m), (4.62 and 4.73 m) and G (2 m), clayey and sandy bottoms 10 to 40 m deep. The mollusk distribution shows the occurrence of events both regressive as transgressive in the Sepetiba Bay area in the range of approximately 6100 to 2400 years before the present days.

Key Words: sea level changes, mollusks, Sepetiba Bay, mangrove

INTRODUÇÃO

Na história recente de nosso planeta, considerando o Holoceno, eventos de alteração do nível do mar têm sido a cada dia mais estudados (Dominguez *et al.* 1981; Caron 2007; Soares 2007). No Brasil, especialmente para a costa sudeste podemos citar os trabalhos de Martin *et al.* (1979), Martin (2003), Angulo *et al.* (2006), Pereira *et al.* (2007), Dias *et al.* (2009).

Nas áreas estuarino-lagunares, aqui incluindo os manguezais, as restrições ecológicas devido às constantes mudanças físico-químicas trazidas pelas flutuações das marés, selecionaram ao longo do tempo espécies características desses ambientes. Nessas áreas, a instabilidade de fatores ligados principalmente à salinidade, temperatura, umidade e substrato inconsolidado, relativamente pobre em oxigênio, determina uma colonização por uma fauna em geral eurihalina, euriérmica e osmorreguladora.

Por outro lado, as flutuações do nível do mar, ao longo dos eventos do Quaternário, provocaram mudanças nos padrões de sedimentação, migrações das zonas de manguezais e conseqüentemente, mudanças na distribuição da fauna associada (Pereira *et al.* 2007). Assim, num cenário de aquecimento global, com prognósticos de elevação do nível do mar (Muehe 2010), o estudo das áreas de manguezais pode contribuir para uma melhor caracterização da evolução das mudanças do nível do mar e dos reflexos sobre a evolução da costa brasileira (Barth *et al.* 2010; Soares 2007).

Indicadores de diversas naturezas, como sedimentológicos, biológicos ou arqueológicos podem auxiliar os estudos de variação do nível do mar (Martin *et al.* 1979). Dentre os indicadores biológicos, os moluscos apresentam estreitas relações com o ambiente, sendo úteis para a detecção de mudanças ambientais. As conchas de bivalves, entre outros restos da fauna, são boas indicadoras dessas variações (Angulo & Lessa 1997, Aguirre *et al.* 2006).

MATERIAL E MÉTODOS

A área de trabalho está localizada no manguezal de Guaratiba, na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro (23°00'18.03"S- 43°36'18.84"O; 23°00'53.44"S- 43°37'08.86"O). Uma linha imaginária aproximadamente perpendicular à linha de costa foi traçada, e sete pontos de amostragem marcados, identificados de A a G, sendo A o mais afastado da linha de costa (Figura 1). Os pontos de amostragem foram escolhidos de acordo com a variação da vegetação, na planície de maré inferior, e com a distância, na planície de maré superior, através de foto-interpretção e observação visual. A obtenção dos testemunhos de sedimento em cada ponto de amostragem ocorreu de março de 1995 a junho de 1996, utilizando-se equipamento tipo “vibracore”, com tubos de alumínio de 6 m de comprimento, 3” de diâmetro interno e paredes de 3 mm de espessura. O conjunto utilizado possui ainda um motor de 6 hp, um cabo vibrador e um tripé para sustentação e recuperação do testemunho (PEREIRA *et al.* 1995).

Os testemunhos foram transportados para o Laboratório de Oceanografia Geológica da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, onde ocorreu a triagem dos restos de moluscos e análise dos sedimentos.

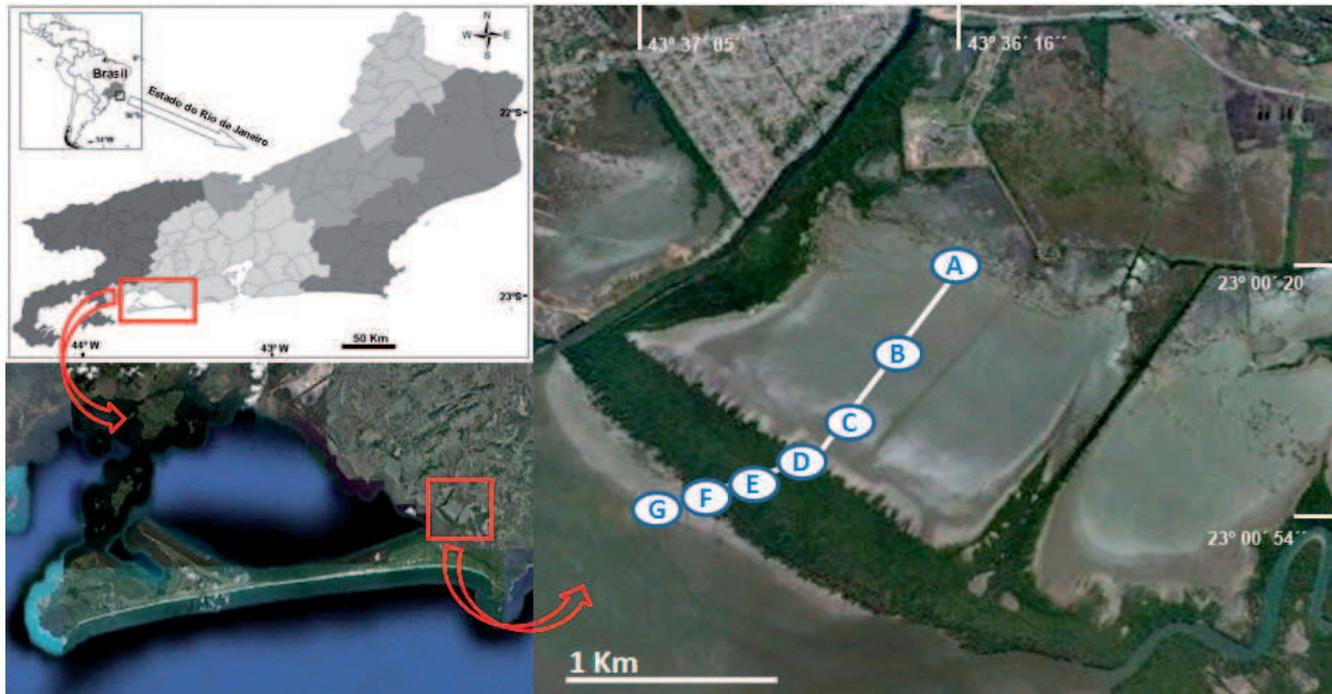


Figura 1 – Localização da área e dos pontos de amostragem na Baía de Sepetiba

O material malacológico está depositado na Coleção de Moluscos do Departamento de Zoologia do Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes (IBRAG/UERJ).

RESULTADOS

A análise dos testemunhos resultou na obtenção de restos de moluscos, principalmente bivalves, segundo a lista sistemática a seguir.

Classe Bivalvia

Ordem Veneroida

Família Ungulinidae

Felaniella vilardeboana (d'Orbigny, 1846)

Família Lucinidae

Phacoides pectinatus (Gmelin, 1791)

Família Veneridae

Anomalocardia brasiliana (Gmelin, 1791)

Família Corbulidae

Corbula patagonica d'Orbigny, 1846

? *Corbula caribaea* d'Orbigny, 1842

Classe Gastropoda

Ordem

Família

Bulla striata Bruguière, 1792

Fragmentos de Scaphopoda e outros Bivalvia (Tellinidae, Veneridae, Ostreidae e *Chione* sp) também foram recuperados.

Os bivalves foram os mais abundantes, destacando-se *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791), *Corbula cubaniana* d'Orbigny, 1853 e *Felaniella vilardeboana* (d'Orbigny, 1846). Dentre os gastrópodes, destacamos *Bulla striata* Bruguière, 1792, um opistobrânquio, que ocorre em fundos arenosos, na região entre-marés. A tabela 1 mostra a distribuição dos restos de moluscos nos testemunhos obtidos.

Anomalocardia brasiliana é uma espécie extremamente polimórfica, que vive em substratos areno-lamosos, em águas rasas. Ocorre do Caribe ao Uruguai, sendo muito abundante em baías, enseadas e estuários (Boehs *et al.* 2008), indicando águas de quentes a mornas (Martinez & Del Rio 2005). No perfil estudado, ocorreu nos testemunhos A, B e D, indicando fundos argilo-arenosos em águas rasas (Tabela 1).

No mesmo testemunho, ocorreu uma alternância entre espécies de águas mais profundas (*Chione* sp e *Corbula* spp), características de fundos de areia e lama em profundidades de 10 a 40 metros e *Anomalocardia*

Tabela I: Distribuição dos restos de moluscos nos testemunhos procedentes de sete perfis obtidos em sedimentos da baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, RJ. Quadrados sombreados significam profundidades não analisadas em cada um dos perfis.

Profundidade	Perfil dos testemunhos						
	A	B	C	D	E	F	G
0,68		A					
0,70	A						
0,72		B					
0,80	A						
0,90	A						
0,97		A					
1,00	A						
1,10	A, P		C				
1,20	A, P						
1,30	A						
1,50			F		B		
1,60		C					
1,70		A					
1,73			C				
1,80		F					
1,82				A			
1,84		A					
1,95		A					
2,00		F				C	C
2,05		C					
2,08		A					
2,10			F				
2,11		A					
2,22		A					
2,26		A					
2,50					B		
2,55				Ch			
2,80	A						
2,90	A						
3,00	A						
3,08				A			
3,10	A						
3,15				A			
4,28				C			
4,43				C			
4,62					C		
4,75				C			
4,78					C		
4,90				C			
4,93				C			
5,00						C	
5,15				C			
5,25				C			

A - *Anomalocardia brasiliana*; B - *Bulla striata*; C- *Corbula patagônica/C. caribaea*; Ch- *Chione* sp; F- *Felaniella vilardeboana*; P- *Pitar* sp

brasiliana, indicando a alternância entre eventos transgressivos e regressivos (Figura 2). Essa alternância complementou e corroborou as informações e conclusões obtidas pelas análises granulométricas (Pereira 1998) e palinológicas (Barth *et al.* 2010).

Segundo Pereira (1998) e Barth *et al.* (2010), datações realizadas nas conchas de procedentes de 1,82m de profundidade forneceram a idade de 565 ± 40 anos, enquanto que as conchas procedentes de 5,20 m de profundidade forneceram a idade de 6130 ± 40 anos. A espécie procedente do testemunho D (1,82m) corresponde a *A. brasiliana*; portanto, podemos imaginar um ambiente similar ao atual pelo menos desde o último evento regressivo, iniciado há cerca de 2400 anos A.P. com a lenta descida do nível do mar e a formação da restinga com sedimentação característica de área lagunar e de manguezal.

Existem duas correntes de pensamento sobre como se deu essa descida do nível do mar: uma delas, proposta por Suguio *et al.* (2005), descreve pequenas oscilações entre o máximo eustático e o nível atual; a outra, defendida por Angulo (2006), descreve uma descida lenta, contínua e gradual até o nível atual (Villena 2007).

Segundo Ângulo & Lessa (1997), *A. brasiliana* “vive abaixo do nível da maré baixa até alguns metros de profundidade”. Bancos de conchas servem para indicar pelo menos o nível de maré baixa da época em que viviam estes bivalves (Dias *et al.* 2009).

Bancos de bivalves, entre eles *A. brasiliana* foram identificados em sedimentos do Quaternário tardio no nordeste do Brasil (Bezerra *et al.* 2003), indicando, junto com outros indicadores, flutuações do nível do mar datadas de aproximadamente 7100-5800 antes do presente até 2100-1100.

No Rio Grande do Sul, Caron (2007) concluiu que nos depósitos sedimentares na desembocadura do Arroio Chuí, os restos de moluscos, entre eles *A. brasiliana* indicam uma fase de afogamento que teria ocorrido entre 6539+ 40 anos A.P., correspondendo a um ambiente estuarino.

A presença de *Corbula* sp nos testemunhos B (2,05 m) e D (4,62; 5,03; 5,20 e 5,25 m), sugere uma profundidade de 15 a 125 m. *Corbula cubaniensis* presente nos testemunhos C (1,10 e 1,73 m); D (4,28 e 4,43 m); E (4,62 e 4,73 m) e G (2 m), indicam fundos argilosos e arenosos com 10 a 40 m de profundidade,

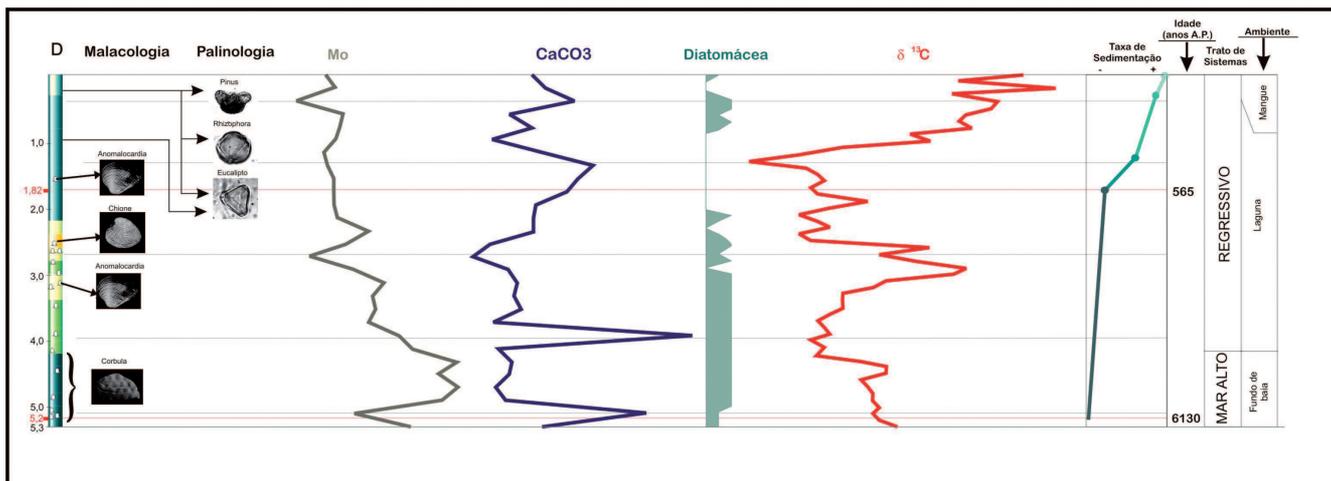


Figura 2 – Dados do testemunho D obtido no manguezal de Sepetiba, Rio de Janeiro, RJ.

reforçando a ocorrência de evento transgressivo por volta de 6130 ± 40 anos A.P. e ambiente característico de fundo de baía.

Nesta configuração o mar avança sobre o que atualmente é a planície costeira da região, numa flutuação eustática do nível do mar devido à entrada de um período interglacial. Forma-se uma ampla baía, francamente aberta à influência marinha, com boca de mais de 34 Km entre a Ilha de Itacuruçá e a Ponta do Picão (Pedra de Guaratiba) voltada à direção SW. (VILLENA 2007).

A ocorrência de *Felaniella vilardeboana* nos testemunhos B (1,80 e 2 m) e C (1,50 e 2,10 m), assim como restos de outros bivalves essencialmente marinhos, indicam uma camada arenosa depositada em profundidades de 25 a 77m. A distribuição dos moluscos mostra a ocorrência de eventos tanto regressivos como transgressivos na área da Baía de Sepetiba no intervalo de aproximadamente 6100 a 2400 anos antes da época atual, na seguinte sequência:

1. Uma transgressão máxima ocorreu há cerca de 5100 anos A.P., com o nível do mar quase 5m acima do limite atual. A presença de *Corbula* spp indica profundidades de 15 a 25 metros, características de fundo de baía.
2. Um evento regressivo ocorreu há cerca de 4900 anos A.P. com a deposição de sedimento tamanho areia e a formação de um cordão arenoso.

3. Uma nova transgressão ocorreu por volta de 3800 anos A.P., com o nível do mar atingindo cerca de 3 metros acima do limite atual. As conchas de *Corbula cubaniana* e *Felaniella vilarboana* atestam a maior profundidade do ambiente.
4. Por volta de 2400 anos A.P. teve início outro evento regressivo, com a deposição de sedimentos mais finos. *Anomalocardia brasiliana* confirma a existência de águas rasas e sedimentos argilo-lamosos.

CONCLUSÕES

No desenvolvimento da planície costeira da área de Guaratiba podem ser considerados dois grandes ciclos, bem distintos, caracterizados por um evento transgressivo seguido de um regressivo, com dois eventos transgressivos menores incluídos nesse regressivo:

1. Ciclo Transgressivo

O mar penetrou nas áreas mais baixas, atingindo um nível superior ao atual (Transgressão Santos), dando origem a um grande embaiamento, com sedimentos siltosos sendo depositados. Atingiu seu máximo há cerca de 5100 anos A.P., com o nível do mar chegando a cerca de 4,8 m acima do nível atual.

2. Ciclo Regressivo

Com o início do recuo gradativo do mar há cerca

de 4900 anos A.P., cessou a deposição da camada siltosa e começou a deposição de sedimentos com uma maior porcentagem de areia, dando início à formação da primeira zona de progradação. Esse evento avançou até a formação de um primeiro cordão arenoso com o desenvolvimento de uma laguna atrás. Esse primeiro evento regressivo ocorreu até cerca de 3800 anos A.P., quando teve início uma nova transgressão, por um período menor.

Com a chegada desse pequeno período de submergência, começa a deposição de sedimento lamoso com >10% de areia e a migração do cordão arenoso em direção ao continente. Esse segundo evento transgressivo se mantém até cerca de 3500 anos A.P., com o começo de outro período regressivo.

Durante esse novo período regressivo, aconteceu a formação de um segundo cordão arenoso que evoluiu a uma restinga. Esse período regressivo termina há cerca de 2700 anos A.P., para dar início a mais um evento transgressivo.

Esse novo evento transgressivo, menos acentuado do que o anterior, ocasionou a migração do segundo cordão arenoso em direção ao continente. Esse último evento teria ocorrido há cerca de 2400 anos A.P.

Desde então, teve início um último evento regressivo que ocorre até os dias de hoje. O nível do mar desceu lenta e continuamente até o nível atual. Durante esse período ocorreu a formação de uma primeira restinga que, com o rebaixamento do nível do mar até o atual, foi abandonada, dando início a formação de uma outra restinga e do fechamento da Baía de Sepetiba. A partir de então, vem ocorrendo sedimentação característica de área lagunar, em ambiente de baixa energia e, a sedimentação típica de manguezal.

A idade determinada para o início da deposição dessa camada é de 565 anos A.P. indicando uma taxa de sedimentação, baseando-se nos dados do testemunho D, de 0,32 cm/ano até 1,82 metros de profundidade e de 0,06 cm/ano de 1,82 a 5,30 metros de profundidade, considerando-se a idade estimada para a base do mesmo testemunho, de 6130 anos A.P. A taxa de sedimentação característica de manguezal, 0,1 a 0,8 cm/ano (Schwamborn & Saint-Paul 1996), está inserida no primeiro intervalo.

Considerando-se o problema do enquadramento das fases transgressiva e regressiva, apontadas no

manguezal de Guaratiba, na evolução do Quaternário na Costa do Brasil, é possível estimar que as mesmas se referem aos últimos episódios do Quaternário, correspondentes ao Nível Marinho Alto Holocênico ou Transgressão Santos.

AGRADECIMENTOS

À Luiz Eduardo Macedo de Lacerda, doutorando do Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução do IBRAG/UERJ pela elaboração do mapa da Figura 1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, M.L.; S. RICHIANO & Y. NEGRO SIRCH. 2006. Palaeoenvironments and palaeoclimates of the Quaternary molluscan faunas from the coastal area of Bahía Vera-Camarones (Chubut, Patagonia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 229 (4): 251-286.
- ANGULO, R.J. & G.C. LESSA. 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.J.; G.C. LESSA & M.C. SOUZA. 2006. A critical review of the mid- to late Holocene sea level fluctuations on the Eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews* 25: 486-506.
- BARTH, O.M.; L.G. COELHO & D.S. SANTOS. 2010. Análises palinológicas inferindo variações ambientais em área de mangue da Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, Número Especial 2, Manguezais do Brasil. 6p, (no prelo). [Disponível em http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgcimang7_Barth.pdf]
- BEZERRA, F.H.R.; BARRETO, A.M.F. & SUGUIO, K. 2003. Holocene sea-level history on the Rio Grande do Norte State coast, Brazil. *Marine Geology* 196 (2003): 73-89
- BOEHS, G.; T.M. ABSHER & A.C. CRUZ-KALED. 2008. Ecologia populacional de *Anomalocardia brasiliensis* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Boletim do*

- Instituto de Pesca 34 (2): 259 – 270.
- CARON, F. 2007. **Depósitos sedimentares associados à desembocadura do Arroio Chuí (Planície Costeira do Rio Grande do Sul) e suas relações com as variações do nível do mar durante o Holoceno.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 82pp.
- DIAS, F.F.; J.W.A. CASTRO; J.C.S. SEOANE & L.H.R. CAMARGO. 2009. Indicadores de Mudanças Climáticas e de Variações do Nível do Mar na Costa do Rio de Janeiro: Aquecimento ou Resfriamento? **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia** 1 (1): 21-32.
- DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. & MARTIN, L. 1981. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA) Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Geociências** 11 (4): 227-237.
- MARTIN, L. 2003. Holocene sea-level history along Eastern-Southeastern Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ** 26: 13-24.
- MARTIN, L.; K. SUGUIO & J.M. FLEXOR. 1979. Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananéia (São Paulo) et Barra de Guaratiba (Rio de Janeiro), p. 296-331. *In*: K. SUGUIO, R.R. FAIRCHILD, L. MARTIN & J.M. FLEXOR (Eds). **Proceedings of the 1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary.** São Paulo.
- MARTINEZ, S. & C. DEL RIO. 2005. Las ingresiones marinas del Neógeno em el sur de Entre-rios (Argentina) y litoral oeste de Uruguay y su contenido malacológico. **Temas de la biodiversidad del litoral fluvial argentino. II INSUGEO, Miscelánea** 14: 13 – 26.
- MUEHE, D. 2010. Brazilian coastal vulnerability to climate change. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences** 5 (2): 173-183.
- PEREIRA, S.D.; G.C.B. FILHO; S. MATTOS; H.H. VILLENA; H.A.F. CHAVES; M. SOARES & M.C. MAURIEL. 1995. Utilização de um testemunhador tipo *vibracore* para estudos em manguezal da Baía de Sepetiba – RJ. **VII Semana Nacional de Oceanografia. Resumos:** 147.
- PEREIRA, S.D. 1998. **Influência da variação relativa do nível do mar no manguezal de Guaratiba – Baía de Sepetiba – RJ.** Tese de Doutorado. Centro de Geologia Costeira e Oceânica. UFRGS. 133 p.
- PEREIRA, S.D.; H.A.F. CHAVES & S.B. SANTOS. 2007. Evidence of sea level change at Guaratiba Mangrove, Sepetiba Bay, Brazil. **Journal of Coastal Research** SI 50: 1097-1100.
- SOARES, M.L.G. 2007. **Impactos das mudanças globais sobre manguezais do Município do Rio de Janeiro.** Instituto Pereira Passos: Protocolo do Rio/Estudos e Pesquisas. Seminário Rio- próximos 100 anos. 11 pp. [Disponível em <http://www.rio.rj.gov.br/ipp/>]
- SCHWAMBORN, R. & U. SAINT-PAUL. 1996. Mangrove-forgotten forests? **Natural Resources and Development** 43/44: 13-36.
- SUGUIO, K.; R. ANGULO; A.L. CARVALHO; I.C.S. CORRÊA; L.J. TOMAZELLI; J.A. VILWOCK & H. VITAL. 2005. Paleoníveis de mar e paleolinhas de costa, p. 97-112. *In*: TEIXEIRA, W.; M.C.M. TOLEDO; T.R FAIRCHILD & F. TAIOLI. (Orgs). **Decifrando a Terra.** São Paulo, Oficina de Textos Ltda.
- VILLENA, H.H. 2007. **Evolução sedimentar do cone de deposição do Rio Guandu, Baía de Sepetiba – RJ.** Tese de Doutorado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia. 170 pp.





CAPÍTULO VI

FORAMINÍFEROS DO COMPLEXO SEPETIBA/GUARATIBA





FORAMINÍFEROS DO COMPLEXO SEPETIBA/GUARATIBA

Lazaro L.M. Laut¹, Frederico S. Silva², Virginia Martins³,
Maria Antonieta C. Rodrigues⁴, Joalice de Oliveira Mendonça²,
Iara M.M.M. Clemente⁴; Vanessa M. Laut^{2,4}; & Letícia G. Mentzigen⁴

RESUMO

Esse capítulo teve como objetivo realizar o histórico dos estudos realizados na baía de Sepetiba (RJ) sobre a fauna de foraminíferos bentônicos iniciados na década de 60. Os primeiros estudos tiveram como objetivo a identificação e descrição das espécies viventes no sedimento da baía, e na sua planície de maré vegetada por mangue. Nestes primeiros estudos pode ser reconhecida a dominância de espécies típicas de ambientes confinados com enriquecimento de matéria orgânica na baía. No manguezal de Guaratiba foi reconhecida uma fauna rica com a identificação de novos gêneros e espécies. Na década de 70, as pesquisas se concentraram na criação de modelos ambientais partindo de uma extensa malha amostral no complexo Costeiro Sepetiba/Guaratiba. Na década de 80, foram publicados artigos aplicando o índice de diversidade α e relação das assembleias a parâmetros abióticos. Nessa mesma década foram criados mapas de distribuição das assembleias que permitiram a setorização ecológica da baía e do manguezal. Os estudos de abordagem paleoambiental e evolução sedimentar da baía de Sepetiba desenvolveram-se a partir de 2003, nos quais, verificou-se a resposta biológica da fauna de foraminíferos às variações do nível relativo do mar nos últimos 5300 anos na região.

Palavras-chave: Foraminíferos; Ecologia; Paleocologia; Quaternário.

ABSTRACT

This chapter aimed to make the history of the studies in Sepetiba Bay (RJ) about benthic foraminifera fauna started in the 60s. The first studies goal the identification and description of the species living in the sediment of the bay and on tidal flat mangrove-vegetated. In these early studies can be recognized the dominance of species typical of confined environments enriched with organic matter in the bay. In Guaratiba Mangrove a rich fauna was recognized with the identification of new genera and species. In the 70's, research focused on the environment modeling is based on an extensive sampling grid in the coastal complex of Sepetiba/Guaratiba. In the 80s were published articles applying α diversity index and the relationship of assemblages with abiotic parameters. Also in this decade were created distribution maps of assemblages that allowed ecological sectoring of the bay and the mangrove. The approach paleoenvironmental studies and sedimentary evolution of Sepetiba Bay were developed since 2003 in which it was found the biological response of foraminiferal fauna to relative sea level changes in the last 5300 in the region.

1. Laboratório de Micropaleontologia, Departamento de Ciências Naturais, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO, Av. Pasteur, 458, IBIO/CCET sala 504 Urca, 22.240-490, Rio de Janeiro, Brasil. lazarolaut@hotmail.com.

2. Laboratório Palinofácies & Fácies Orgânica, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - prédio do CCMN, sala JI020. Campus Ilha do Fundão - Cidade Universitária. 21.941-916. Rio de Janeiro, RJ – Brasil (fsobrinho@gmail.com, vanessalaut@hotmail.com, joalice@lafo.geologia.ufrj.br)

3. Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, GeoBioTec Research Centre, Campus de Santiago, 3810–193 Aveiro, Portugal (virginia.martins@ua.pt)

4. Departamento de Estratigrafia e Paleontologia, Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ (tutucauerj@gmail.com, iarammmc@hotmail.com, le_mentzigen@yahoo.com) .

Key-word: Foraminifera; Ecology; Paleoecology; Quaternary.

1. INTRODUÇÃO

A planície costeira e a plataforma continental formam uma contínua e singular unidade morfológica, a qual foi modelada pelas transgressões e regressões ocorridas ao longo do Quaternário. As mais notáveis feições moldadas pelas oscilações do nível do mar, na zona costeira, estão representadas principalmente por estuários, lagunas, deltas e restingas.

Estes ambientes costeiros representam ecossistemas complexos que se caracterizam por representar a interface entre os ambientes flúvio-continental e marinho. Grande parte destes ambientes localiza-se nas adjacências de grandes centros urbanos e industriais e, por isso, estão sujeitos a diversos impactos de origem antropogênica. A interferência humana nestes sistemas tem afetado as condições naturais, através da construção de represas e barragens, que mudam o suprimento de sedimento e nutrientes. Além disso, o aumento da população e a ocupação desordenada têm conduzido a destruição das planícies de maré ocupadas por manguezais e marismas, que representam uma grande importância ecológica, e são responsáveis pela retenção do sedimento fino que evita a erosão costeira e o assoreamento dos canais (Nittrouer *et al.* 1995).

O entendimento da dinâmica ambiental destes ecossistemas, através da analogia entre o recente e a evolução quaternária, é o primeiro passo para o monitoramento e gestão costeira. Existem diversos elementos que podem ser usados para a caracterização e evolução ambiental de uma região, tais como: morfologia, sedimentologia, geoquímica e a biota.

Dentre os elementos bióticos, os organismos bentônicos com potencial de fossilização como foraminíferos, diatomáceas e ostracodes têm se mostrado como uma ferramenta de alta resolução. Estes organismos constituem os principais componentes biogênicos de sedimentos marinhos e costeiros e desempenham um importante papel nos ciclos biogeoquímicos globais de componentes orgânicos e inorgânicos (Haynes 1981; Lee & Anderson 1991).

O curto ciclo de vida destes organismos, sua resposta rápida às mudanças ambientais, a preservação

das suas carapaças no sedimento e a pequena ou nula diferença entre a biocenose e a tanatocenose, os transforma em excelentes bioindicadores ambientais (ambientes marinhos e transitórios). Podem ser utilizados com eficiência para diagnosticar mudanças rápidas ou a longo prazo, assim como, em pequena e grande escala espacial.

Embora estes organismos apresentem um grande potencial para serem utilizados como bioindicadores ambientais e paleoambientais, somente os foraminíferos têm sido estudados mais profundamente. Tais estudos utilizaram a densidade e a diversidade das assembleias, morfologia das testas, piritização e deformações e/ou má formações das testas como parâmetros indicadores de mudanças ambientais no Quaternário (Boltovskoy *et al.* 1991; Alve 1991, 1995; Yanko *et al.* 1994, 1998, 1999; Stouff *et al.* 1999; Coccioni 2000; Geslin *et al.* 2000, 2002; Debenay *et al.* 2001, 2005; Coccioni *et al.* 2003, 2005; Coccioni & Marsili 2005; Ferraro *et al.* 2006; Frontalini & Coccioni 2008; Polovodova & Schonfeld 2008; Romano *et al.* 2008).

2. FORAMINÍFEROS

Os foraminíferos são micro-organismos unicelulares, heterotróficos, pertencentes ao Reino Protista (Margulis *et al.* 1992). Foram incluídos no filo Granulicelulosa por possuírem pseudópodos radiais em forma de rede e por apresentarem complexidade no seu ciclo reprodutivo (Lee 1990). Estes organismos produzem tectina na membrana protoplasmática que pode mineralizar carbonato, sílica ou agregar partículas do ambiente e formar uma carapaça denominada de testa ou teca. Devido a peculiaridades esses organismos foram taxonomicamente elevados à categoria de classe (Loeblich & Tappan 1992).

Sen Gupta (1999), tendo como base a morfologia e a constituição química das testas dos foraminíferos reconheceu 15 ordens distribuídas em quatro grupos (Figura 01):

Grupo I – testa de parede orgânica – Ordem Allogromiida;

Grupo II – testa de parede aglutinada – Ordens Astrorrhizida, Lituolida, Textulariida e Trochamminida;

Grupo III – testa de parede carbonático A (calcita ou aragonita) – Ordens Fusilinida (extinta), Miliolida,

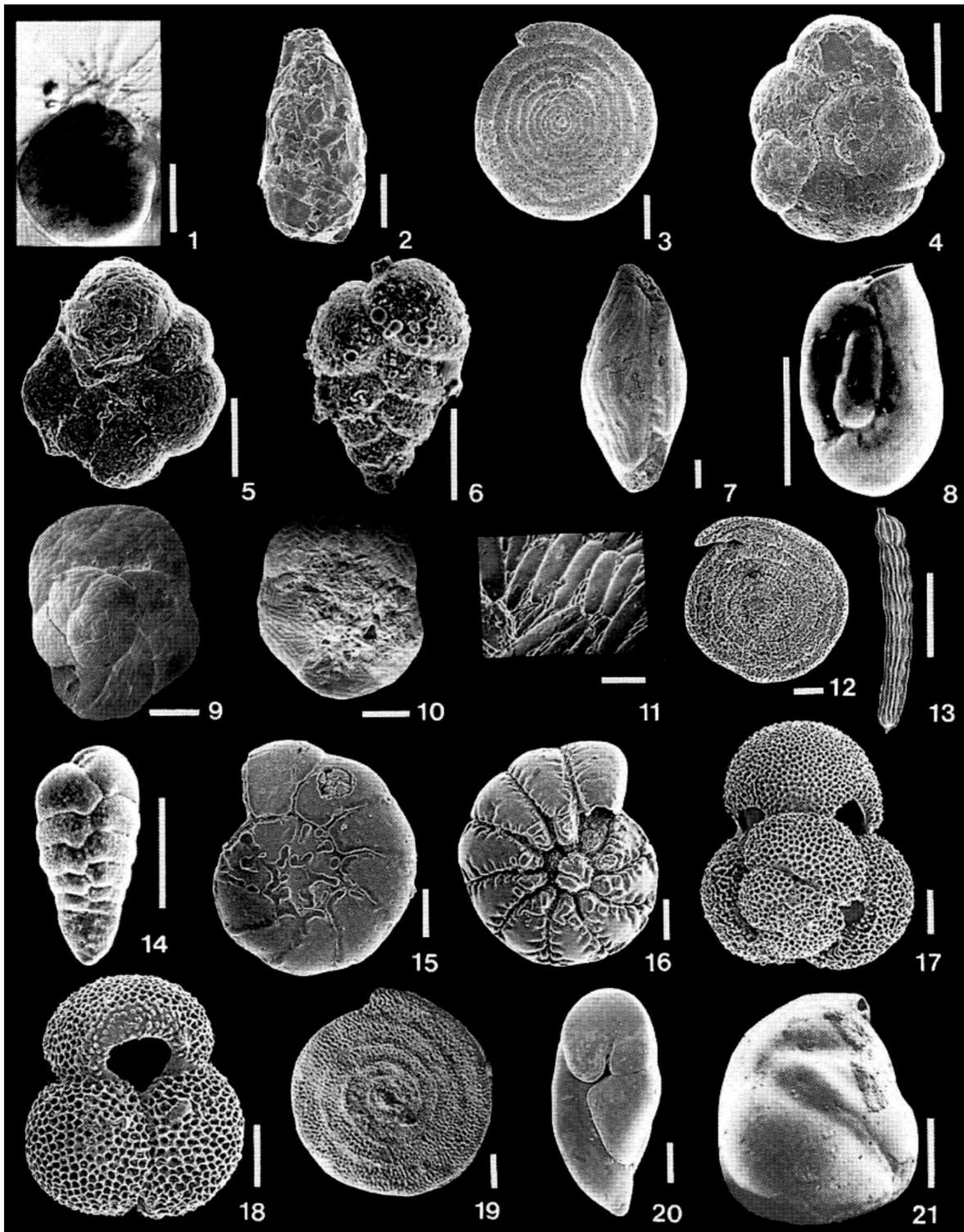


Figura 01 – Gêneros representativos das ordens de foraminíferos (Sem Gupta, 1999): As barras de escala representam 500 μm . 1 – *Allogromia* (Allogromiida); 2 – *Saccamina* (Astrorhizida); 3 – *Ammodiscus* (Lituolida); 4,5 – *Trochammina* (Trochamminida); 6 – *Siphotextularia* (Textulariida); 7 – *Triticites* (Fusilinida); 8 – *Miliolinella* (Miliolida); 9-11 – *Carterina* (Carterinida); 12 – *Spirillina* (Spirillinida); 13 – *Dentalina* (Lagenida); 14 – *Bolivina* (Buliminida); 15, 16 – *Ammonia* (Rotaliida); 17, 18 – *Globigerinoides* (Globigerinida); 19 – *Planispirulina* (Involutinida); 20 – *Robertinoides* (Robertinida); 21 – *Miliammellus* (Silicoloculinida).

Carterinida, Spirillinida, Lagenida, Rotaliida, Buliminida e Globigerinida;

Grupo IV – testa de parede de opala (sílica amorfa)
– Ordem Silicoloculinida.

Estes organismos possuem amplo registro geológico, desde o Cambriano até o Recente. Estão distribuídos por diversos ambientes, desde manguezais, pântanos salinos, lagunas, estuários, plataformas e também nas zonas batial e abissal (Haslett 2002).

A distribuição das espécies de foraminíferos está frequentemente relacionada a fatores abióticos, como, aos limites naturais de massas d'água, influência do escoamento superficial, mudanças sazonais, correntes, processos biogeoquímicos e fatores bióticos como, nutrientes, competição, predação, entre outros. (Eichler *et al.* 2006). Podem tolerar diversas alterações ambientais como, liberação de poluentes no meio e refletir tanto, no condicionamento e estabelecimento de algumas espécies, como também, em deformações nas carapaças (Silva 2006).

Estes padrões de distribuição das assembleias de foraminíferos têm sido utilizados com sucesso em interpretações ambientais, assim como em estudos biológicos, biocronológicos, bioestratigráficos e paleoecológicos por apresentarem elevada frequência, diversidade, abundância, tamanho diminuto, ciclo de vida bem curto e bom potencial de preservação em sedimentos marinhos (Boltovskoy 1965; Hannan & Rogerson 1997; Laut *et al.* 2007, 2009, 2010).

Essa grande variabilidade e sensibilidade, ao ambiente, conferem aos foraminíferos o título de indicadores de diferentes idades geológicas, uma vez que respondem rapidamente às mudanças ambientais em diferentes idades geológicas. Nos estudos onde há a comparação entre a fauna atual e a recuperada em coluna sedimentar pode-se gerar modelos que permitem, não somente a reconstrução paleoambiental, como também, usar as assembleias de foraminíferos para o diagnóstico e monitoramento ambiental (Carvalho 1980).

3. HISTÓRICO DOS ESTUDOS DE FORAMINÍFEROS REALIZADOS NO COMPLEXO SEPETIBA/GUARATIBA

No complexo costeiro Sepetiba/Guaratiba foram realizados, a partir da década de 60, do século passado,

importantes estudos usando a fauna de foraminíferos. Grande parte destas pesquisas iniciais teve como objetivo principal a taxonomia. Estudos que foram primeiramente conduzidos pelos pesquisadores Paul Brönnimann e Louissette Zaninetti em colaboração com pesquisadores do Centro de Pesquisas da Petrobrás (CENPES) permitiram a descrição de novos gêneros e novas espécies de foraminíferos aglutinantes.

Em busca de modelos para ambientes sedimentares, potencialmente formadores de hidrocarbonetos, no final da década de 70, a PETROBRÁS investiu numa extensa malha amostral, onde foram coletadas 176 amostras de sedimento na baía de Sepetiba e 34 no manguezal de Guaratiba.

Estas amostras foram excessivamente exploradas gerando artigos científicos, resumos de congressos e dissertações de mestrado até a primeira década deste século. Todos estes estudos tiveram como objetivo a discussão dos padrões de distribuição ecológica das espécies de foraminíferos utilizando técnicas qualitativas e quantitativas.

Estudos com uma abordagem paleoambiental começaram a ser desenvolvidos a partir de 2003, contudo são de pouca abrangência, pois compreendem dissertações de mestrado desenvolvidas pela Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ e resumos em congressos sob a temática do Quaternário.

3.1. Estudos Taxonômicos

Brönnimann *et al.* (1979) descreveram dois gêneros de foraminíferos pertencentes a Ordem Allogromiida no manguezal de Guaratiba: *Bahianofusus* e *Bahianotubos*. Uma nova espécie de *Chitinosaccus* (*C. guaratibaensis*) foi descrita, assim como, diferenças morfológicas entre o holótipo do textularídeo *Polysaccammina hipohalina*, descrito nos marismas do hemisfério norte para o manguezal de Guaratiba. Os novos gêneros de alogromídeos foram identificados ao longo de toda a planície de inundação, enquanto que *P. ipohalina* foi identificada somente nos ambientes restritos (Tab. 01).

Brönnimann & Zaninetti (1984) investigaram criteriosamente as espécies de textularídeos usando as imagens geradas por um microscópio eletrônico de varredura, onde puderam descrever 21 espécies de trochamínídeos e 7 de remaneicídeos (Tab. 01). Os

Tabela 01 – Taxa de foraminíferos identificados no complexo Sepetiba/Guaratiba.

ALLOGROMIINA	TEXTULARIINA	MILIOLINA	ROTALIINA		
<i>Bahianofusus ponteii</i>	<i>Ammonoastuta inepta</i>	<i>Pseudoclavulina gracilis</i>	<i>Cornuspira planorbis</i>	<i>Alabamina wilcoxensis</i>	<i>Fursenkoina compressa</i>
<i>Bahianotubus salvadorensis</i>	<i>Ammonoastuta salsa</i>	<i>Remaneica sepicula</i>	<i>Cyclogira</i> spp.	<i>Ammonia beccarii</i>	<i>Fursenkoina</i> spp.
<i>Chitinosaccus guaratibaensis</i>	<i>Ammobaculites dilatatus</i>	<i>Reophax curtus</i>	<i>Miliolinella fichteliana</i>	<i>Ammonia parkinsoniana</i>	<i>Glandulina rotunda</i>
<i>Chitinosaccus zuluensis</i>	<i>Ammobaculites directus</i>	<i>Reophax nana</i>	<i>Miliolinella labiosa</i>	<i>Ammonia pauciolata</i>	<i>Globigerina bulloides</i>
<i>Iridia diaphana</i>	<i>Ammobaculites diversus</i>	<i>Reophax palustris</i>	<i>Miliolinella</i> sp.	<i>Ammonia rolshauseni</i>	<i>Globigerinata flparkeae</i>
	<i>Ammobaculites exiguus</i>	<i>Reophax scotti</i>	<i>Miliolinella subrotunda</i>	<i>Ammonia sobrina</i>	<i>Globigerinata glutinata</i>
	<i>Ammobaculites salsus</i>	<i>Reophax</i> spp.	<i>Pyrgo nasuta</i>	<i>Ammonia</i> sp.	<i>Globigerinoides ruber</i>
	<i>Ammodiscus</i> sp.	<i>Rhumblerella humboldti</i>	<i>Pyrgo oblonga</i>	<i>Ammonia tepida</i>	<i>Globocassidulina subglobosa</i>
	<i>Ammoglobigerina globigeriniformis</i>	<i>Rhumblerella sepetibaensis</i>	<i>Quinqueloculina agglutinans</i>	<i>Astacolus crepidulus</i>	<i>Globocassidulina voloshinova</i>
	<i>Ammonopenphix</i> spp.	<i>Rotalia</i>	<i>Quinqueloculina akneriana</i>	<i>Asterigerina carinata</i>	<i>Globorotalia quinqueloba</i>
	<i>Ammoscalaria</i> spp.	<i>Rotaliammina fidicularis</i>	<i>Quinqueloculina bicarinata</i>	<i>Bolivina compacta</i>	<i>Globulina</i> sp.
	<i>Ammotium auris</i>	<i>Rotaliammina</i> spp.	<i>Quinqueloculina jugosa</i>	<i>Bolivina ordinaria</i>	<i>Hanzawaia concentrica</i>
	<i>Ammotium cassis</i>	<i>Saccammina difflugiformis</i>	<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	<i>Bolivina primitiva</i>	<i>Hanzawaia</i> spp.
	<i>Ammotium distinctum</i>	<i>Saccammina sphaerica</i>	<i>Quinqueloculina milletti</i>	<i>Bolivina pulchella</i>	<i>Helenina anderseni</i>
	<i>Ammotium planissimum</i>	<i>Sepetibaella sepetibaensis</i>	<i>Quinqueloculina patagonica</i>	<i>Bolivina robusta</i>	<i>Hopkinsina pacifica</i>
	<i>Ammotium pseudocassis</i>	<i>Siphotrochammina elegans</i>	<i>Quinqueloculina philippinensis</i>	<i>Bolivina</i> sp.	<i>Lagena acutitosa</i>
	<i>Ammotium salsum</i>	<i>Siphotrochammina lobata</i>	<i>Quinqueloculina poeyana</i>	<i>Bolivina striatula</i>	<i>Lagena aspera</i>
	<i>Archaemonadina</i> sp.	<i>Siphotrochammina</i> sp.	<i>Quinqueloculina seminulum</i>	<i>Bolivina variabilis</i>	<i>Lagena caudata</i>
	<i>Archaias</i> sp.	<i>Sphaeroide</i> spp.	<i>Quinqueloculina</i> spp.	<i>Brizalina semicarinata</i>	<i>Lagena costata</i>
	<i>Arenoparella mexicana</i>	<i>Spirulina</i> spp.	<i>Quinqueloculina stalkerii</i>	<i>Brizalina striatula</i>	<i>Lagena digitale</i>
	<i>Asterotrochammina aspera</i>	<i>Spiroplectammina bioformis</i>	<i>Spiroloculina</i> sp.	<i>Buccella campsi</i>	<i>Lagena interrupta</i>
	<i>Asterotrochammina composita</i>	<i>Streptotrochammina gonzalei</i>	<i>Triloculina laevigata</i>	<i>Buccella frigida</i>	<i>Lagena lyelli</i>
	<i>Asterotrochammina sinuosa</i>	<i>Textularia agglutinans</i>	<i>Triloculina oblonga</i>	<i>Bulimina aculeata</i>	<i>Lagena perlucida</i>
	<i>Asterotrochammina towiei</i>	<i>Textularia conica</i>	<i>Triloculina</i> spp.	<i>Bulimina denudata</i>	<i>Lagena semistriata</i>
	<i>Asterotrochammina triloba</i>	<i>Textularia earlandi</i>	<i>Triloculina tricarinata</i>	<i>Bulimina marginata</i>	<i>Lagena</i> spp.
	<i>Astrammina sphaerica</i>	<i>Textularia paranaguaensis</i>	<i>Wiesnerella auriculata</i>	<i>Bulimina patagonica</i>	<i>Lagena striata</i>
	<i>Bahianofusus ponteii</i>	<i>Textularia</i> sp.		<i>Buliminella elegantissima</i>	<i>Lagena sulcata</i>
	<i>Bahianofusus salvadorensis</i>	<i>Tiphotreca cunica</i>		<i>Buliminella marginata</i>	<i>Lenticulina cultratus</i>
	<i>Canepaia brasiliensis</i>	<i>Tiphotreca comprimata</i>		<i>Cancris sagra</i>	<i>Lenticulina occidentalis</i>
	<i>Chara</i> sp.	<i>Trilocularena patensis</i>		<i>Carpenteria</i> spp.	<i>Lenticulina</i> spp.
	<i>Chitinofofus</i> sp.	<i>Trochammina boltovskoyi</i>		<i>Cassidulina</i> spp.	<i>Loxostomum hiwanneense</i>
	<i>Cornuspira incerta</i>	<i>Trochammina discorbis</i>		<i>Cassidulina subglobosa</i>	<i>Melonis affine</i>
	<i>Cribrostomoides jeffreysii</i>	<i>Trochammina inflata</i>		<i>Cassidulinoides parkerianus</i>	<i>Nodosaria catesbyi</i>
	<i>Cribrostomoides pseudocanariensis</i>	<i>Trochammina irregularis</i>		<i>Cassidulinoides</i> spp.	<i>Nodosaria communis</i>
	<i>Crithionina pisum</i>	<i>Trochammina macrescens</i>		<i>Cibicides dispars</i>	<i>Nodosaria</i> spp.
	<i>Deuterammina diasbritoi</i>	<i>Trochammina ochracea</i>		<i>Cibicides floridanus</i>	<i>Nonion boueanum</i>
	<i>Deuterammina ochracea</i>	<i>Trochammina polystoma</i>		<i>Cibicides</i> spp.	<i>Nonion depressulus</i>
	<i>Deuterammina plana</i>	<i>Trochammina salsa</i>		<i>Criboelphidium kugleri</i>	<i>Nonion grateloupi</i>
	<i>Diatrona</i> spp.	<i>Trochammina siphonifera</i>		<i>Criboelphidium advenum</i>	<i>Nonion pseudotisburyense</i>
	<i>Discorinopsis vadeszens</i>	<i>Trochammina</i> spp.		<i>Criboelphidium excavatum</i>	<i>Nonion stelligerum</i>
	<i>Eggerella</i> sp.	<i>Trochammina squamata</i>		<i>Criboelphidium gunteri</i>	<i>Nonionella atlantica</i>
	<i>Epistominella</i> spp.	<i>Trochammina squamata</i>		<i>Criboelphidium poeyanum</i>	<i>Nonionella auricula</i>
	<i>Gaudryina exilis</i>	<i>Warrenita palustris</i>		<i>Criboelphidium</i> spp.	<i>Nonionella auris</i>
	<i>Glomospira glomerata</i>			<i>Criboelphidium vadensis</i>	<i>Nonionella turgida</i>
	<i>Haplophagmoides manilaensis</i>			<i>Discorbi mira</i>	<i>Nonionina</i> spp.
	<i>Haplophagmoides wilberti</i>			<i>Discorbi nitida</i>	<i>Pararotalia</i> spp.
	<i>Haplophragmoides planissima</i>			<i>Discorbi bertheloti</i>	<i>Patellina corrugata</i>
	<i>Helenina anderseni</i>			<i>Discorbi peruvianus</i>	<i>Planorbulina</i> spp.
	<i>Labrospira</i> sp.			<i>Discorbi</i> spp.	<i>Pleurostomella</i> spp.
	<i>Lituola salsa</i>			<i>Dyocibides diminuta</i>	<i>Polymorphina lactea</i>
	<i>Miliammina earlandi</i>			<i>Elphidium advenum</i>	<i>Poroepionides lateralis</i>
	<i>Miliammina fusca</i>			<i>Elphidium articulatum</i>	<i>Rolshausenia rolshauseni</i>
	<i>Miliammina pariaensis</i>			<i>Elphidium atlanticum</i>	<i>Rosalina globularis</i>
	<i>Paratrochammina boltovskoyi</i>			<i>Elphidium clavatum</i>	<i>Siphogenerina raphanus</i>
	<i>Paratrochammina brasiliensis</i>			<i>Elphidium discoidale</i>	<i>Spirillina</i> sp.
	<i>Paratrochammina clossi</i>			<i>Elphidium excavatum</i>	<i>Spirillina vivipara</i>
	<i>Paratrochammina madeirae</i>			<i>Elphidium galvestonense</i>	<i>Stainforthia concisa</i>
	<i>Paratrochammina murrayi</i>			<i>Elphidium gunteri</i>	<i>Uvigerina</i> spp.
	<i>Paratrochammina simplissima</i>			<i>Elphidium incertum</i>	<i>Virgulina riggii</i>
	<i>Paratrochammina</i> sp.			<i>Elphidium oceanense</i>	<i>Virgulina</i> spp.
	<i>Polysacammia hiperalina</i>			<i>Elphidium typicum</i>	
	<i>Polysacammia ipohalina</i>			<i>Elphium poeyanum</i>	
	<i>Protoschista findens</i>			<i>Epistomaroides</i> spp.	
	<i>Psammosphaera adhaerens</i>			<i>Epistominella</i> spp.	
	<i>Psammosphaera frankei</i>			<i>Eponides</i> spp.	
	<i>Psammosphaera fusca</i>			<i>Fissurina agassizi</i>	
	<i>Pseudoclavulina curta</i>			<i>Florilus grateloupi</i>	

autores também reconheceram três novos gêneros: *Asteroparatrochammina* (*A. towei*), *Guanduellia* (*G. cribata*) e *Toddella* (*T. humboldti*).

A espécie *G. cribata* foi identificada nas amostras coletadas no rio Guandú, cerca de 4 km de sua foz. A espécie apareceu associada a espécies de tecamebas, que são protozoários de água doce. Tal fato sugere que este foraminífero possui grande tolerância a baixa salinidade, bem como, sugere um eficiente transporte das correntes de maré enchente, pois foi a única espécie de foraminífero identificada. *Toddella humboldti* foi identificada em várias amostras da baía de Sepetiba, principalmente, no canal entre a ilha de Janguanum e a restinga da Marambaia e próximo à Ilha de Itacuruçá.

3.2. Estudos Ecológicos

Tinoco (1965) identificou 15 espécies de foraminíferos pertencentes à Ordem Rotaliida em 21 amostras de sedimentos oriundos de sete testemunhos coletados na Baía de Sepetiba (Tab. 01). Neste estudo foi constatado que a fauna era muito pobre em número de indivíduos com dominância de espécies típicas de regiões confinadas como *Ammonia tepida*, *Bulliminella elegantissima* e *Ephidium* spp. A não ocorrência de espécies planctônicas nas amostras foi interpretada, pelo autor, como evidência de que a Baía de Sepetiba teve baixo contato com as correntes de plâncton marinho.

Suguio *et al.* (1979) analisaram 92 amostras de sedimento de fundo, distribuídas ao longo da Baía de Sepetiba, com objetivo de investigar as relações entre a população de foraminíferos bentônicos e planctônicos, suas características biológicas e seu potencial de preservação.

As espécies dominantes foram *Ammonia tepida* presente em 41% das amostras, *Bulliminella elegantissima* em 18%, *Textularia* sp. em 15%, *Reophax* sp. e *Arenoparrella mexicana* em 1% das amostras. A distribuição e constância destas espécies dominantes dentro da baía permitiu, pela primeira vez, a compartimentação da baía em quatro ecozonas: (a) *Textularia* sp. – abrangendo a região situada entre as ilhas da Madeira e do Bom Jardim; (b) *Bulliminella elegantissima* – abrangendo a área leste das ilhas de Janguanum e Itacuruçá; (c) *Ammonia tepida* – as áreas de maior hidrodinâmica e (d) *Bullimina marginata* – correspondendo a uma área restrita, situada entre as ilhas Grande e Cutiatá.

As grandes oscilações de parâmetros ambientais entre as marés vazantes e enchentes, nas quais, o manguezal de Guaratiba está submetido foi o ponto de partida para os estudos de Zaninetti *et al.* (1976a e b, 1977). Objetivando identificar e caracterizar as assembleias de foraminíferos, foram analisadas 34 estações, distribuídas pelos canais de maré do manguezal de Guaratiba e 6 na foz do rio da Ponta (Figura 02).

No manguezal de Guaratiba foram identificadas 58 espécies de foraminíferos com dominância da Ordem Textulariida, onde a população apresentou grande afinidade com a identificada em outros manguezais do mundo tais como: ilha de Trinidad (Cushman & Brönnimann 1948 a, b; Todd & Brönnimann 1957; Brönnimann & Zaninetti 1965), da Luisiana (Kornfeld 1931); sudoeste Asiático (Biswas, 1976) e algumas espécies encontradas anteriormente nas lagoas do Rio Grande do Sul (Closs & Madeira 1962, 1967, 1968; Closs, 1964; Closs & de Medeiros 1967; Madeira-Falcetta, 1974).

As condições de confinamento do rio Piracão, localizado no setor setentrional do manguezal, desenvolveu ambiente ideal para o estabelecimento de uma fauna endêmica.

As formas calcárias da Ordem Rotaliida foram encontradas nas estações localizadas nas proximidades com a baía, contudo, as testas eram muito frágeis, o que foi atribuído ao pH ácido do sedimento, que dissolve as carapaças logo após a morte dos organismos. Dentre as espécies identificadas destacaram-se *Ammonia tepida*, *Elphidium* spp., *Bolivina striata*, *Discorbis* sp. e *Loxostonium hiwanneense*.

O índice de diversidade α de Fisher *et al.* (1943) foi aplicado objetivando à compartimentação do manguezal. Neste índice que varia de 0 a 20 onde os menores valores indicam ambientes salinos e os maiores ambientes confinados e mixohalinos. Próximo ao rio Portinho foi identificado valores de α entre 2 e 6,5. Por outro lado, o rio Piracão apresentou valores menores, entre 1,8 - 5,6 indicando maior aporte marinho. Os valores mais baixos do manguezal, considerados como ambiente mais confinado (entre 5,5-1,0) foram encontrados nas regiões mais internas do mesmo. A região de maior influência marinha foi identificada ao longo dos Canais do Bacalhau e Pedrinho, com valores de α entre 1,5 - 5,5 (Figura 03).

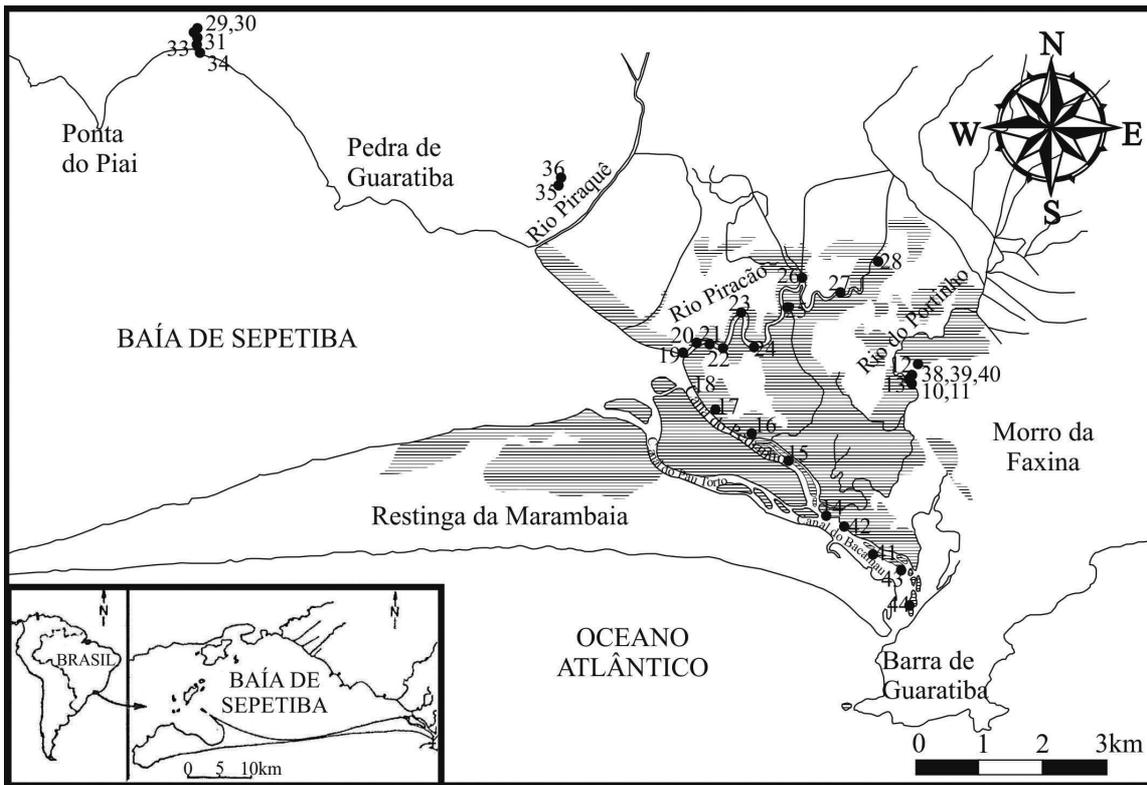


Figura 02 – Malha amostral de Zaninetti *et al.* (1976a e b, 1977).

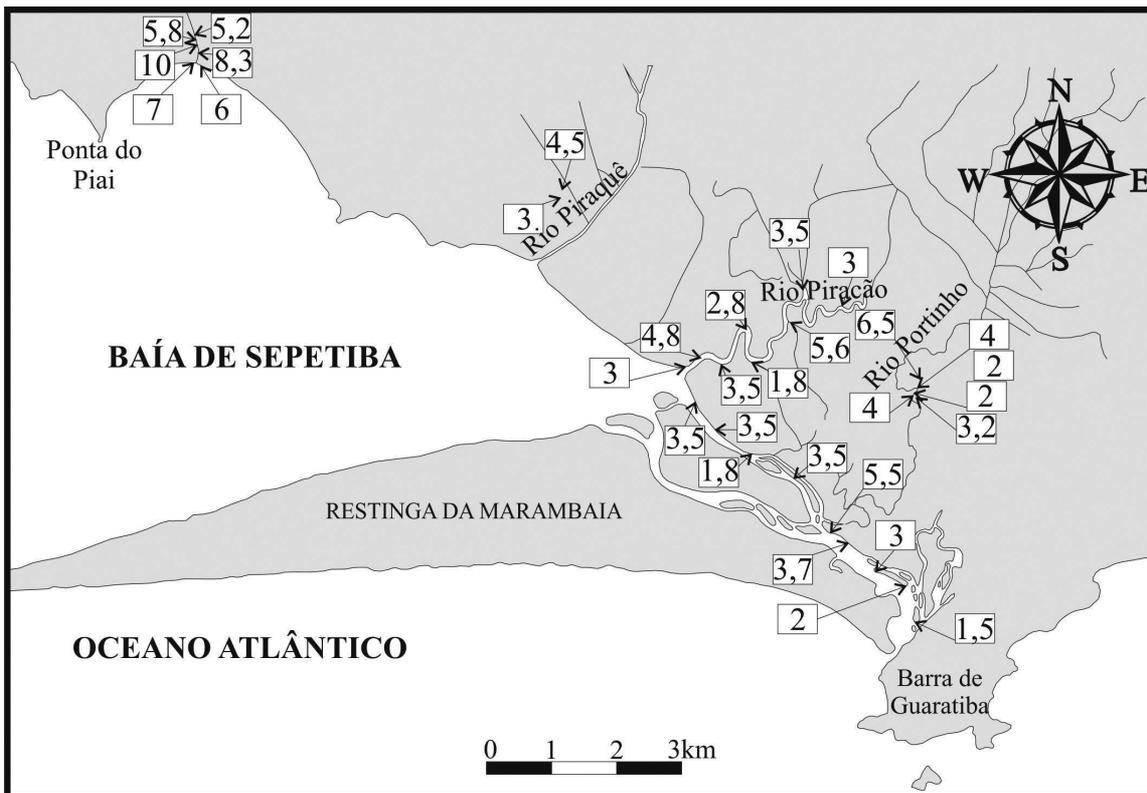


Figura 03 – Índice de diversidade no manguezal de Guaratiba. Tendo com base este índice Zaninetti *et al.* (1976, 1977) compartimentaram o manguezal em cinco regiões.

Tendo como base o índice de diversidade α foi possível compartimentar o manguezal de Guaratiba em cinco regiões (Fig. 03):

- Borda meridional do manguezal, próximo ao canal do Bacalhau (GB14 a 18, 41 a 44);
- Rio Piracão (GB19 a 28);
- Limite setentrional do manguezal (GB35, 36, 45, 46);
- Região oriental do manguezal, próximo à estrada de Guaratiba e ao rio Portinho (GB10 a 13, 38 a 40, 47);
- Borda norte do manguezal com a Baía de Sepetiba e ao longo do rio do Ponto (GB29 a 37).

Considerando o princípio do atualismo de Lyell e a crescente utilização dos estudos micropaleontológicos das bacias sedimentares da plataforma continental brasileira na década de 70, Brönnimann *et al.* (1981a) estudaram parâmetros sedimentológicos e neontológicos de 176 amostras da Baía de Sepetiba.

A composição da população de foraminíferos identificada foi fundamentalmente bentônica, tendo sido identificadas formas planctônicas em apenas sete estações.

Os autores puderam constatar a dominância da Ordem Rotaliida em praticamente toda área da baía exceto, nas estações onde a fração arenosa era predominante.

Brönnimann *et al.* (1981a), a partir da aplicação do índice α de diversidade tornaram possível individualizar quatro setores na Baía de Sepetiba: Mar Normal, Laguna Marinha Normal, Laguna Mixo-Euahalina A e Laguna Mixo-Euahalina B (Figura 04).

Com base na distribuição das 180 espécies identificadas e nos parâmetros abióticos medidos (Tab. 02), foi proposto seccionar ambientes dentro da baía, delimitados pelo índice de diversidade α e pelas sete ecozonas nomeadas de acordo com as espécies dominantes (Tab. 03). Desta forma, foram identificados alguns padrões na distribuição dos organismos na Baía de Sepetiba:

1. *Criboelphidium* e *Ammonia* – assembleia dominante na região mais interna da baía. Estas espécies não foram identificadas ao sul, fato esse, interpretado como resultado da falta de nutrientes (Figura 05).
2. *Rolshausenia rolshaseni* – considerada como uma das mais importantes da Baía de Sepetiba,

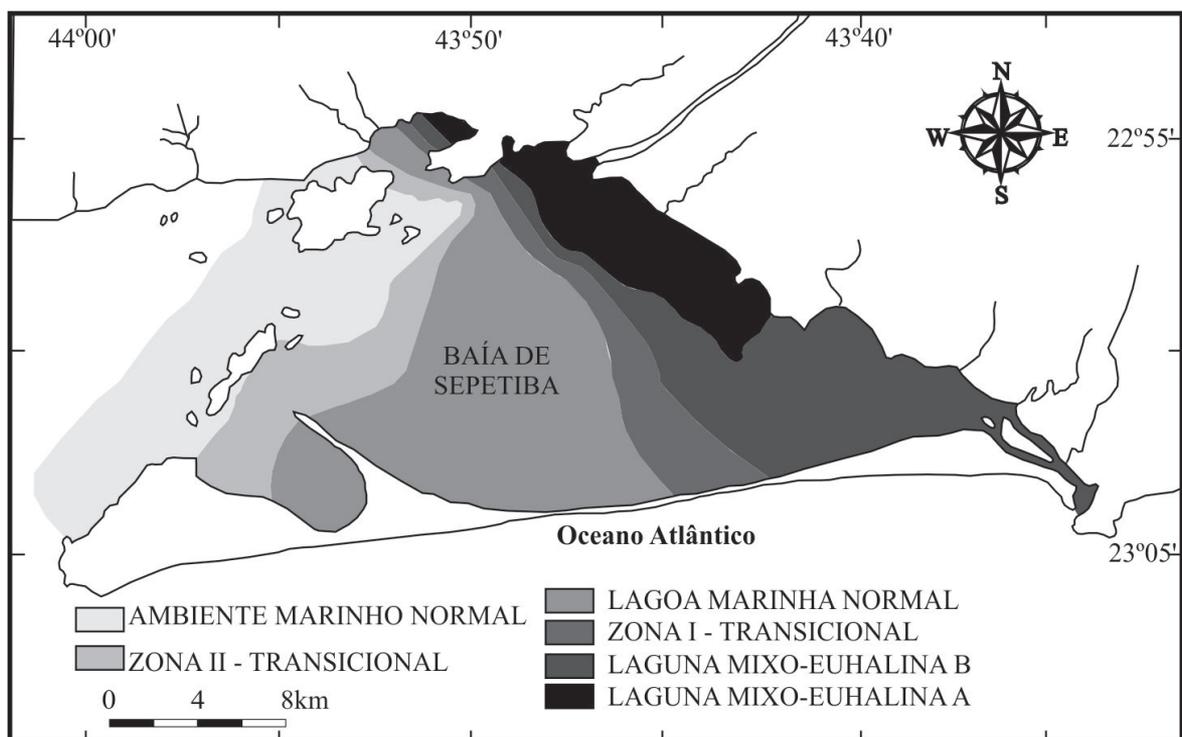


Figura 04 – Setorização da Baía de Sepetiba com base no índice de diversidade α (Brönnimann *et al.*, 1981a; Dias-Brito *et al.*, 1988).

Tabela 02 – Biofácies de foraminíferos da Baía de Sepetiba de acordo com Bönnimann *et al.*, (1981a).

FATORES AMBIENTAIS												
BIOFÁCIES	Batimetria	T	T	Suspensato	Sedimento	Matéria	CaCo3	Salinidade	Salinidade	pH	pH	
	(m)	(água)	(Fundo)	(mg/l)		Orgânica		(água)	(fundo)	(água)	(fundo)	
	I	0-8	21,4	21,2	20-100	lama areia lamosa	0,5-1,5	5-20	Salobra/ Euhalina	Salobra/ Euhalina	7,0-8,5	7,7-8,3
	II	0-8	22,93	22,71	10-100	lama arenosa	0,5-1,5	5-15	Mixo/ Euhalina	Mixo/ Euhalina	7,9-8,4	7,9-8,4
	III	0-9	21,39	21,31	20-100	lama arenosa	0,5-1,0	10-20	29,15	36,36	7,8-8,5	7,8-8,5
	IV	0-2	21,43	21,43	20-100	areia	0,5	5	31,08	31,08	7,9-8,3	8,0
	V	0,5-12	23,26	22,92	20-100	lama muito arenosa	0,5-1,0	5-15	30,91	37,16	8,0-8,2	7,9-8,2
	VI	4-14	23,36	23,22	10-100	lama muito arenosa	0,5-1,0	5-15	32,09	38	8,0-8,2	8,0-8,3
VII	5-7	23,36	23,22	20-50	areia	0,5	5	33,06	38,29	8,0-8,2	8,0-8,2	

teve maior ocorrência no setor Mar Normal, apresentando decréscimo em direção ao centro da baía (Figura 04).

- Gaudryina exilis* – teve sua distribuição caracterizada por um decréscimo de leste para oeste, ou seja, com ocorrência mais elevada nas áreas de circulação mais restrita (Figura 05).
- Buccella frigida* – Também com ocorrência restrita no setor Mar Normal, evidenciando a presença das águas frias do sistema Malvinas na Baía de Sepetiba. Alguns espécimes puderam ser identificados dentro do setor Laguna Marinha Normal transportados por correntes (Figura 04).
- Buliminella elegantissima*, *Ammobaculites exiguus*, *Ammoscalaria* sp. A e *Trochammina* sp. A – espécies concentradas no centro da baía (Figura 04).
- Bulimina marginata* – distribuiu-se pelos setores Laguna Marinha Normal e Mar Normal.
- Ammoscalaria* sp. B e *Crithionina* sp. A – apresentam uma distribuição irregular oriunda da água do rio Guandú.
- Textularia* sp. A e sp. B – teve sua presença efetiva ao sul do setor Mar Normal (Figura 05).
- Asterotrochammina compositi* e *Remaneica*

sepicula – por serem formas leves, estiveram distribuídas por toda baía.

- Espécies planctônicas – limitadas ao sul da área sul do setor Mar Normal. As espécies identificadas foram: *Globobigerinoides ruber*, *Globorotalia quinqueloba*, *Globobigerina glutinata*, *Globobigerina fèparkerae* e *Globigerina bulloides* (Figura 04).

Ainda como parte do projeto Guaratiba/Sepetiba, elaborado pela PETROBRÁS, Brönniman *et al.*, (1981b) estudaram os aspectos sedimentológicos e biológicos do manguezal de Guaratiba em 76 estações amostrais distribuídas pelos principais canais de maré: Rio Piracão, Rio Portinho e Canais do Bacalhau e do Pau Torto (Figura 06).

Neste estudo foram medidos parâmetros ambientais tais como pH, salinidade, temperatura e material em suspensão em todas as estações na enchente e vazante (Figura 07). As águas do médio e baixo Piracão revelaram-se alcalinas (pH 7,1 – 8,1), enquanto que no alto curso deste canal de maré (estação 1 a 15), os valores de pH oscilaram entre 6.6 a 7.0. Nas marés altas as águas se tornaram alcalinas, notando-se a inversão deste comportamento no alto Piracão. Este fato foi atribuído à influência das águas da chuva que carregam grande quantidade de ácidos

Tabela 03 – Posicionamento das espécies de foraminíferos nas sete biofácies de foraminíferos determinadas por Brönnimann *et al.*, (1981a).

ESPÉCIES	BIOFÁCIES						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Criboelphidium</i> spp.	1	2	3		2	2	3
<i>Ammonia beccarii</i>	2	1	2	2	3	8	
<i>Galdryna exilis</i>	3	3	1		6		
<i>Crithionina</i> 1	4	6	7				
<i>Quinqueloculina</i> 1	5	4	4	1			
<i>Ammonbaculites exiguus</i>		5	8				
<i>Discorbis</i> spp.		7	3		8		
<i>Trochammina</i> 1			6		9		
<i>Asterotrochammina compositi</i>							
<i>Asterotrochammina sinuosa</i>				3			
<i>Edentostomina</i> sp.				4			
<i>Rolshousenia rolshouseni</i>					1	1	
<i>Bulimina marginata</i>					4		4
<i>Nonionella</i> sp.					5	3	
<i>Lagena</i> sp.					7		
<i>Canceris</i> sp.						4	
<i>Hanzawaia</i> sp.						5	
<i>Flintia</i> sp.						7	
<i>Bulimina</i> sp.						9	
<i>Poroepionides respande</i>						10	
<i>Lagenommina atlantica</i>						11	
<i>Buccella frigida</i>						12	
<i>Textularia</i> 1							1
<i>Textularia</i> 2							2

húmicos. O Rio Portinho revelou-se alcalino na maré alta em seu baixo e médio curso (pH 7,1-7,9), em maré vazante apresentou pH menor (pH 6,6,-6,9). O Canal do Bacalhau e do Pau Torto por serem canais largos e terem comunicação com o oceano Atlântico, apresentaram valores de pH entre 8,0-8,5, tanto na maré alta, quanto na maré baixa.

Os valores de salinidade no rio Piracão foram entre 24,9 - 31 tornando-se mais salino na maré alta. O Rio Portinho apresentou-se mais salino, com valores entre 25,6 e 27,7 na maré baixa e entre 31,1 e 32,6 na maré alta. Os valores registrados nos Canais do Bacalhau e

do Pau Torto demonstraram que estes representam ambientes euhalinos (30,6-35,5).

O material em suspensão apresentou-se mais alto durante a maré enchente no rio Piracão entre 11,2 – 34,4 mg/l, e no Rio Portinho entre 30,0 – 70,4 mg/l. Este parâmetro não foi medido nos canais do Bacalhau e do Pau Torto.

As temperaturas nos rios Piracão e Portinho variaram entre 24,3°C e 27°C, e nos Canais do Bacalhau e do Pau Torto, a média foi de 23°C.

Em relação à população de foraminíferos, os autores ressaltaram a existência de uma regularidade nos perfis

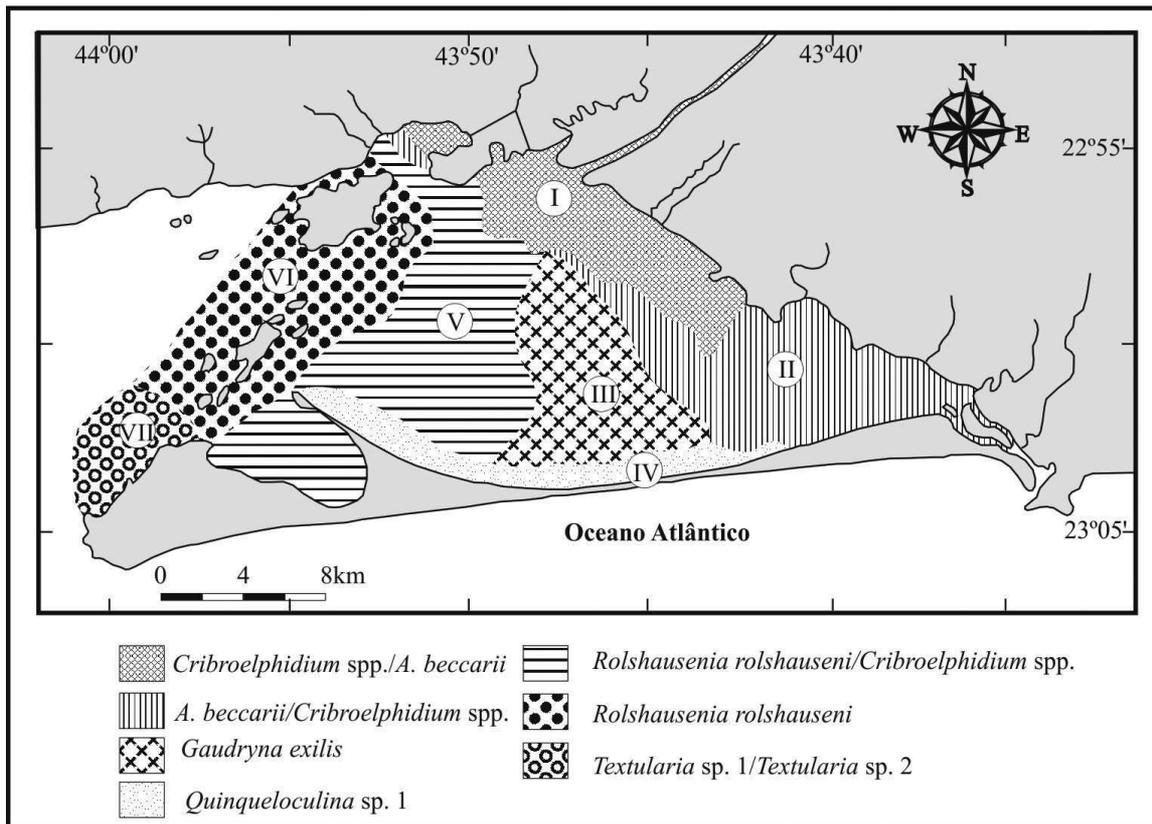


Figura 05 – Distribuição das biofácies de foraminíferos na Baía de Sepetiba (Brönnimann *et al.*, 1981a; Dias-Brito *et al.* 1989).

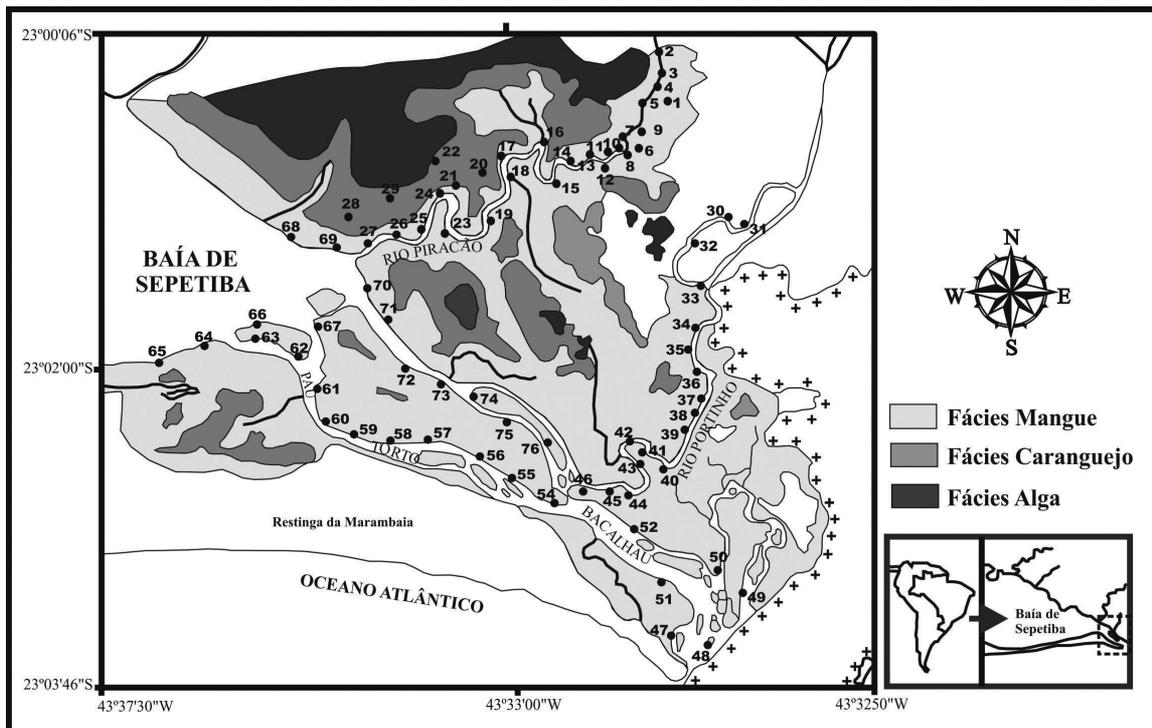


Figura 06 – Malha amostral no manguezal de Guaratiba (Brönniman *et al.* 1981b).

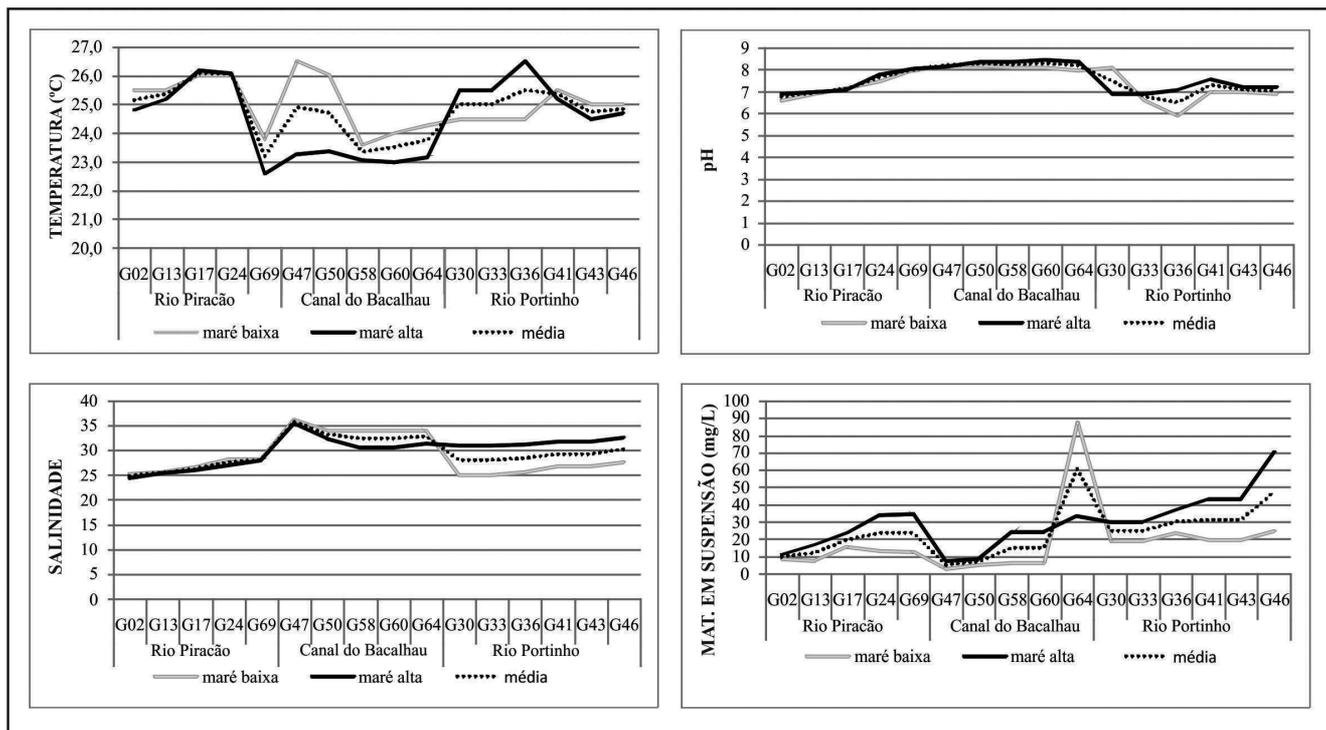


Figura 07 – Variáveis abióticas mensuradas nos principais canais de maré do manguezal de Guaratiba (Laut & Rodrigues 2011).

de frequência das espécies, demonstrando um padrão de distribuição em *patches*. As amostras coletadas ao longo do rio Piracão eram mais ricas em foraminíferos, do que as coletadas no Portinho. Tal diferença foi atribuída à maior influência marinha do rio Piracão. Nos canais do Bacalhau e do Pau Torto, o perfil apresentado, foi menos irregular mostrando tendência a crescer em direção a Barra de Guaratiba (Figura 08).

A dominância no manguezal de Guaratiba foi quase que exclusivamente, da ordem Textulariida. As formas pertencentes às ordens Rotaliida e Miliolida foram identificadas nas estações mais próximas a baía de Sepetiba. Foram identificadas 57 espécies de foraminíferos onde, a espécie dominante, foi *Arenoparrella mexicana* com valores de constância absoluta entre 70-92% nas amostras. Outras espécies tipicamente de manguezal foram identificadas com valores de abundância menor tais como, *Haplophragmoide wilberti* (9,5%), *Trochammina inflata* (6%) e *Miliammina fusca* (3,6%).

O padrão de diversidade α apresentado nas amostras do manguezal de Guaratiba, foi baixo, indicando ambiente sob condições severas. O perfil apresentado

pelos estações dos canais do Bacalhau e do Pau Torto mostrou um padrão bem distinto dos apresentados pelos outros. Os valores mais baixos foram registrados próximos a baía e os mais altos em direção a Barra de Guaratiba. O rio Piracão foi o que apresentou os maiores valores de diversidade α , indicando ser a região de maior estabilidade dos parâmetros físico-químicos.

Beurlen & Hiltermann (1983) adaptaram o método de agrupamento qualitativo *Braun-Blanquet* usado em estudos botânicos, acreditando que os métodos quantitativos, introduzem na análise ecológica, fatores exógenos. O método foi aplicado em 52 amostras coletadas por Brönnimann *et al.* (1981b).

Dentro da associação característica do manguezal dominada pelas espécies de *Arenoparrella mexicana* e *Haplophragmoide wilberti*, foram reconhecidas três comunidades: *Ammotium pseudocassis*, *Galdryina exilis* e pela espécie dominante na associação *Arenoparrella mexicana* (Figura 09).

A primeira associação (*A. pseudocassis*) englobou 22 estações atingindo todo médio e alto curso do rio Piracão e curso superior do rio Portinho. Nesta associação as espécies auxiliares foram: *Ammotium distitum*, *A.*

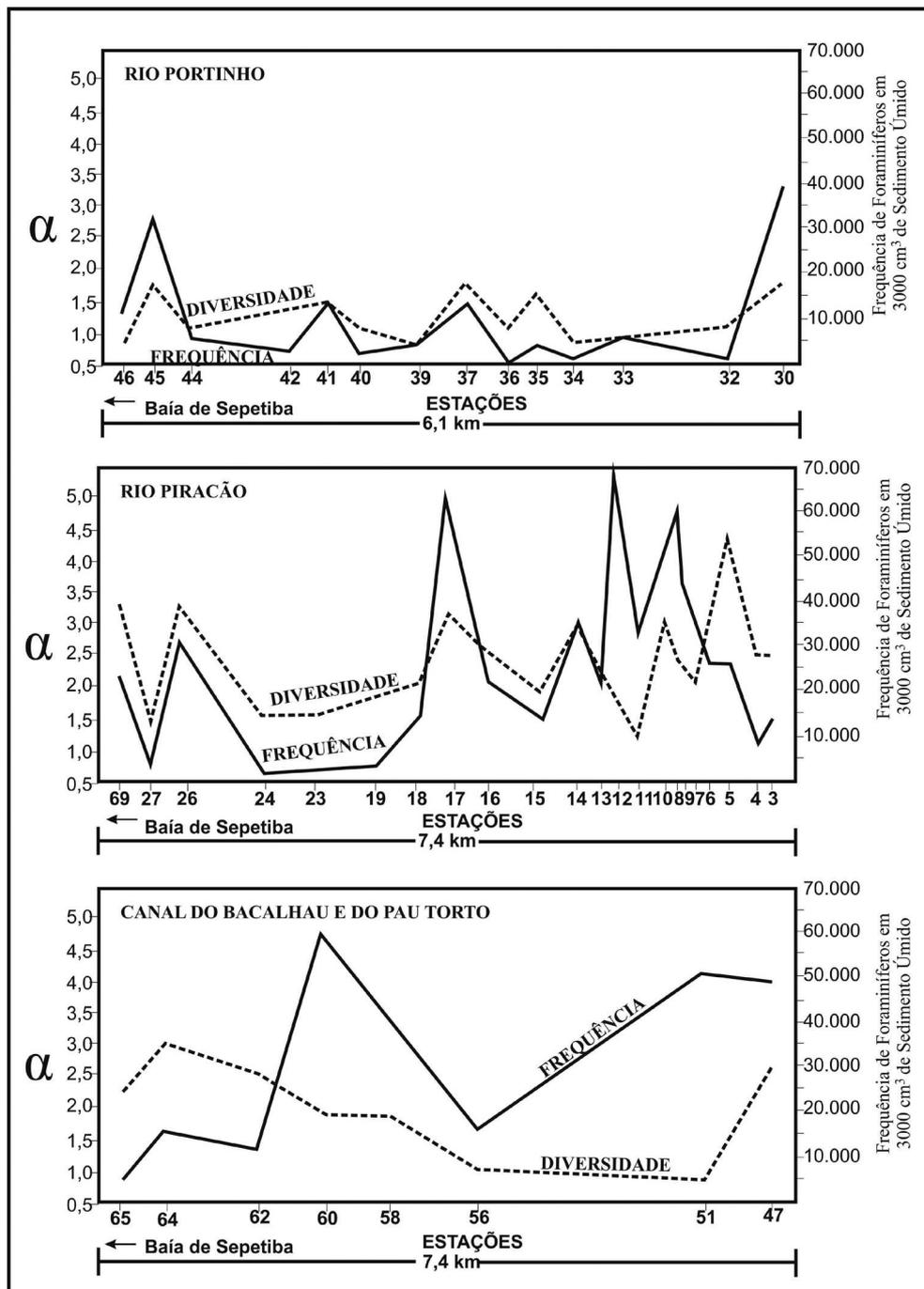


Figura 08 – Diversificação específica α e frequência absoluta de foraminíferos ao longo dos canais de maré de Guaratiba (Brönnimann *et al.* 1981b).

salsum, *Bahianotubus salvadorensis*, *Bahianofusus pontoni*, *Chitinosaccus zuluensis*, *Chitinosaccus guaratibaensis*, *Reophax palustris* e *Iridia* sp.

A segunda associação (*G. exilis*) apresentou duas subdivisões proporcionadas pela presença da espécie *Helenina anderseni* nas estações G64, G65 e G66,

localizadas na borda da Baía de Sepetiba. A outra região composta pelas estações, localizadas ao longo dos canais do Bacalhau e do Pau Torto, tiveram como espécies auxiliares *Ammotium salsum* e *A. pseudocassis*. Esta associação representa a região de maior influência marinha no manguezal.

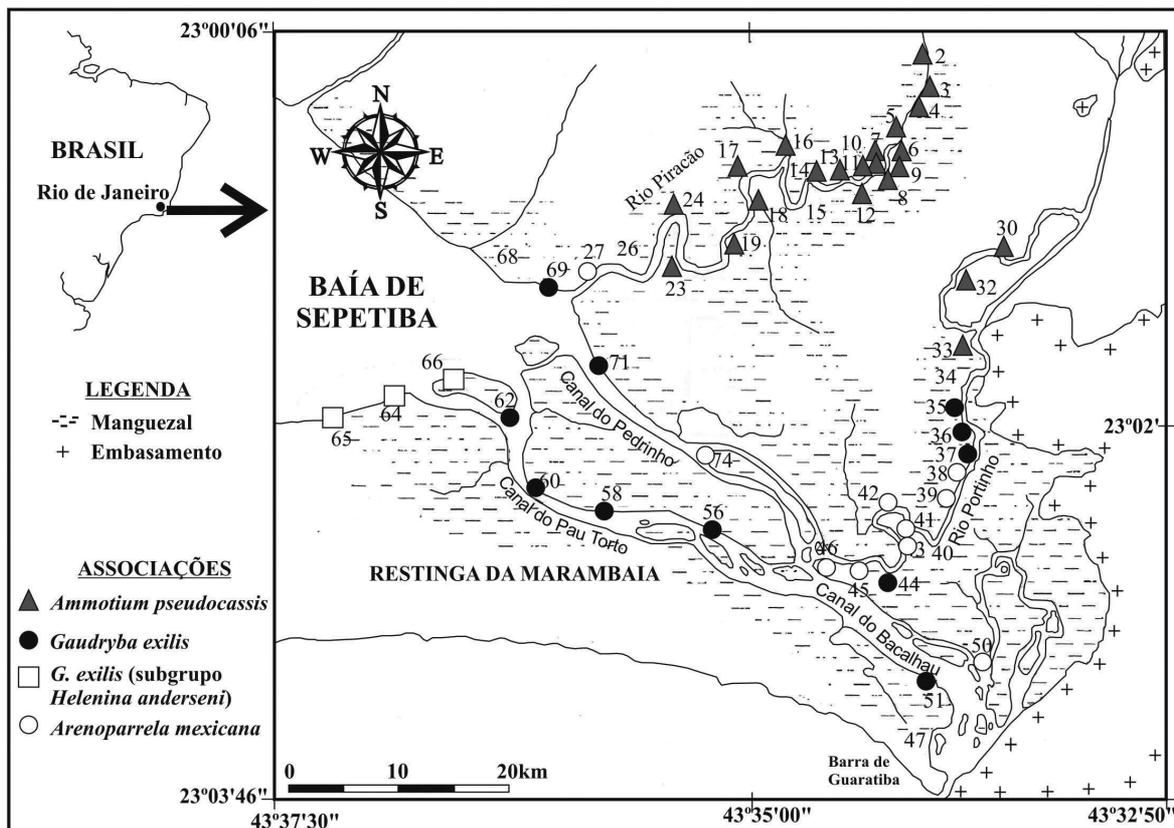


Figura 09 – Associações de foraminíferos do manguezal de Guaratiba obtidas pelo método qualitativo *Braun-Blanquet* (Beurlen & Hiltermann 1983).

A terceira associação foi composta por 13 estações e não apresentou espécies auxiliares específicas. Esta associação foi dominante no baixo curso do rio Portinho e, em algumas estações dos canais do Bacalhau e do Pau Torto, mostrando o caráter mais salobro desta região.

Dias-Brito *et al.* (1988) compararam a distribuição das espécies de foraminíferos de Brönnimann *et al.*, (1981a) com a de ostracodes na Baía de Sepetiba. A população de ostracodes não foi tão densa quanto a de foraminíferos, contudo foram identificados 30 *taxa* ao longo da baía, que resultaram na individualização de 10 biofácies (Figura 10). Comparando-se a distribuição das assembleias de foraminíferos e de ostracodes pode-se constatar que: O compartimento Marinho foi composto pelas assembleias de foraminíferos VII e VI e pelas de ostracodes X e IX; Compartimento Lagoa Marinha Normal foi composto pelas biofácies de foraminíferos III e V e pela de ostracodes VI; Compartimento Lagoa Mixo-Euhalina composta pelas biofácies de foraminíferos I e III e pela de ostracode I, II e III. A

biofácies de foraminífero IV correspondeu a VI de ostracodes. Esta relação entre os dois grupos demonstra a existência de três domínios na Baía de Sepetiba:

1. A área marinha localizada na parte sul da baía foi caracterizada pela presença de briozoários, braquiópodes e foraminíferos planctônicos. O ambiente é, no geral, físico-quimicamente estável, apresentando águas alcalinas e euhalinas, diversidade de nutrientes, boa oxigenação e iluminação. Existem boas condições para a vida bentônica, os foraminíferos e os ostracodes ocorrem com alta diversidade específica.
2. A área central da laguna apresentou condições mais restritivas para um alto desenvolvimento biológico. As águas foram alcalinas e euhalinas, o sedimento foi pobre em nutrientes e a circulação foi possivelmente deficiente. A relativa calmaria das águas nesta área permitiu a deposição de espículas de esponja e a entrada de radiolários na baía. A fauna de foraminíferos

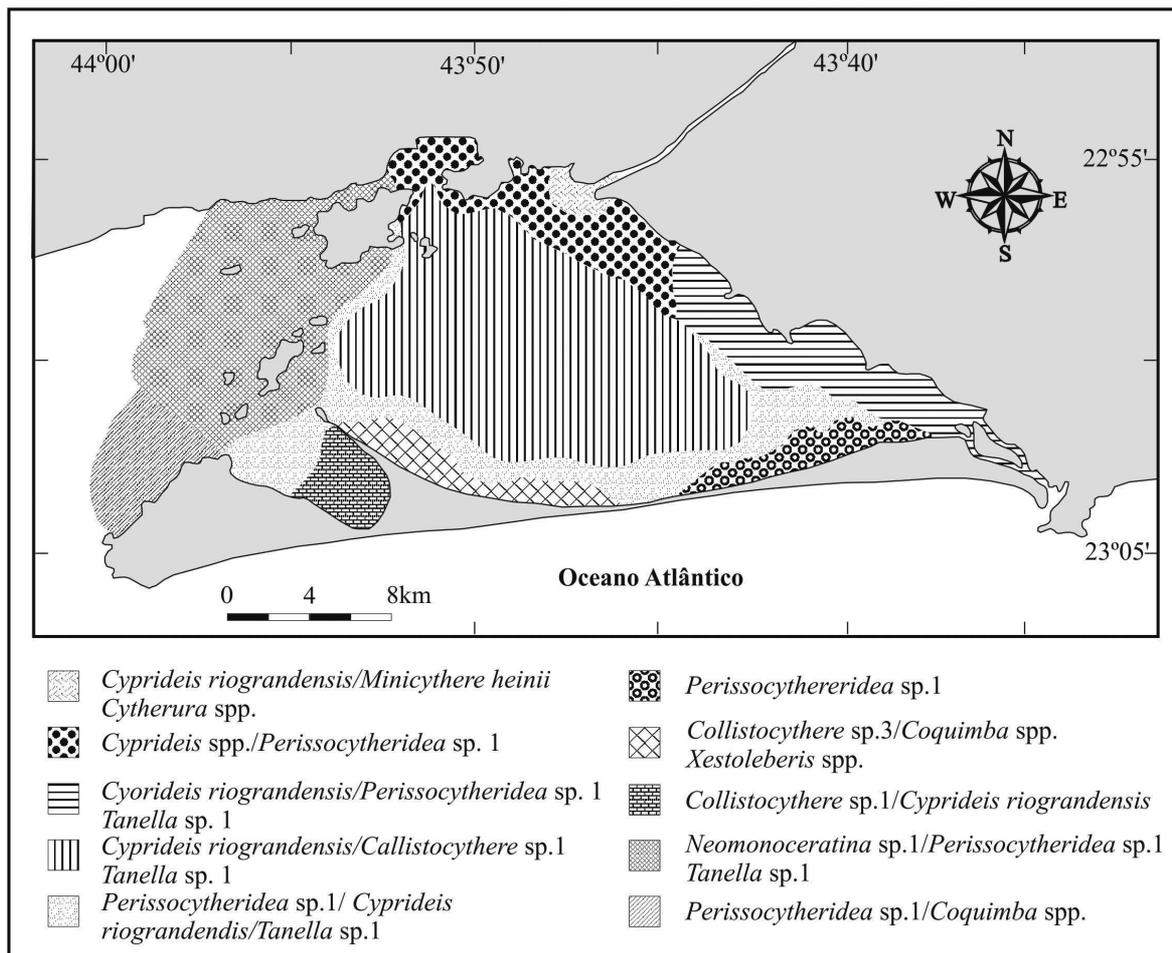


Figura 10 – Assembleias de foraminíferos e ostracodes na Baía de Sepetiba (Dias-Brito *et al.* 1988).

e de ostracodes não é rica e a diversidade específica é um pouco mais baixa.

3. A área periférica da laguna localizada ao norte e leste do segmento se caracterizou pela região mais instável do ecossistema. Nesta região ocorrem grandes variações de salinidade e pH, alta disponibilidade de nutrientes, sedimento relativamente pobre em oxigênio e razoavelmente iluminados. Os foraminíferos nesta área apresentam altos valores de frequência e baixa diversidade. Os ostracodes, no geral, não são bem desenvolvidos nesta área, devido ao alto estresse ambiental. No segmento sul, ao longo da ilha barreira, o sedimento é pobre em nutrientes, particularmente na parte oeste. Os foraminíferos são escassos, mas os ostracodes são ricos, apresentando alta frequência.

Oliveira-Silva (2003) revisou do ponto de vista taxonômico 21 estações das 176 coletadas por Brönnimann *et al.* (1981a) e aplicou índices ecológicos e análises multivariadas para caracterizar as assembleias de foraminíferos da Baía de Sepetiba (Figura 11).

Um total de 181 taxa de foraminíferos foram identificados onde, *Ammonia parkinsoniana* foi a espécie mais frequente com 90,4%, seguida por *A. tepida* (76,2%), *Textularia earlandi* (61,9%), *Elphidium excavatum* (15,6%), *A. rolshaseni* (10,66%) e *T. gramen* (5,79%).

A riqueza alcançou o valor máximo de 80 espécies na estação mais externa da baía (S163) e, o mínimo nas estações mais arenosas próximas a restinga da Marambaia (S103 e S107).

Espécies dos gêneros *Buccella frigida*, *Buccella peruviana*, *Bulimina marginata* e *Quinqueloculina*

seminulum permitiram a constatação da entrada de águas frias na baía, visto que estas espécies são típicas da plataforma da Argentina. Por outro lado, espécies do genero *Paratrochammina clossi* e *Asterotrochammina compositi*, espécies típicas da plataforma de Campos, demonstram o transporte de águas do norte para dentro da baía.

O índice de diversidade de *Shannon* aplicado apresentou os maiores valores na baía média e externa, tendo sido encontrado o valor máximo de 3,9 na estação S163 e o mínimo, 0,44 na estação S107. A equitabilidade

J' seguiu o mesmo padrão apresentado pela diversidade, que foi crescente de leste para oeste, da região mais restrita para a mais externa da baía (Figura 12). Os valores baixos de *J'* mostram que a ocorrência das espécies nas estações se apresentou de forma extremamente homogênea.

Através da análise de correspondência canônica (CCA), a autora verificou que o $CaCO_3$ e a matéria orgânica, foram as variáveis ambientais que mais influenciaram as estações do primeiro quadrante do gráfico. Secundariamente, no segundo e terceiro quadrantes foram a temperatura, salinidade e o pH as

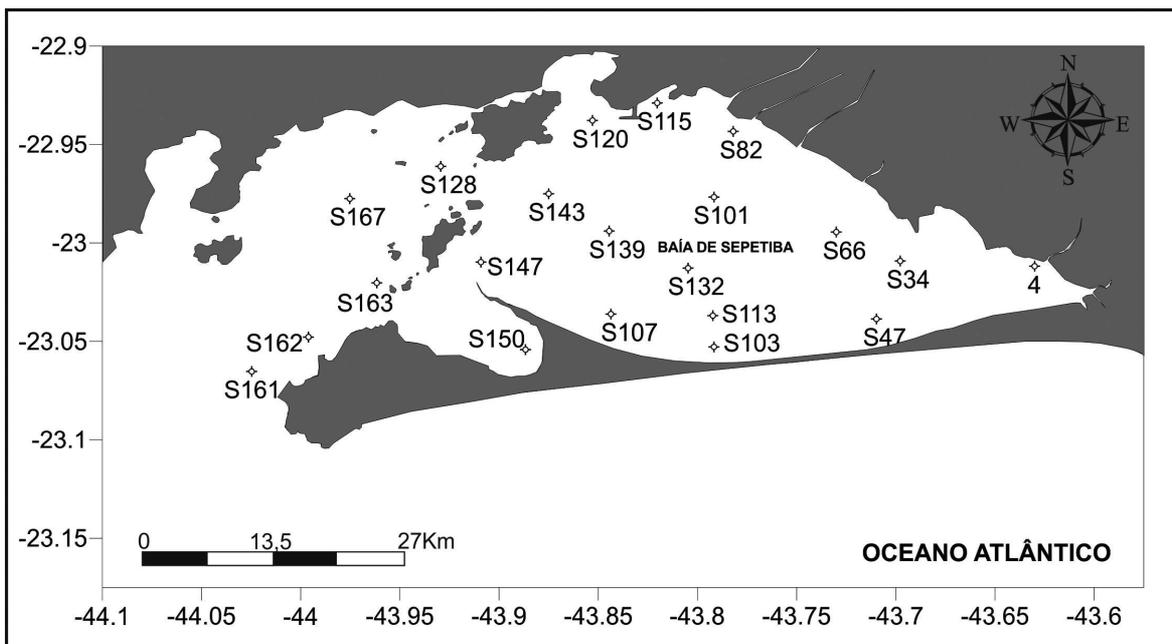


Figura 11 – Malha amostral selecionada para análise de assembleias de foraminíferos de Oliveira-Silva (2003).

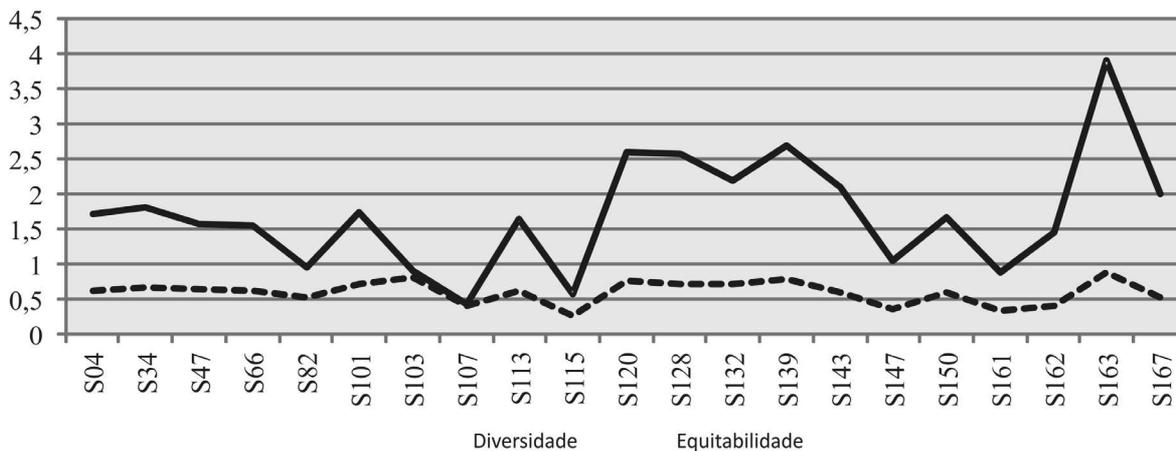


Figura 12 – Índice de diversidade *Shannon* e equitabilidade na baía de Sepetiba (Oliveria-Silva 2003).

variáveis que mais influenciaram na distribuição das estações (Figura 13).

De acordo com a análise de agrupamento utilizando-se similaridade $\log_{10}(x+1)$ de Bray-Curts foi possível caracterizar três assembleias na baía de Sepetiba (Figura 14):

- Assembleia I (S4, S34, S47, S66, S82, S101, S113 e S115) - Está assembleia foi estruturada quase que exclusivamente por espécies calcário-hialinas e caracterizada pelo domínio de espécies típicas de ambientes mixohalinos como *Elphidium gunteri* e *Ammonia parkinsoniana*. As espécies acessórias desta assembleia foram *Elphidium excavatum*, *Ammonia tepida* e *Textularia earlandi*. A ocorrência das espécies *Asterotrochammina composi*, *Asterotrochammina sinuosa*, *Bolivina striatula* e *Bulimina marginata* permitiram indicar o transporte por correntes de fundo, pois estas espécies são de ambiente marinho normal.
- Assembleia II (S120, S128, S132, S139, S143, S147, S150 e S167) – foi composta também por espécies calcário-hialinas (Rotaliida) e por

calcários porcelosos (Miliolida). Foi dominada por espécies tipicamente marinhas como *Ammonia roshauseni*, *Hanzawaia concêntrica*, *Cancris sagra*, *Ammonia parkinsoniana* e *Elphidium incertum*. A influência marinha também pode ser constatada pela diversidade de espécies de lagenídeos.

- Assembleia III (S103, S107, S161, S162, S163) – representou a região com maior influência marinha. Esta associação de foraminíferos identificada mostrou a dominância de *Textularia gramen* sobre os outros taxa e a ocorrência de *Miliamina fusca* como espécie acessória. Nesta assembleia foi identificada a maior concentração de miliolídios.

Como resultado das análises qualitativa e quantitativa, foi proposta pela autora, subdividir a Baía de Sepetiba em três setores: Baía Interna (Assembleia I); Baía Média (Assembleia II) e Baía Externa (Assembleia III) (Figura15).

Na região denominada Baía Externa, foi encontrada uma maior estabilidade das condições ambientais tais

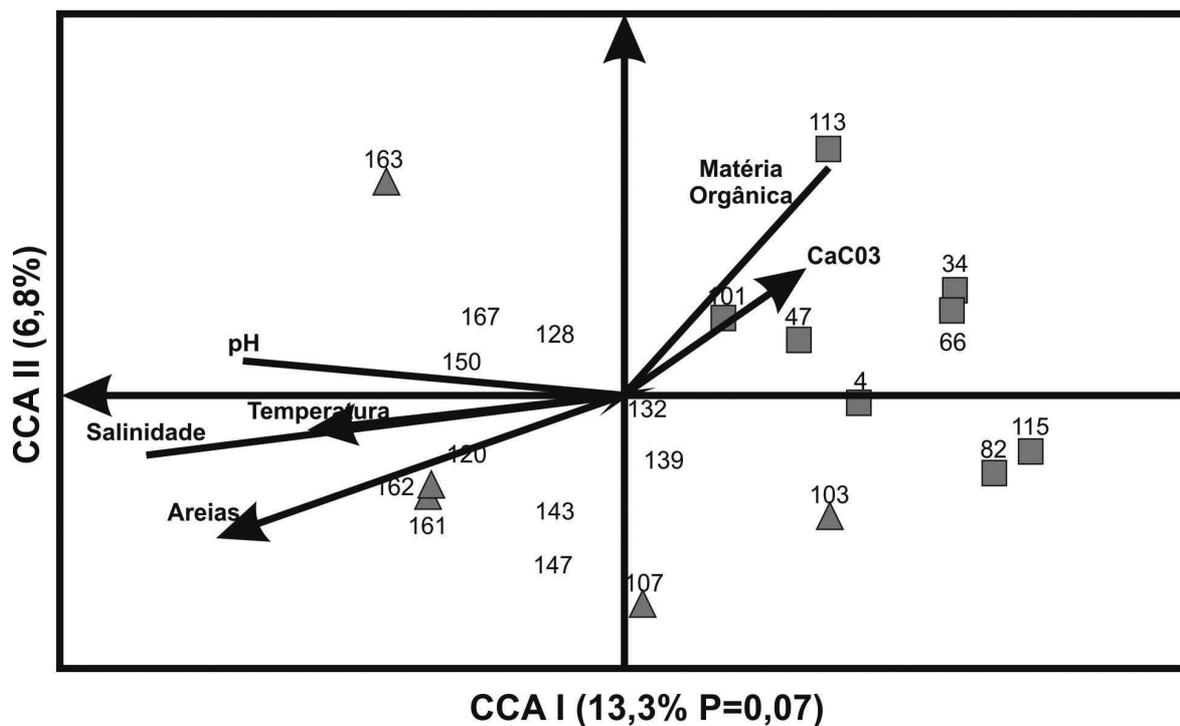


Figura 13 – Análise de correspondência canônica para as variáveis bióticas, abióticas e as estações amostrais (Oliveira-Silva 2003).

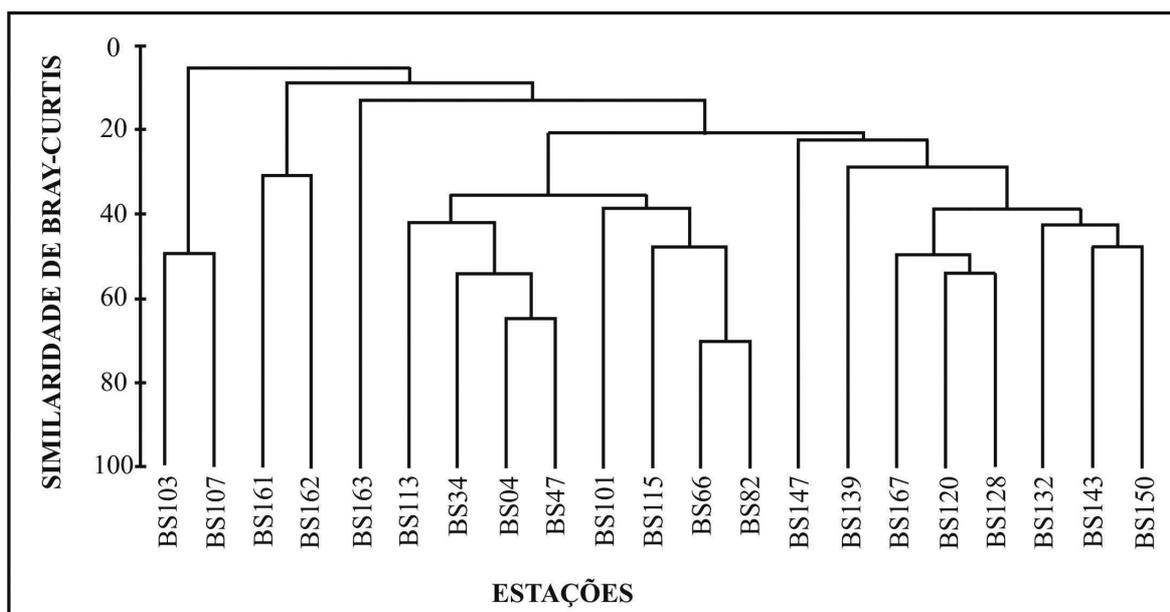


Figura 14 – Dendrograma representativo do agrupamento de amostras pelo índice de similaridade de Bray-Curtis (Oliveira- Silva 2003).

como pH, salinidade, matéria orgânica e oxigênio, o que favoreceu essa grande diversidade e dominância de espécies de rotalídeos. Este grupo predominou ainda na porção denominada Baía Média, pois nesta região as condições ainda eram propícias para o desenvolvimento deste grupo.

As maiores ocorrências de textularídeos foram nas estações da Baía Interna, onde houve a maior variação dos parâmetros físico-químicos. Nesta região registraram-se valores mais baixos de temperatura, oxigênio e salinidade, assim como, os maiores valores de matéria orgânica.

Os miliolídeos foram praticamente inexpressivos, com ocorrência de poucos indivíduos nas estações mais externas da baía. A autora atribui esta ocorrência restrita às condições estáveis de salinidade, nutrientes e carbonato de cálcio nesta região.

A grande diversidade encontrada nas estações da Baía externa e Média foi explicada como resultado da chegada sazonal do sistema Malvinas, que aumenta a produtividade da região devido ao transporte de águas frias, ricas em oxigênio e nutrientes.

O alto número de indivíduos de alguns rotalídeos como *Ammonia parkinsoniana*, *Ammonia tepida*, *Elphidium excavatum* e alguns textularídeos como *Textularia earlandi* próximos ao continente pode ser

explicado pela presença dos rios que trazem uma grande quantidade de matéria orgânica como nutrientes e restos vegetais para esta região, fato que acaba favorecendo o enriquecimento orgânico atuando diretamente na população de foraminíferos.

Laut (2003) e Laut & Rodrigues (2011) fizeram uma revisão taxonômica e aplicaram índices ecológicos e análises multivariadas em dezessete amostras (Figura 16) de Brönnimann *et al.* (1981b). Foram identificadas 34 espécies de foraminíferos aglutinantes e 7 de calcários ao longo dos canais de maré de Guaratiba (Figura 17), um número bem menor das descritas por Brönnimann *et al.*, (1981b). Ainda assim, o número de espécies identificadas foi considerado alto para manguezal, visto que, segundo Boltovskoy (1965), comumente são identificadas uma média de 10 espécies nestes ambientes.

As espécies mais constantes foram *Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides wilberti* e *Trochammina inflata* identificadas em 100% das estações, corroborado por outros autores. O índice de diversidade Shannon (H') encontrado foi mais alto no rio Piracão (1,6-0,9) e no canal do Bacalhau (1,8-0,7) exceto, na estação G50, localiza a leste do manguezal. Os menores índices de diversidade foram identificados no rio Portinho (1,4-0,6), contudo, os valores de equitabilidade (J') demonstraram que mesmo existindo a dominância das

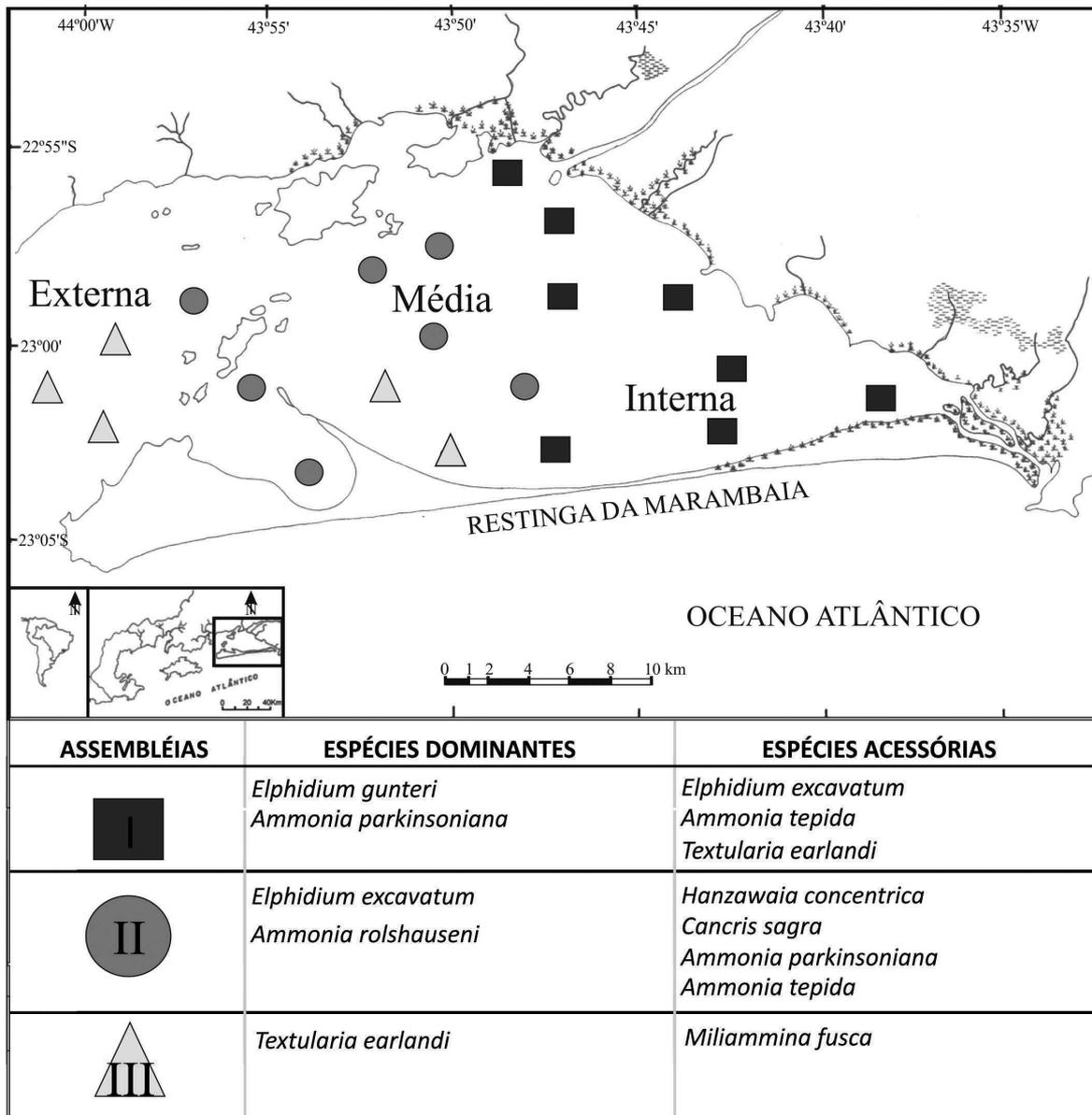


Figura 15 – Biofácies de foraminíferos na Baía de Sepetiba (Oliveria-Silva 2003).

espécies *A. mexicana* e *H. wilberti*, a distribuição dos táxons é homogênea no mangue.

A análise de agrupamento em modo-Q aplicada possibilitou a divisão do manguezal de Guaratiba em três assembleias (Figura 18):

- Assembleia I (G02, G13, G30, G60, G64) – composta pelas estações do alto curso do rio Piracão e Portinho e pelas da extremidade oeste do canal do Bacalhau. Esta assembleia foi marcada pela ocorrência, em todas as estações,

de *Miliammina fusca*.

- Assembleia II (G13, G47, G17, G46, G33, G41, G58, G36, G50) – composta pelas estações distribuídas ao longo do médio curso dos canais do Piracão e Portinho e todo o setor leste do canal do Bacalhau. Esta assembleia foi composta pelas espécies dominantes no manguezal *A. mexicana* e *H. wilberti*.
- Assembleia III (G24, G56, G69, G43) – composta pelas estações localizadas a jusante dos

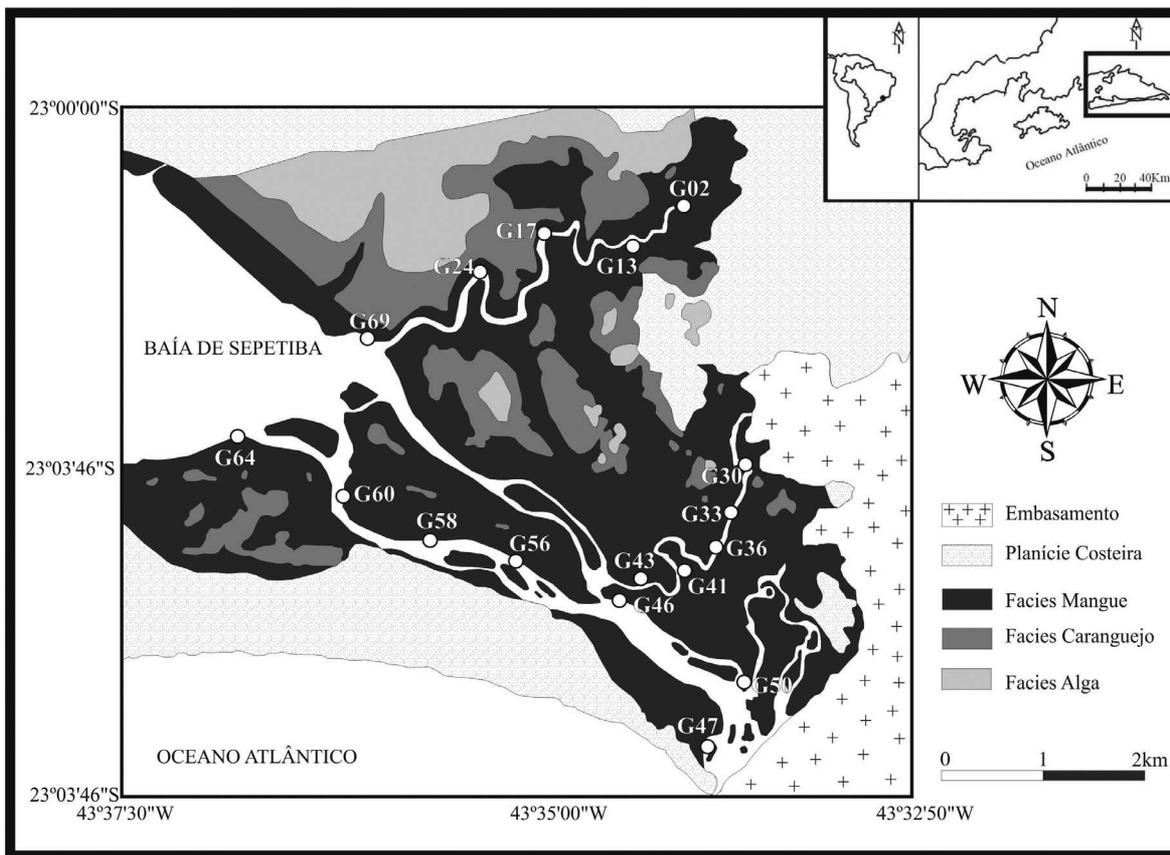


Figura 16 – Estações amostrais no manguezal de Guaratiba (Laut 2003; Laut & Rodrigues 2011).

canais do Piracão e Portinho. Este assembleia se caracteriza pela ocorrência expressiva de *Trochammina inflata* e *Trochammina macrescens*.

Na compartimentação sugerida por Brönnimann *et al.*, (1981b) ocorreu uma região com maior influência marinha localizada na borda oeste do canal do Bacalhau. Este compartimento não foi observado, possivelmente, por ter sido utilizada uma malha amostral menos densa da utilizada por Brönnimann *et al.* (1981b). Por outro lado, o setor mais salobro do manguezal localizado na borda leste do canal do Bacalhau e ao longo do médio e baixo curso do rio Portinho foi semelhante.

A análise em DCA usando as variáveis ambientais apresentou coeficiente de correlação de 81% para o eixo 1 e 7% para o eixo 2. Dentre as variáveis ambientais analisadas, a temperatura mostrou-se o parâmetro que mais influenciou a distribuição dos foraminíferos em relação ao eixo 1. No eixo 2 a variável mais influente foi a salinidade (Figura 18).

Relacionando-se os resultados das duas análises multivariadas puderam concluir-se que a Assembleia A foi condicionada por menor temperatura e menor salinidade, e as assembleias B e C, foram condicionadas pelas maiores temperaturas e salinidade.

A mesma análise feita em relação às espécies mostrou que as espécies *G. gordialis*, *A. parkinsoniana*, *E. gunteri* e *T. squamata* foram favorecidas pelas menores temperatura e *T. ochracea* e *T. salsa* pelas maiores temperaturas. O eixo 2 mostrou que *B. pontei*, *H. anderseni* e *A. sphaerica* foram favorecidas pelos maiores teores de salinidade, enquanto que, as espécies tipicamente de manguezal *W. palustris*, *A. salsum*, *Lituola* spp. e *M. fusca* tiveram sua ocorrência associada aos baixos teores de salinidade.

Clemente *et al.* (2010) objetivando determinar microhabitats dentro da baía de Sepetiba com base nas assembleias de foraminíferos, utilizaram 21 amostras coletadas por Brönnimann *et al.* (1981b) que foram identificadas sistematicamente por Oliveira-Silva (2003).

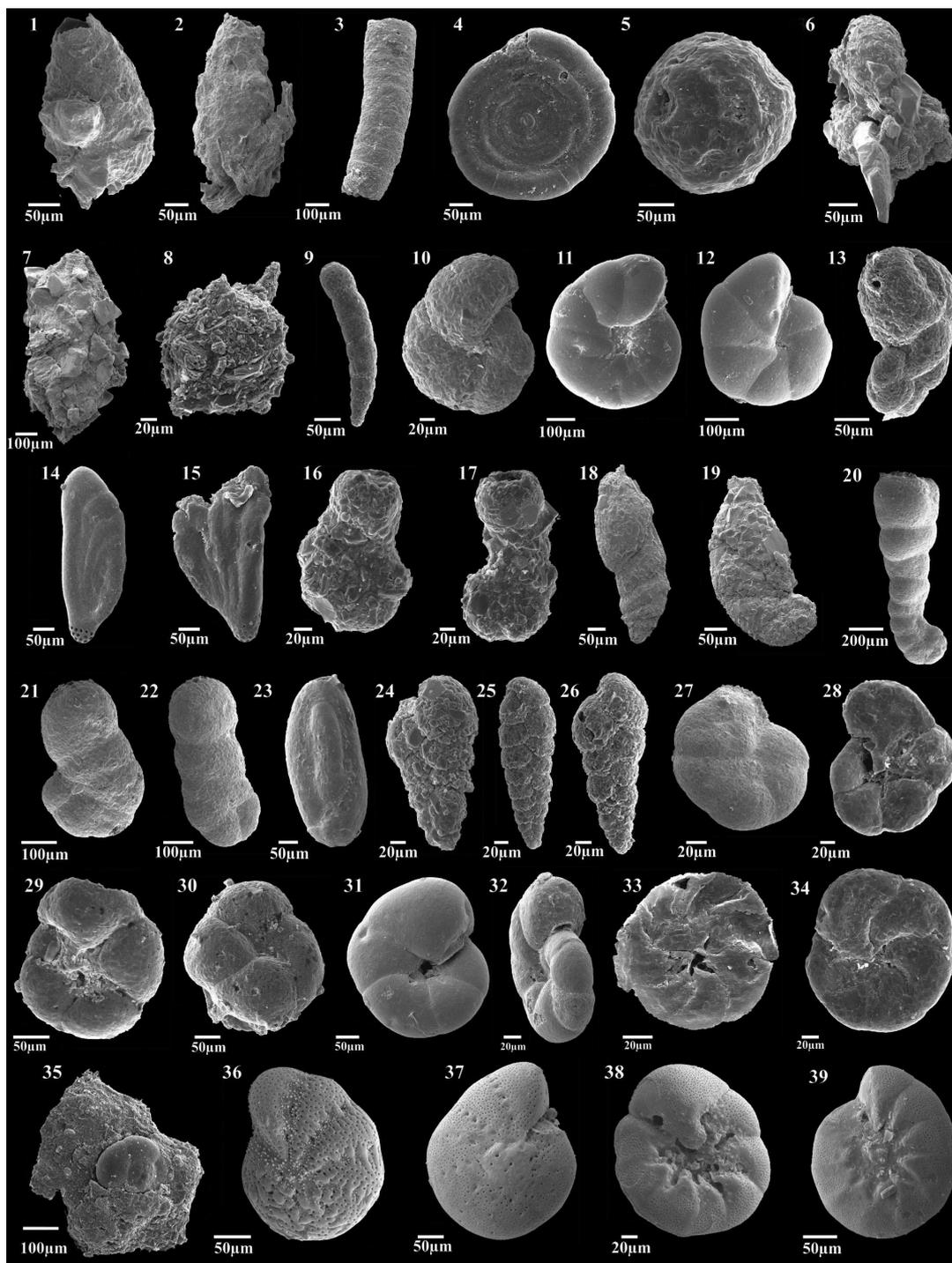
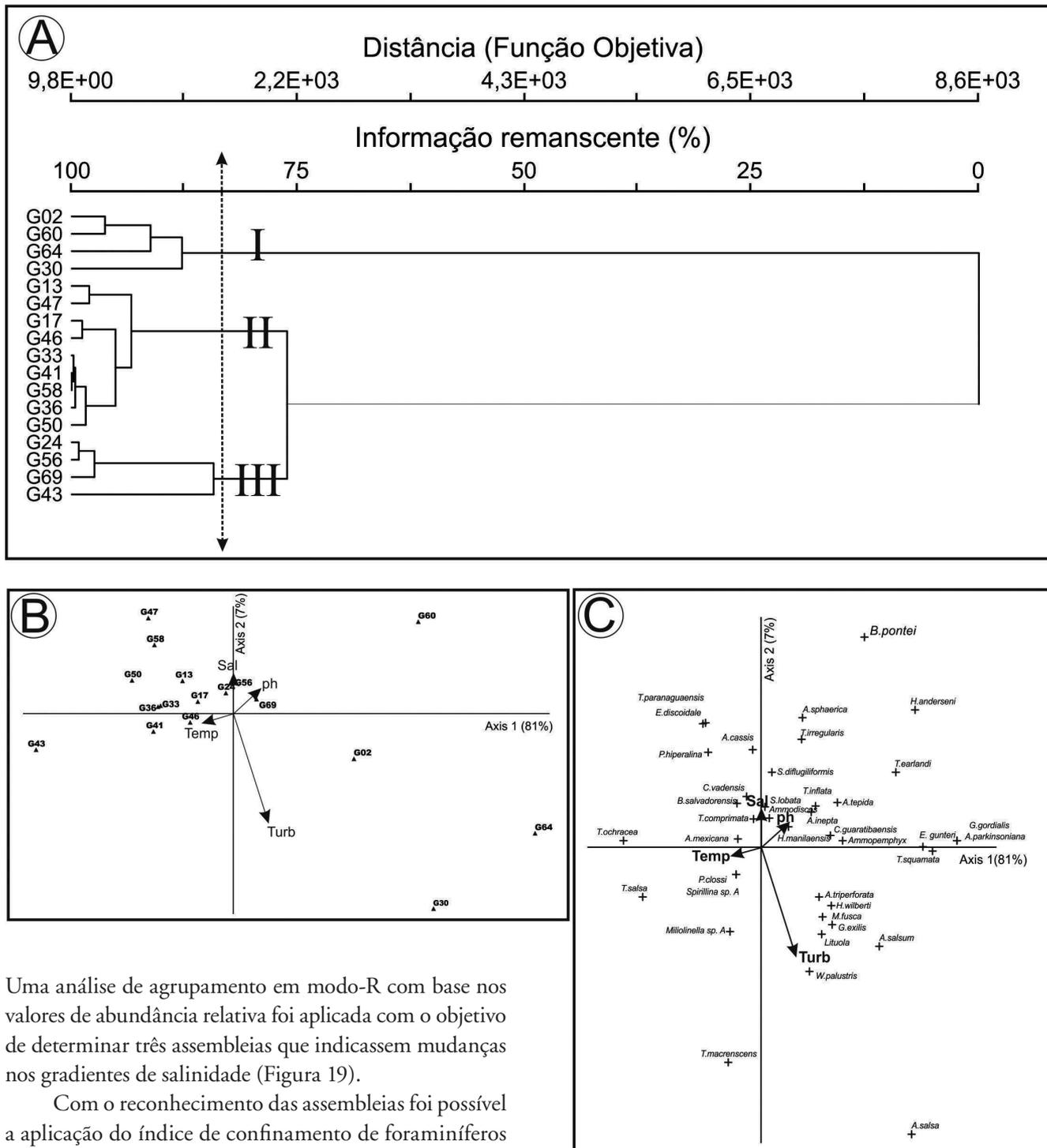


Figura 17 – Foraminíferos do manguezal de Guaratiba (Laut, 2003; Laut & Rodrigues, 2011): 1 – *Chitinosaccus guaratibaensis*; 2 – *Babianofusus pontoni*; 3 – *Babianotubos salvadorensis*; 4 – *Ammodiscus* spp.; 5 – *Blymasphaera brasiliensis*; 6 – *Ammpoemphix* spp.; 7 – *Saccamina difflugiliformis*; 8 – *Astrammmina sphaerica*; 9 – *Warrenita palustris*; 10 – *Cribostomoides* sp. A; 11 – *Haplophragmoides manilaensis*; 12 – *Haplophragmoides wilberti*; 13 – *Trochamminita irregularis*; 14 – *Ammoastuta inepta*; 15 – *Ammoastuta salsa*; 16 – *Ammobaculites dilatatus*; 17 – *Ammobaculites exiguus*; 18 – *Ammotium cassis*; 19 – *Ammotium salsum*; 20 – *Acupeina triperforata*; 21 – *Lituola* sp. A; 22 – *Lituola* sp. B; 23 – *Miliammmina fusca*; 24 – *Galdryna exilis*; 25 – *Textularia earlandi*; 26 – *Textularia panaguaensis*; 27 – *Arenoparrella mexicana*; 28 – *Siphotrochammina lobata*; 29 – *Tiphotrocha comprimata*; 30 – *Paratrochammina clossi*; 31 – *Trochammina inflata*; 32 – *Trochammina macrescens*; 33 – *Trochammina ochracea*; 34 – *Trochammina squamata*; 35 – *Trochamminella siphonifera*; 36 – *Crobroelphidium vadensis*; 37 – *Elphidium discoidale*; 38 – *Ammonia tepida*; 39 – *Ammonia parkinsoniana*.



Uma análise de agrupamento em modo-R com base nos valores de abundância relativa foi aplicada com o objetivo de determinar três assembleias que indicassem mudanças nos gradientes de salinidade (Figura 19).

Com o reconhecimento das assembleias foi possível a aplicação do índice de confinamento de foraminíferos bentônicos que é expresso pela fórmula: $I_c = (C / (B + C) - A) / (A + B) + 1) / 2$ (Debenay 1991).

Os resultados demonstram que a região mais interna da baía, próxima ao manguezal de Guaratiba demonstrou um alto índice de confinamento (0,87), que está relacionado à baixa batimetria, menor hidrodinâmica, grande quantidade de carbono orgânico

Figura 18 – Análises multivariadas de Laut & Rodrigues (2011) com base nos valores de abundância relativa das espécies de foraminíferos no manguezal de Guaratiba. (A) análise de grupamento em modo Q mostrando a existência de três assembleias de foraminíferos. (B) DCA mostrando a distribuição das estações em relação aos parâmetros ambientais analisados. (C) DCA mostrando a distribuição das espécies em relação aos parâmetros ambientais analisados.

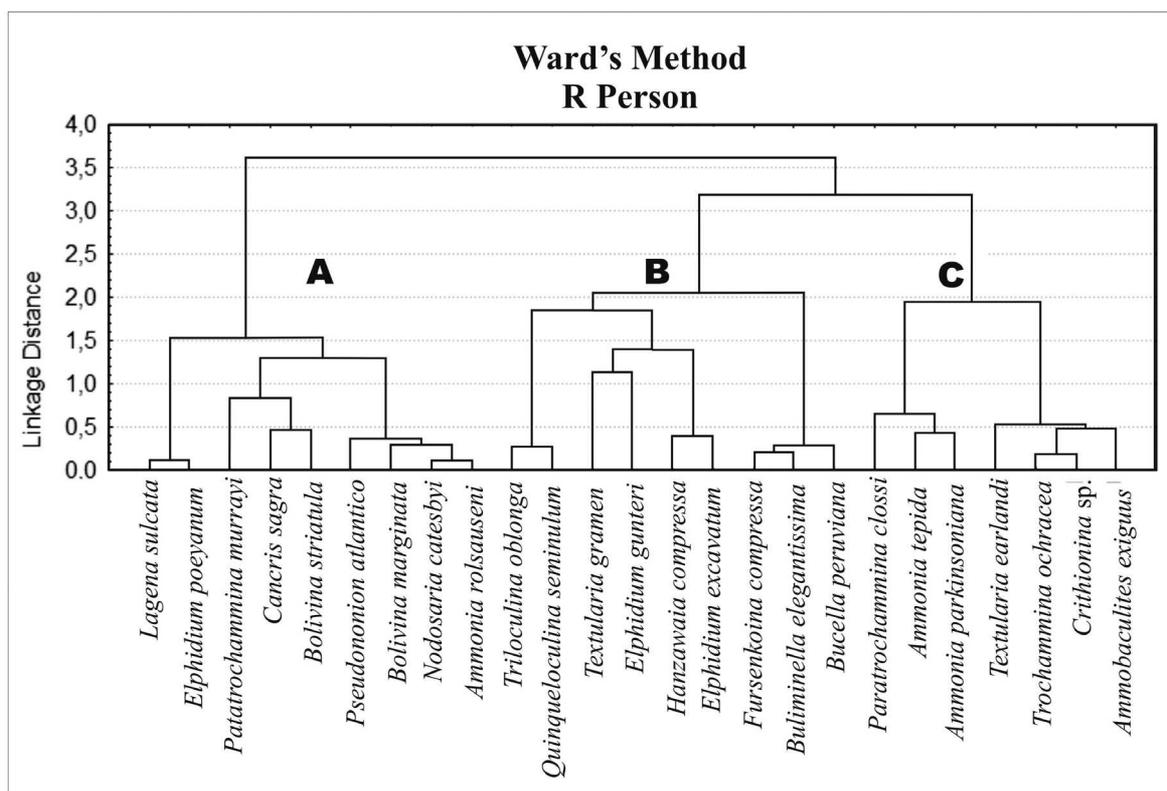


Figura 19 – Dendrograma em Modo-R com base nos valores de abundância relativa das espécies de foraminíferos descritas por Oliveira-Silva (2003). Onde a Assembleia A representa as espécies oceânicas, B as que vivem em regiões abrigadas e C as que vivem em regiões mais confinadas (Clemente *et al.* 2010).

e a baixa concentração de oxigênio dissolvido. Estas condições conduzem ao estresse ambiental que favorece o predomínio de espécies oportunistas na sua grande maioria. Os valores médios de confinamento (0,5) foram observados próximo ao Pico de Marambaia, Ilha de Jaguanum e a Restinga de Marambaia. Os menores valores (0,18), no entanto, foram encontrados no canal localizado entre a Ilha de Jaguanum e a Ilha de Itacuruçá, resultado da maior profundidade e influência marinha. Esta região pode ser considerada como tendo uma grande capacidade de renovação dos elementos marinhos (Figura 20). Clemente *et al.* (2010) ressaltam a aplicação do índice de confinamento em regiões costeiras que pode ser essencial nas interpretações paleoambientais ao longo do Quaternário.

3.2.3 – Paleoecologia e Variações do Nível do Mar

Laut (2003) analisou o testemunho TE de 530 cm de profundidade localizado na franja do manguezal de

Guaratiba (Figura 21). Foram identificadas 69 espécies de foraminíferos com dominância dos textularídeos: *Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides wilberti*, *Trochammmina inflata* e *T. macrescens*.

Os foraminíferos calcários pertencentes à Ordem Rotaliida só foram identificados a partir da profundidade de 160 cm do testemunho, com dominância de *Ammonia tepida* e *Quinqueloculina seminulum*. As concentrações de foraminíferos calcários foi entre os intervalos de profundidade de 320-360 cm, 440-460 cm e 480-500 cm.

Através da análise de agrupamento em modo-Q dos valores de abundância relativa das espécies foram definidas oito biofácies de foraminíferos no testemunho TE que indicaram mudanças ambientais (Figura 22):

- Biofácies I (Associação *Ammonoastuta inepta*) – Agrupamento composto pelos intervalos de 0-20 cm e 100-120 cm, representado por nove espécies aglutinantes (*A. mexicana*, *H. wilberti*, *T. macrescens*, *T. inflata*, *Ammonoastuta inepta*, *H.*

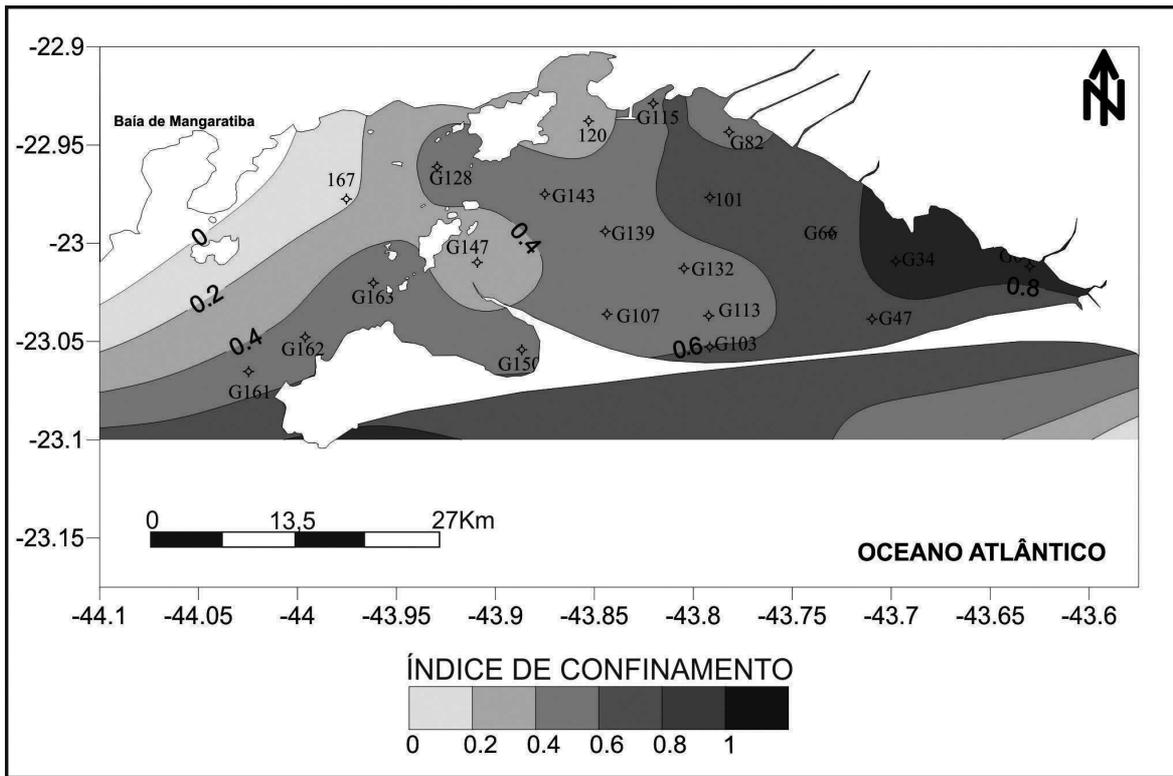


Figura 20 – Distribuição do índice de confinamento de Debenay (1991) aplicado na Baía de Sepetiba por Clemente *et al.* (2010).

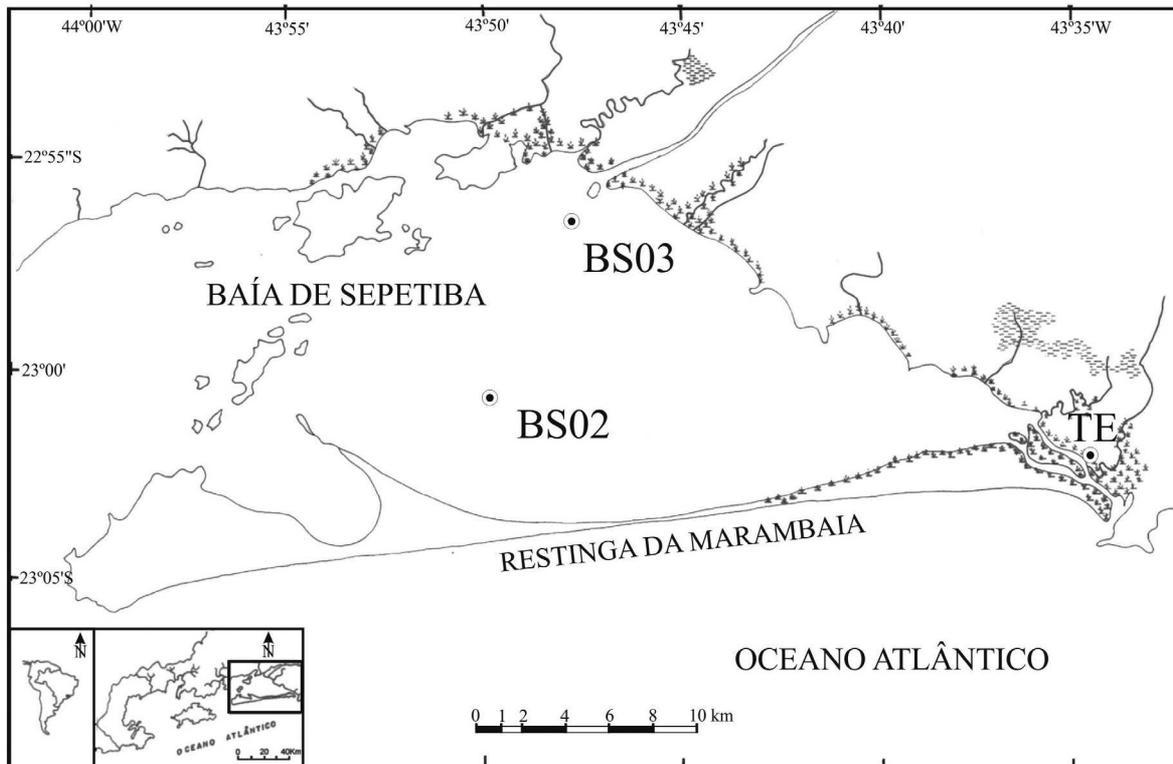


Figura 21 – Testemunhos analisados na Baía de Sepetiba (Laut 2003; Silva 2006).

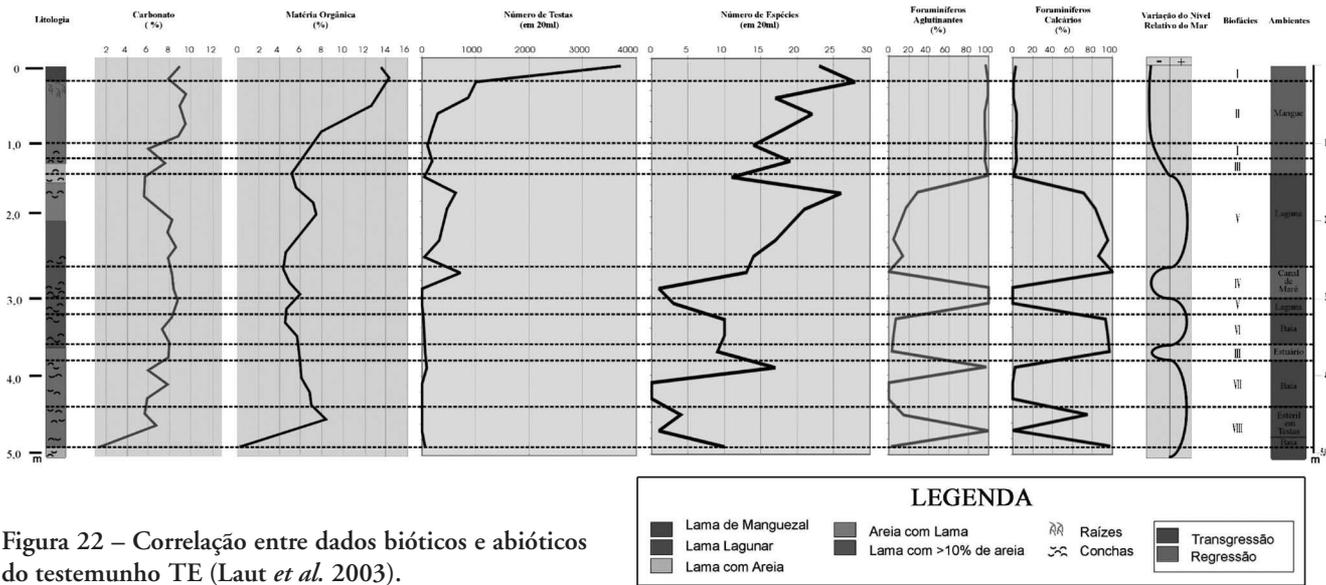


Figura 22 – Correlação entre dados bióticos e abióticos do testemunho TE (Laut *et al.* 2003).

manilaensis, *Textularia earlandi* e *Trochammina salsa*) e por uma espécie calcária (*Q. seminulum*). Esta associação corresponde às identificadas no manguezal atual na Fácies Mangue de Brönnimann *et al.*, (1981b).

- Biofácies II (Associação *Textularia earlandi*) – Este grupamento localizou-se dentro da Biofácies I, entre os intervalos de 40 - 60 cm, apresentou maior diversidade que o intervalo anterior, sendo representado por: 12 espécies aglutinantes (*Arenoparrella mexicana*, *Ammoastuta inepta*, *A. salsa*, *Ammobaculites dilatatus*, *Ammotium salsum*, *Haplophragmoides wilberti*, *H. manilaensis*, *Trochammina macrescens*, *T. inflata*, *T. earlandi*, *Siphotrochammina lobata* e *W. palustris*) e uma espécie calcária (*Quinqueloculina seminulum*). Esta assembleia sugeriu maior influência marinha visto que possui maior riqueza de espécies.
- Biofácies III (Associação *Ammoastuta salsa*) – Este grupamento foi representado pelos intervalos de 140 cm e 380 cm, sendo composto somente por espécies aglutinantes (*A. mexicana*, *T. inflata*, *A. salsa*, *H. wilberti*, *T. macrescens*, *A. salsum*, *Daitrona* ? sp. e *S. lobata*). Esta assembleia representou um ambiente mais confinado, pois as espécies dominantes são resistentes a condições de baixa salinidade.

- Biofácies IV (Associação *Trochammina ochracea*) – Biofácies composta somente por 3 espécies aglutinantes (*T. ochracea*, *Daitrona* ?, *Bahianofusus ponteii*), representado pelo intervalo de 300 cm. Possivelmente esta biofácies correspondeu a um ambiente com maior fluxo de água doce e correntes de fundo. Foi a associação que apresentou o menor número de espécies e a menor densidade populacional. *T. ochracea* é uma espécie que vive na proximidade dos canais, pois sua forma achatada oferece resistência às correntes de fundo.
- Biofácies V (Associação *Ammonia tepida*) – Biofácies composta pelos intervalos de 160 cm, 220-226 cm e de 320 cm. Esta associação foi composta pelas espécies calcárias: *A. tepida*, *A. parkinsoniana*, *Elphidium gunteri*, *Elphidium* spp., *Criboelphidium poeyanum* e *C. vadensis*. Esta associação correspondeu a um ambiente deposicional lagunar com salinidade marinha.
- Biofácies VI (Associação *Elphidium atlanticum*) – Esta biofácies foi composta somente pelo intervalo de 360 cm, sendo representada pelas espécies calcárias de: *Elphidium atlanticum*, *E. discoidale*, *Buliminella elegantissima*, *Bolivina striatula* e *Helenina anderseni* e algumas espécies aglutinantes com valores de abundância mais baixos. Esta biofácies representou um

ambiente com influências dos fluxos de maré do manguezal.

- Biofácies VII (Associação *Triloculina oblonga*) – Biofácies composta somente pelo intervalo de 440 cm, sendo representada por 3 espécies calcárias (*Quinqueloculina* sp. A, *Cornuspira incerta* e *T. oblonga*) e uma espécie aglutinante (*Trochammina ochracea*). Representou um ambiente de baía com menor profundidade com influência estuarina.
- Biofácies VIII (Associação *Elphidium galvestonensis*) – Representado pelo intervalo de 480 cm, caracterizada pelas espécies calcárias: *Elphidium galvestonensis*, *Nonionella atlantica* e *Buccella frigida*. Representou o ambiente de baía com profundidades entre 10 e 40 m onde puderam ser identificadas espécies típicas do sistema Malvinas.

Os resultados das assembleias de foraminíferos foram confrontados com os obtidos nas análises sedimentológicas de Pereira (1998), possibilitando a distinção de períodos transgressivos e regressivos em TE (Figura 22).

Após o último hemiclo glacial (11.500 anos), a atual linha de costa brasileira foi ultrapassada pela primeira vez por volta dos 6.500 anos A.P., com um máximo transgressivo, em torno de 5.100 anos A.P., seguido por uma regressão com dois períodos pequenos de transgressão (Pereira, 1998). Este período de máximo do evento transgressivo foi marcado no testemunho E no intervalo de 480 cm pela presença da biofácies VIII (Figura 22).

No testemunho D (Pereira 1998), perfurado numa área do manguezal próxima ao testemunho E, foram encontrados resultados semelhantes ao deste trabalho. Foi estipulada a idade de 6.130 A.P., para este evento transgressivo, que teriam uma taxa média de sedimentação entre os intervalos de 530 cm e 180 cm em torno de 0,06 cm/ano. Segundo a autora, neste evento o nível do mar teria subido cerca de 5 m acima do atual.

A zona correspondente ao evento regressivo iniciou-se por volta de 4.900 A.P., marcado por sedimentos de areia fina e silte médio a fino, com a porcentagem de areia aumentando até a formação de um cordão arenoso

(Pereira, 1998). Este período regressivo foi marcado em TE, entre o intervalo 380 cm e 360 cm pela Biofácies III como um ambiente estuarino.

Posteriormente o mar voltou a subir formando uma baía. Segundo Pereira (1998), esta baía apresentava profundidades superiores às descritas na base do testemunho D. Todavia, pela associação de foraminíferos identificada no testemunho E (biofácies VI, associação *Elphidium atlanticum*), pode-se supor que esta baía era um pouco mais rasa. Esta transgressão no manguezal de Guaratiba foi datada em 3.800 anos A.P., sendo que, o nível do mar teria subido cerca de 3 m acima do atual.

A baía se fechou lentamente até formar uma laguna no intervalo 320 - 300 cm, marcado pela Biofácies V. O nível do mar continuaria a descer suavemente até formar um sistema de canais de maré com fortes correntes de fundo (Biofácies IV), entre o intervalo de 320 – 260 cm. Segundo vários autores *apud* Pereira (1998), este evento teria ocorrido por volta de 3.500 A.P.

Um novo evento transgressivo, por volta de 2.700 A.P. formou uma laguna (Biofácies V) por um período um pouco mais extenso, ente o intervalo de 260 - 160 cm. Neste evento o nível do mar teria atingindo 2,5 m acima do atual.

O mar começou a regredir novamente por volta de 2.400 A.P. formando um sistema de canais de maré (Biofácies III), que evoluiria para um manguezal a partir do intervalo de 120 cm do testemunho E, permanecendo até os dias de hoje (Biofácies I e II).

Silva (2006) analisou os testemunhos BS02 (170 cm) e BS03 (160 cm) localizados dentro da Baía de Sepetiba com o objetivo de realizar um estudo paleoecológico e biofaciológico dos foraminíferos ao longo do Holoceno (Figura 21). Foram identificadas 108 espécies de foraminíferos com a dominância da Ordem Rotaliida que apresentou 70 espécies (Figura 23)

Dentre os Rotaliida a dominância foi das espécies *Bulimminella elegantissima*, *Ammonia parkinsoniana* e *Bolivina d'Orbigny*. Dentre os Textularídeos a dominância foi de *Textularia earlandi* e *Ammobaculites exiguus*.

Dentre a fauna de foraminíferos encontrados, os miliolídeos foram os menos diversificados com somente 07 espécies, ocorrendo em quase todos os níveis, tendo suas maiores concentrações nos níveis inferiores dos testemunhos (Figura 23).

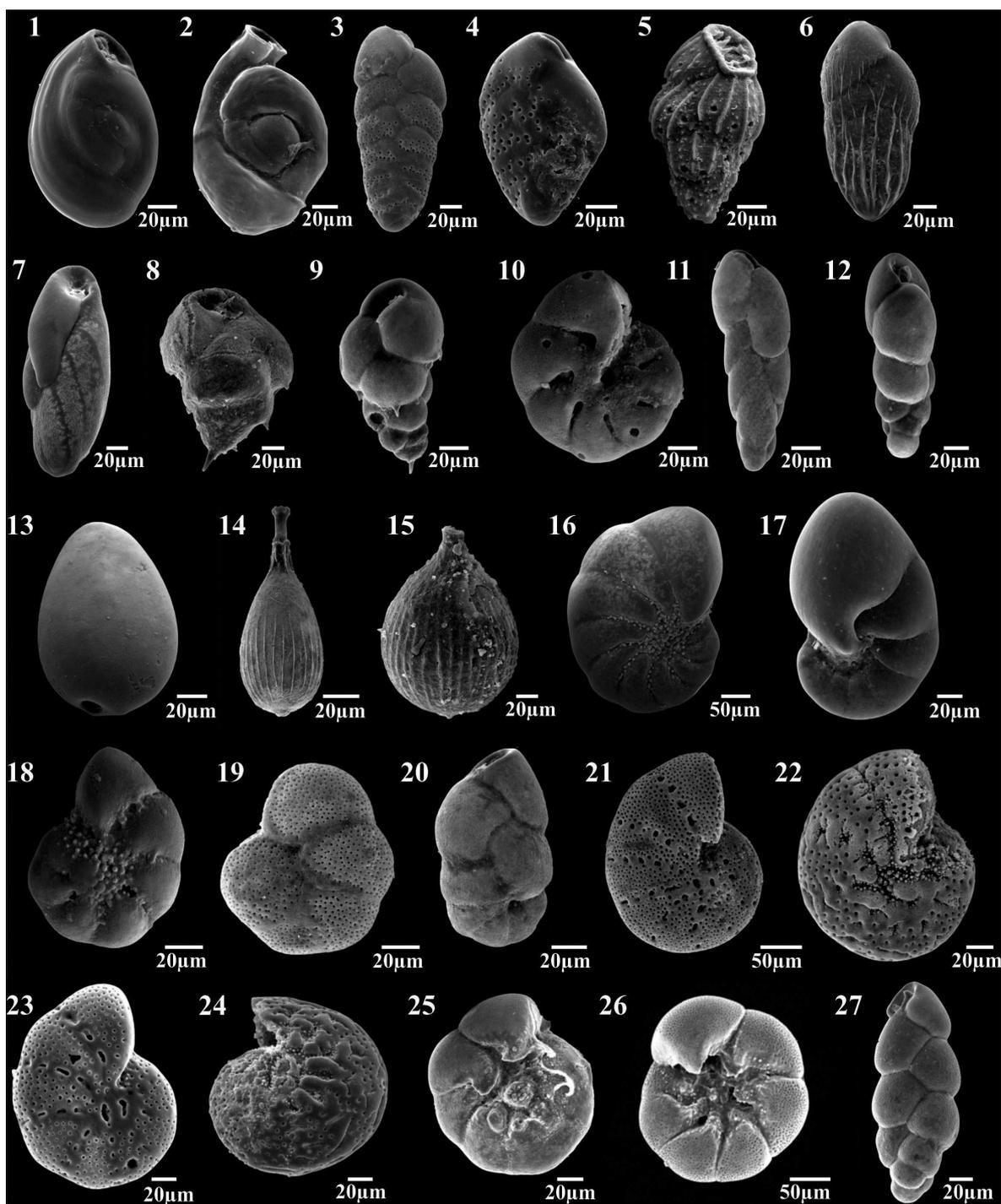


Figura 23 – Espécies de foraminíferos dos testemunhos BS02 e BS03 da Baía de Sepetiba (Silva, 2006): 1 – *Quinqueloculina seminulum*; 2 – *Quinqueloculina* sp. A.; 3 – *Bolivina doniezi*; 4 – *Bolivina ordinaria*; 5 – *Bolivina pulchella*; 6 – *Bolivina striatula*; 7 – *Buliminella elegantissima*; 8 – *Bulimina marginata*; 9 – *Bulimina patagonica*; 10 – *Helenina* sp. A.; 11 – *Fursenkoina* sp. A.; 12 – *Virgulina riggi*; 13 – *Fissurina agassizi*; 14 – *Lagena caldata*; 15 – *Lagena striata*; 16 – *Nonionella atlantica*; 17 – *Nonionella auris*; 18 – *Nonion depressulus*; 19 – *Nonion pseudotisburyense*; 20 – *Dyocibicides* sp. A.; 21 – *Cribroelphidium poeyanum*; 22 – *Cribroelphidium vadensis*; 23 – *Cribroelphidium excavatum*; 24 – *Elphidium gunteri*; 25 – *Ammonia parkinsoniana*; 26 – *Ammonia tepida*; 27 – *Stainforthia concisa*.

A presença de espécies como *Quinqueloculina seminulum* e *Buccella frigida*, típicas da plataforma da Argentina e, *Bulimina marginata*, típica da Subprovincia Sul-Brasileira, demonstrou que a Baía de Sepetiba é uma região biogeográfica transitória.

O testemunho BS02 demonstrou sofrer a influência sedimentar trazida pelas correntes de maré do manguezal, pois a fauna encontrada foi muito semelhante à identificada por Laut (2003) nos níveis superiores do testemunho TE.

Aplicando-se o índice de diversidade de Fisher (α), elaborado por Murray (1973), onde é plotado o número de indivíduos versus o número de espécies para cada profundidade dos dois testemunhos obteve-se uma visão detalhada da evolução ambiental registrada em BS02 e BS03 (Figura 25).

Os valores plotados para BS02 apresentaram índice α superior a 5, exceto na profundidade de 60 cm, evidenciando um domínio de laguna marinha normal. Já no testemunho BS03 todos os intervalos apresentaram índice α superior a 6 (Figura 24).

A autora sugere que somente no testemunho BS03 podem ser identificadas oscilações do nível relativo do mar. Suas interpretações foram baseadas na concentração

da diversidade e abundância de foraminíferos. Entre os intervalos de 160 e 120 cm teria ocorrido um evento transgressivo e, a partir de 120 a 100 cm um evento regressivo. Outro evento transgressivo teria ocorrido entre 90 e 50 cm, seguido por um regressivo que estende até os dias atuais.

Laut *et al.* (2009) propuseram uma análise de agrupamento em Modo-Q, utilizando os valores de abundância relativa das espécies de foraminíferos recuperadas nos testemunhos TE (Laut 2003), BS02 e BS03 (Silva 2006), objetivando obter uma análise paleoecológica mais detalhada. As datações radiométricas utilizadas foram obtidas por Pereira (1998), equivalendo a ± 565 A.P. e ± 6130 A.P., respectivamente.

Foram definidas pelos autores cinco assembleias de foraminíferos ao longo dos três testemunhos estudados (Figura 26):

- Assembleia A – corresponde ao manguezal atual estabelecido a partir de 1.200 anos A.P. Este nível regressivo pode ser constatado na curva de variação do nível relativo do mar estabelecido para o Rio de Janeiro por Suguio *et al.* (1985). Esta mesma assembleia pode ser identificada no testemunho TE a 280 cm correspondendo a um

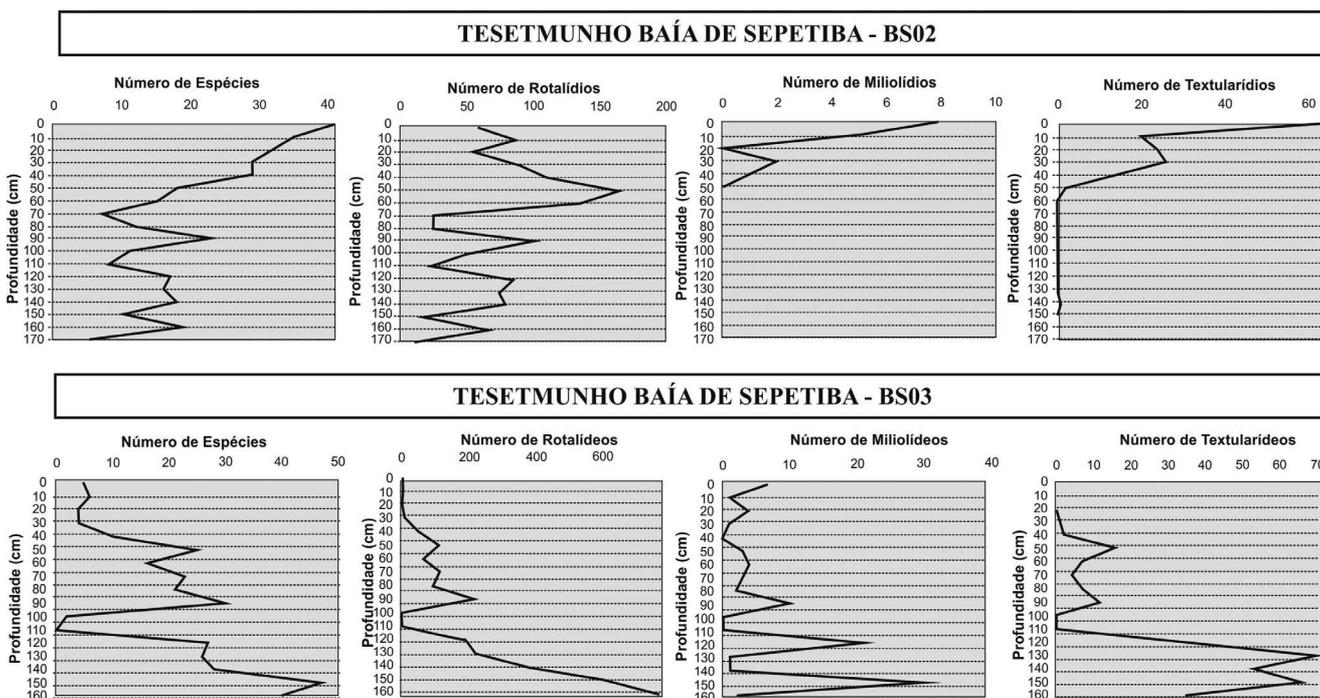


Figura 24 – Gráficos apresentando os valores absolutos em relação a profundidade da ocorrência das ordens de foraminíferos nos testemunhos BS02 e BS03 (Silva 2006).

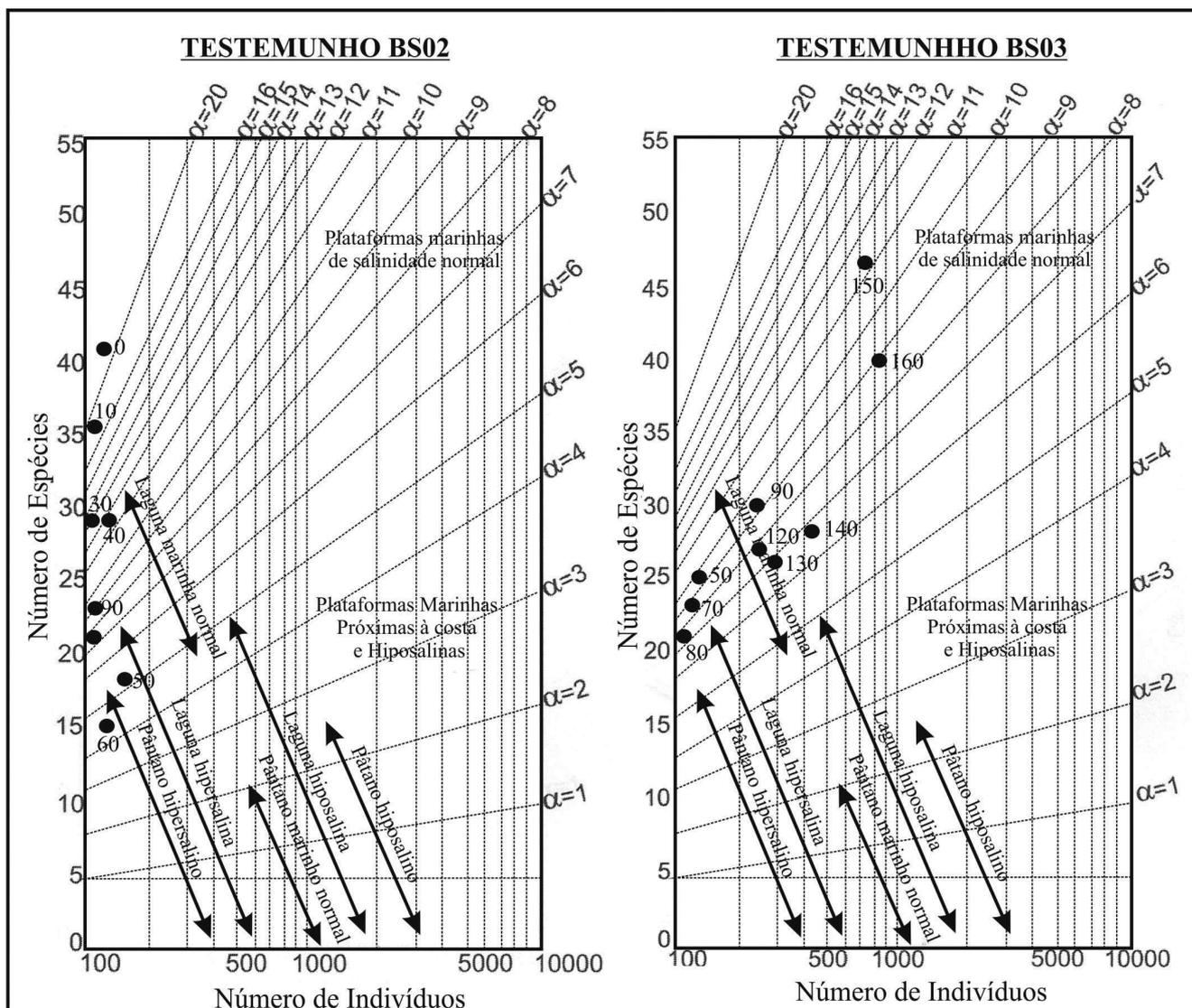


Figura 25 – Índice de diversidade Fisher (α) nos testemunhos BS02 e BS03 da Baía de Sepetiba (Silva 2006).

evento regressivo ocorrido em torno de 3.200 A.P.

- Assembleia B – é composta por foraminíferos tipicamente estuarinos. No testemunho BS03 marca o ambiente atual, pois se localiza na boca de um estuário e no TE pode ser observado a 220 – 260 cm marcando um período transgressivo.
- Assembleia C – corresponde a uma assembleia típica de regiões marinhas rasas como lagoas e enseadas.
- Assembleia D e E – ambas correspondem à baía atual. A assembleia D é composta por uma fauna de foraminíferos comuns em regiões

de menor profundidade aos identificados na Assembleia E. A 4,8 m do testemunho TE pode ser identificada a Assembleia D, indicando um período de transgressão marinha ocorrida \pm 5.200 A.P.

CONCLUSÃO

Uma grande riqueza de espécies de foraminíferos foi identificada no Complexo Costeiro Sepetiba/Guaratiba totalizando 270 espécies de foraminíferos distribuídas pelo sedimento de fundo da baía e nos canais de maré do manguezal de Guaratiba. Nos

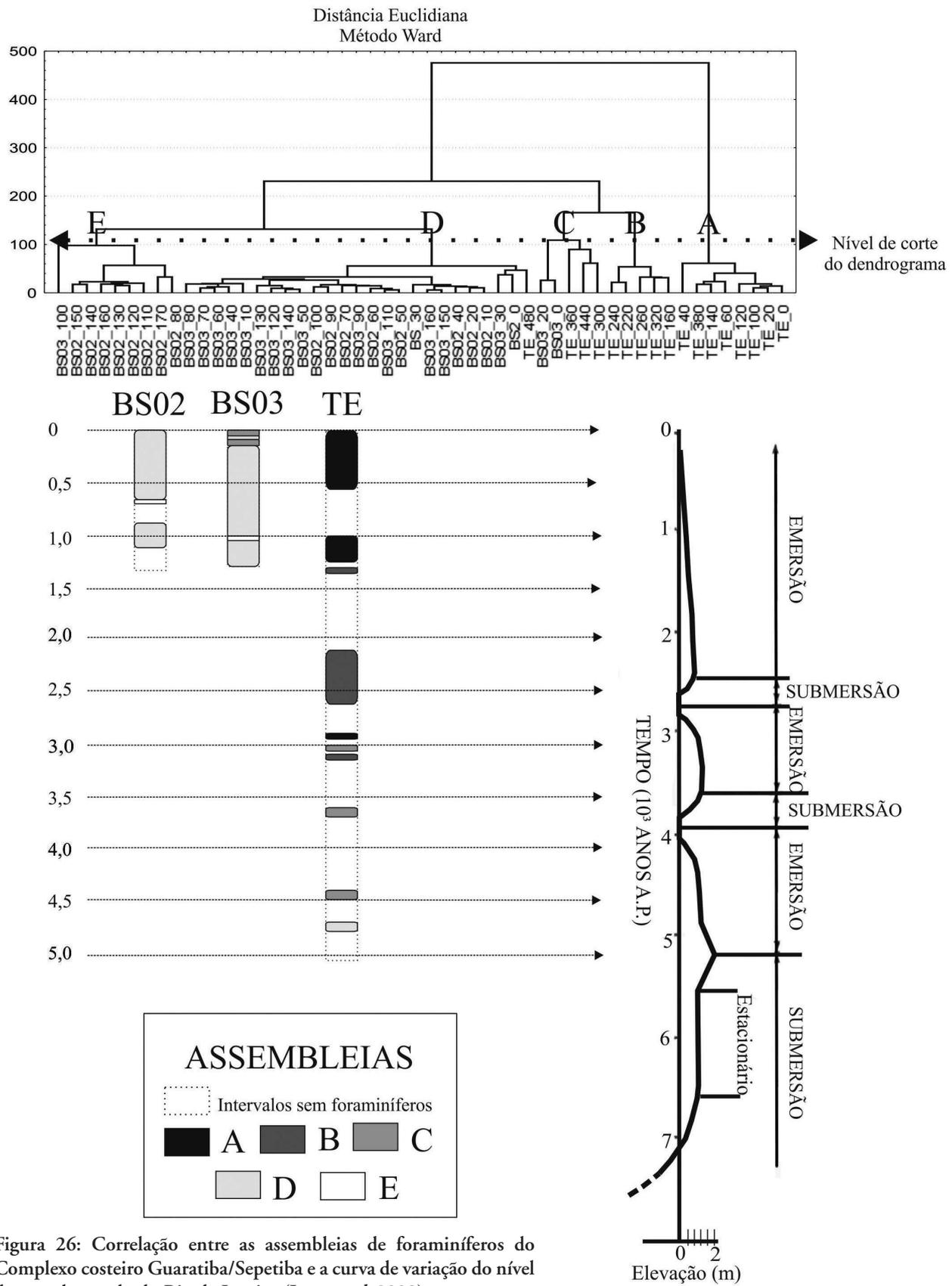


Figura 26: Correlação entre as assembleias de foraminíferos do Complexo costeiro Guaratiba/Sepetiba e a curva de variação do nível do mar do estado do Rio de Janeiro (Laut *et al.* 2009).

estudos realizados nas últimas cinco décadas, sobre a fauna de foraminíferos do Complexo Costeiro Sepetiba/Guaratiba foi possível a descrição de cinco novos gêneros (*Bahianofusus*, *Bahianotubos*, *Asteroparatrochammina*, *Guanduella* e *Todduella*), assim como, uma nova espécie de *Chitinosaccus* (*C. guaratibaensis*).

Na Baía de Sepetiba foram dominantes espécies típicas de ambientes confinados com enriquecimento orgânico tais como *Ammonia tepida* e *Buliminella elegantissima*. A baía apresentou valores de diversidade altos (H' 3,9) que permitiram compartimentá-la em três ambientes ecológicos conduzidos principalmente pela concentração de matéria orgânica e teor de carbonatos.

No manguezal de Guaratiba as assembleias foram compostas de espécies aglutinantes, com ocorrência rara de foraminíferos calcários, onde a dominância foi de *Arenoparrella mexicana* e *Haplophragmoides wilberti*. Os índices ecológicos registrados no manguezal oscilaram entre 1,5-6,5 no índice α e 1,8-0,6 no índice H' indicando maior influência marinha ao longo dos canais do Bacalhau e Pau Torto e ambiente mais confinado no rio Portinho. Dentre os parâmetros físico-químicos analisados a salinidade mostrou maior influência na distribuição das assembleias.

Oscilações do nível relativo do mar ao longo do Quaternário puderam ser reconhecidas nos testemunhos coletados na baía de Sepetiba e no manguezal de Guaratiba. Um processo regressivo iniciado a partir de ± 5 100 anos antes do presente com dois períodos de estabilização e/ou de pequenas transgressões.

Os estudos sobre a fauna de foraminíferos do complexo costeiro Sepetiba/Guaratiba mostrou-se importante do ponto de vista taxonômico, ecológico e como ferramentas para estudos evolutivos do Quaternário. Contudo, divergências taxonômicas e o pouco uso de tratamentos estatísticos de dados limitaram o aprofundamento, a aplicabilidade e a contextualização regional e global da ecologia e paleoecologia dos foraminíferos. Muitos destes estudos basearam-se apenas nas amostras coletadas entre a década de 60 e 70. Sendo assim, acreditamos que novas investigações devem ser conduzidas tendo em vista as modificações que estes ambientes sofreram nos últimos 30 anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVE, E. 1991. Benthic foraminifera reflecting heavy pollution in Sørkjord, Western Norway. *Journal of Foraminiferal Research* 21: 1-19.
- BEURLIN, G. & HILTERMANN, H. 1983. As Biocenoses de Foraminíferos do Mangue de Guaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Boletim Técnico da Petrobras, Rio de Janeiro* 26(4): 259-267.
- BISWAS, B. 1976. Bathymetry of Holocene foraminifera and Quaternary sea-level changes on the Sunda Shelf. *Journal of Foraminiferal Research* 6(2): 107-133.
- BOLTOVSKOY, E.; SCOTT, D.B. & Medioli, F.S. 1991. Morphological variations in foraminiferal tests in response to changes in ecological parameters: a review. *Journal of Paleontology* 65: 175-185.
- BOLTOVSKOY, E. 1965. *Los Foraminíferos Recientes: Biología, Métodos de Estudio y Aplicación Oceanográfica*. Editora Universitaria de Buenos Aires, 509 p.
- BRÖNNIMANN, P. 1979. Recent Benthonic Foraminifera from Brazil. Morphology and Ecology. Part IV: Trochamminids from Campos Shelf with Description of *Paratrochammina*. *Paläontologische Zeitschrift* 53: 5-25.
- BRÖNNIMANN, P. & ZANINETTE, L. 1984. Agglutinated Foraminifera Mainly Trochamminacea from the Baía de Sepetiba, Near Rio de Janeiro, Brazil. *Revue de Paléobiologie* 3(1): 63-115.
- BRÖNNIMANN, P. 1984. Agglutinated foraminifera mainly trochamminacea from Baía de Sepetiba, near rio de Janeiro, Brazil. *Revue de Micropaléontologie* 3(1): 63-115.
- BRÖNNIMANN, P.; MOURA, J.A. & DIAS-BRITO, D. 1981a. Estudos Ecológicos na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil: Foraminíferos, p.75-861. *In*: Congresso Latino-Americano de Paleontologia, Porto Alegre, RS, XXXp.
- BRÖNNIMANN, P.; MOURA, J.A. & DIAS-BRITO, D. 1981b. Foraminíferos da Fácies Mangue da Planície de Maré de Guaratiba, Rio de Janeiro, Brasil, p.91-861. *In*: Congresso Latino-Americano de Paleontologia, Porto Alegre, RS, XXXp.
- CARVALHO, M.G.P. 1980. Análise de Foraminíferos

- dos Testemunhos da Plataforma Continental Sul do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências** 52(2): 379-402.
- CLEMENTE, I.M.M.M; LAUT L.L.M; MENTZINGEN, L.G; SILVA, F.S. & RODRIGUES, M.A. C. 2010. Aplicação do índice de confinamento com base na assembleia de foraminíferos na baía de Sepetiba, RJ. *In*: I Simpósio da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, CD-Rom, 1 p.
- CLOSS, D. & MADEIRA, M.L. 1968. Seasonal Variations of Brackish Foraminifera in the Patos Lagoon, Southern Brazil. **Escola de Geologia de Porto Alegre, Publicação Especial** 15: 1-51.
- CLOSS, D. & MADEIRA, M.L. 1962. Tecamebas e Foraminíferos do Arroio Chuí (Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul, Brasil). **Iheringia (Zoologia)** 19: 1-44.
- CLOSS, D. & MADEIRA, M.L. 1967. Foraminíferos e Tecamebas Aglutinantes da Lagoa de Tramandaí, no Rio Grande do Sul. **Iheringia** 35: 7-31.
- COCCIONI, R. & MARSILI, A. 2005. Monitoring in polluted transitional marine environments using foraminifera as bioindicators: a case study from the Venice Lagoon (Italy), p. 250–256 *In*: Lasserre, P.; Viaroli, P.; Campostrini, P. (Eds.), Lagoons and Coastal Wetlands in the Global Change Context: Impacts and Management Issues. Proceedings of the International Conference Venice, 26–28 April 2004, IOC Integrated Coastal Area Management (ICAM), UNESCO, Dossier No. 3. 176 p.
- CUSHMAN, J.A. & BRÖNNIMANN, P. 1948a. Additional New Species of Arenaceous Foraminifera from the Shallow Waters of Trinidad: **Cushman Laboratory Foraminiferal Research, Contribution** 24: 37-42.
- CUSHMAN, J.A. & BRÖNNIMANN, P. 1948b. Some New Genera and Species of Foraminifera from Brackish Water of Trinidad. **Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, Contribution** 24: 15-22.
- DEBENAY, J.P. 1991. Benthic foraminifera used as indicators of a gradient of marine influence in paralic environments of Western Africa. **Journal of Africa Earth Science** 12 (1-2): 335-340.
- DIAS-BRITO, D.; MOURA, J.A. & WÜRDIG, N. 1988. Relationships between ecological models based on Ostracodes and Foraminifers from Sepetiba Bay (Rio de Janeiro, Brazil), p. 467-484. *In*: T. Hanay; N. Ikeya & K. Ishizaki (Eds.) **Evolutionary Biology of Ostracoda**, Elsevier. 1356p.
- DIAS-BRITO, D. & ZANINETTI, L. 1979. Etude Géobotanique Comparative de Trois Mangroves du Litoral Brésilien: Aacupe (Bahia), Guaratiba (Rio de Janeiro et Iguape (São Paulo). **Notes du Laboratoire de Paelontologie de L'Université de Genève** 4(6): 57-65.
- EICHLER, P.P.B.; CASTELÃO, G.P.; PIMENTA, F.M. & EICHLER, B.B. 2006. Avaliação da Saúde Ecológica do Sistema Estuarino de Laguna (SC) Baseado nas Espécies de Foraminíferos e Tecamebas. **Pesquisas em Geociências** 30(1): 101-110.
- FERRARO, L.; SPROVIERI, M.; ALBERICO, I.; LIRER, F.; PREVEDELLO, L. & MARSELLA, E. 2006. Benthic foraminifera and heavy metal distribution: a case study from the Naples Harbour (Tyrrhenian Sea, Southern Italy). **Environmental Pollution** 142(2): 274-287.
- FISHER, R.A; CORBET A.S.; WILLIAMS C.B. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. **Journal of Animal Ecology** 12: 42–58.
- FRONTALINI, F.; COCCIONI R. 2008. Benthic foraminifera for heavy metal pollution monitoring: a case study from the central Adriatic Sea coast of Italy. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 76: 404–417.
- HANNAH, F. & ROGERSON, A. 1997 – The Temporal and Spatial Distribution of Foraminiferans in Marine Benthic Sediments of the Clyde Sea Area, Scotland. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 44: 377-393.
- HASLETT, S.K. 2002. **Quaternary Environmental Micropalaeontology**. Oxford University Press, Haynes, 340p.
- KORNFELD, M.M. 1931. Recent littoral foraminifera from Texas and Louisiana. **Stanford University Department of Geology Contributions** 1(3): 77–101.
- LAUT, L.L.M. & RODRIGUES, M.A.C. 2011.

- Foraminíferos do manguezal de Guaratiba, Rio de Janeiro: Revisão taxonômica e aplicação de análises multivariadas, p. 231-240, *In*: I. Cravalho, et al. (Eds.), *Paleontologia: Cenários da Vida*. Editora Interciências, v. 3, XXXp.
- LAUT, L.L.M.; SILVA, F.S.; BONETTI, C.; FIGUEIREDO Jr, A.G. & CRAPEZ, M.A.C. 2007. Foraminíferos e atividade bacteriana aplicados no diagnóstico ambiental do estuário do rio Itacorubí, Florianópolis, SC. *Revista Brasileira de Geociências* 37(3): 565-578.
- LAUT, L.L.M.; FERREIRA, D.E.S.; SANTOS, V.F.; FIGUEIREDO Jr., A.G., CARVALHO, M.A. & MACHADO O.F., 2010. Foraminifera, Thecamoebians and Palynomorphs as Hydrodynamic Indicators in Araguari Estuary, Amazonian Coast, Amapá State – Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências UFRJ* 33(2): 52-65.
- LAUT, L.L.M. 2003. Biofaciologia, relações ecológicas e paleoecológicas de foraminíferos bentônicos da planície de maré de Guaratiba, Rio de Janeiro. **Dissertação de Mestrado**, Faculdade de Geologia, Universidade do Estado Rio de Janeiro, 140p.
- LAUT, L.L.M.; KOUTSOUKOS, E.A.M. & RODRIGUES, M.A.C. 2006. A review of mangrove foraminifera from Guaratiba tidal plain, Rio de Janeiro, SE Brazil, collected in the early 70's. *Anuário do Instituto de Geociências UFRJ* 29(1): 427-428.
- LAUT, L.L.M.; RODRIGUES, M.A.C.; CLEMENTE, I.M.M.M.; MENTZINGEN, L.G.; PINHEIRO, M.P. 2009. Paleocologia de foraminíferos bentônicos do Quaternário da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro – Brasil, p 101-105. *In*: T. BOSKI; D. MOURA; A. GOMES. (Org.). VII Reunião do Quaternário Ibérico - O futuro do ambiente da Península Ibérica: as lições do passado geológico recente. Faro: Universidade do Algarve, XXXp.
- LEE, J.J. & ANDERSON, O.R. 1991. **Biology of foraminifera**. Ed. London, Academic Press, 368p.
- LOEBLICH, A.R. Jr & TAPPAN, H. 1988. **Foraminiferal genera and their classification**. New York, Von Nostrand Reinhold Company, v. 1, 970 p.
- LEE, J.J & LEE, R.E. 1990. Chloroplast retent ion in elphidids (Foraminifera), p. 215-220. *In*: P. Nardon; V. Ganinazzi-Pearson; A.M.Greiner; L.Margulis; D.C. Smith (Eds.). Fourth International Colloquium on Endocytobiology and Sym-biosis. Institut National de la Recherche Agronomique. Pans, 620 p.
- LOEBLICH, A. & TAPPAN, H. 1992. Present status of foraminiferal classification, in *Studies in Benthic Foraminifera*, p. 93–102. *In*: Y. Takayanagi & T. Saito (eds), *Proceedings of the Fourth International Symposium on Benthic Foraminifera, Sendai, 1990 (Benthos '90)*. Tokai University Press, Tokyo, 440 p.
- LOEBLICH, A.R. Jr. & TAPPAN, H. 1988. **Foraminiferal Genera and Their Classification**. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1694p.
- MARGULIS, L. 1990. Introduction, pp. xi–xxiii. *In*: L. Margulis, J.O. Corliss, M. Melkonian and D.J. Chapman (Eds.). *Handbook of Protoctista*. Jones and Bartlett, Boston, 914p.
- MURRAY, J.W. 1971. Living Foraminiferous of Tidal Marshes: A Review. *Journal of Foraminiferal Research* 1(4): 153-161.
- NITTROEUR, C.A.; BRUSNSKILL, G.J. & FIGUEIREDO JR. A.G. 1995. Importance of tropical coastal environments. *Geo-Marine letters* 15: 121-126.
- OLIVEIRA, D. 1999. Análise Ambiental dos Canais da Baía Hidrográfica do Rio Itanhaém – SP, Brasil com Base em Tecamebas e Foraminíferos. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, São Paulo, 251p.
- OLIVEIRA-SILVA, P. 2003. Biofaciologia, relações ecológicas e paleoecológicas na baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, com base na associação de foraminíferos bentônicos recentes. **Dissertação de Mestrado**, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 136p.
- PEREIRA, S.D. 1998. Influencia da variação relativa do nível do mar no manguezal de Guaratiba – Baía de Sepetiba – RJ. **Tese de Doutorado**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 123p.
- POLOVODOVA, I. & SCHÖNFELD, J. 2008. Foraminiferal test abnormalities as proxies of environmental change. *Journal of Foraminiferal*

- Research** 38(4), 318-336.
- ROMANO E.; BERGAMIN L.; FINOIA M.G.; CARBONI M.G.; AUSILI A.; GABELLINI M. 2008. Industrial pollution at Bagnoli (Naples, Italy): Benthic foraminifera as a tool in integrated programs of environmental characterization. **Marine Pollution Bulletin** 56: 439-457.
- SEN GUPTA, B.K. 1999. Systematics of modern foraminifera, p. 7- 37. *In*: B.K. Sen Gupta (Ed.). *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 384 p.
- SILVA, K.J. 2006. Peleocologia de foraminíferos bentônicos do Holoceno Superior da Baía de Sepetiba. **Dissertação de Mestrado**, Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 167p.
- STOUFF, V.; GESLIN, E.; DEBENAY, J.-P. & LESOURD, M. 1999. Origin of morphological abnormalities in *Ammonia* (Foraminifera): studies in laboratory and natural environments. **Journal Foraminiferal Research** 29(2):152-170.
- SUGUIO, K.; VIEIRA, E.M.; BARCELOS, J.H & SILVA, M.S. 1979. Interpretação Ecológica dos Foraminíferos de Sedimentos Modernos da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. **Revistas Brasileiras de Geociências** 9(4): 233-239.
- TINOCO, I.M. 1965. Contribuição à Sedimentologia e Microfauna da Baía de Sepetiba (Estado do Rio de Janeiro). **Instituto Oceanográfico, Universidade Federal de Pernambuco** 7/8: 123-135.
- YANKO V.; ARNOLD A.J.; PARKER W.C. 1999. Effects of marine pollution on benthic foraminifera, p. 217-235. *In*: B.K. Sen Gupta (Ed.). *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht 384 p.
- YANKO, V.; FLEXER, A.; KRESS, N.; HORNUG, H.; KRONFELD, J. 1992. Benthic foraminifera as indicators of heavy metal pollution along Israel's eastern Mediterranean margin, p. 73-79. *In*: Institute of Oceanography and Limnology, French-Israeli Symposium on the Continental Margin of the Mediterranean Sea, 82 p.
- YANKO, V.; KRONFELD, J. & FLEXER, A. 1994. Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for monitoring. **Journal of Foraminiferal Research** 24(1): 1-17.
- ZANINETTI, L.; BRONNIMANN, P.; BEURLIN, G. & MOURA, J. A. 1977. La Mangrove de Guaratiba et la Baie de Sepetiba, État de Rio de Janeiro, Brésil. **Foraminifères et écologie: Archives des Science** 30: 161-178.
- ZANINETTI, L.; BRÖNNIMANN, P.; DIASBRITO, D.; ARAI, M.; CASALETTO, P.; KOUTSOUKOS, E. & SILVEIRA, S. 1979. Distribution écologique des foraminifères dans la Mangrove d' Acupe, Etat de Bahia, Brésil. **Notes du Laboratoire de Paleontologie de l'Unirsite de Geneve** 4(1): 1-17.
- ZANINETTI, L.; BRONNIMANN, P.; BEURLIN, G. & MOURA, J. A. 1976. La Mangrove de Guaratiba et la Baie de Sepetiba, État de Rio de Janeiro, Brésil: Foraminifères et écologie. **Note préliminaire. Archives des Science** 11: 39-44.
- ZANINETTI, L.; BRONNIMANN, P.; BEURLIN, G. & MOURA, J. A. 1977. La Mangrove de Guaratiba et la Baie de Sepetiba, État de Rio de Janeiro, Brésil: Foraminifères et écologie. **Archives des Science** 30: 161-178.
- ZANINETTI, L.; BRÖNNIMANN, P.; DIASBRITO, D.; ARAI, M.; CASALETTO, P.; KOUTSOUKOS, E. & SILVEIRA, S. 1979. Distribution écologique des foraminifères dans la Mangrove d' Acupe, Etat de Bahia, Brésil. **Notes du Laboratoire de Paleontologie de l'Unirsite de Geneve** 4(1): 1-17.



CAPÍTULO VII

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS DA BAÍA DE SEPETIBA, RJ





DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS DA BAÍA DE SEPETIBA, RJ

Friedrich Herms¹ & Marcio Gurgel²

RESUMO

Os resultados apresentados fazem parte de uma série de estudos desenvolvidos pelo Departamento de Oceanografia Química da Faculdade de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, na região da Baía de Sepetiba.

Um crescente polo industrial e portuário do Estado do Rio de Janeiro situa-se nesta área, onde encontram-se, também, várias indústrias, dentre as quais pode-se destacar as de siderurgia e metalurgia, abrangendo empresas de grande porte, além de possuir uma população de mais de um milhão de habitantes.

Além do objetivo de avaliar a situação ambiental da região referente aos metais pesados, este trabalho pretende completar algumas lacunas do conhecimento científico na avaliação da contaminação por metais pesados introduzidos neste sistema costeiro.

Assim são apresentados resultados da análise de 9 metais: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn em sedimentos superficiais e na coluna sedimentar, coletados com busca-fundo tipo Van Veen e testemunhador de profundidade. Alguns deles têm papel reconhecidamente importante na poluição da região, como é o caso do Zn e do Cd, embora Pb, Cr e Ni também apresentem cargas significativas através dos tempos.

Palavras-chave: metais pesados; Baía de Sepetiba; sedimento superficial; coluna sedimentar; aporte continental.

ABSTRACT

The results presented here are part of a series of investigations that comes being developed by the Chemical Oceanography Department, School of Oceanography of the State University of Rio de Janeiro - UERJ in the area of the Sepetiba Bay.

A growing industrial center and a port complex of the State of Rio de Janeiro is located in this area, where there are several industries, among which one can be highlighted is the siderurgy and metallurgy plants, including large companies, as well as having a population of more than a million inhabitants.

Besides the objective to assess the environmental situation in the region concerning the heavy metals, this study aims to fill some gaps in scientific knowledge in the assessment of heavy metal contamination introduced in this coastal system.

Thus results are presented from the analysis of eight metals: Al, Cd, Cr, As, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn in surface sediments and sedimentary column, collected with Van Veen sediment sampler and a core sampler. Some of them are admittedly important role in the pollution of the region, as it is the case of Zn and of the Cd, while Pb, Cr and Ni also have substantial loads over time.

Keywords: Heavy metals; Sepetiba Bay; surface sediments; sedimentary column; continental runoff.

1.Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Faculdade de Oceanografia – Departamento de Oceanografia Química – Rua São Francisco Xavier, 524 – sala 4018 – bloco E – 4º andar – Maracanã – Rio de Janeiro – RJ – CEP:20.550-013 – fredwh@uerj.br

2.Universidade de São Paulo – Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) – Rua Arlindo Bettio, 1000 – São Paulo – SP – CEP:03.828-000 – gurgel.marcios@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os metais são elementos amplamente distribuídos pela crosta terrestre, fazendo parte da estrutura cristalina das rochas. Apresentam formas minerais que podem constituir veios ou jazidas, na superfície ou bem próximo a esta, segundo Thompson & Turk (1991), tornando sua disponibilidade para o homem bastante elevada. Talvez tenham sido o cobre e ouro os primeiros metais a serem utilizados, provavelmente pelas suas atrativas formas brutas e pela ductilidade que apresentam, podendo ser modelados ou cortados até mesmo com martelos de pedra, levando o homem a utilizá-los desde os mais antigos tempos.

Para o Homem foi um grande avanço descobrir que os metais poderiam ser isolados de determinadas rochas e que, associado ao emprego do martelo, a utilização do calor facilitariam o trabalho de modelagem destes materiais. Realmente alguns são extremamente dúcteis e possuem baixo ponto de fusão como por exemplo: ouro, cobre, estanho, chumbo, prata.

Têm-se vestígios que o cobre já era utilizado para fabricar armas e utensílios há pelo menos 9.000 anos, porém sua utilização principal era para a confecção de peças de ornato ou ostentação, já que armas e ferramentas tinham uso limitado devido a sua extrema flexibilidade. O aprimoramento dos conhecimentos metalúrgicos levou a descoberta do bronze, uma liga de cobre e estanho, material bem mais resistente que o cobre puro, que torna o uso de instrumentos metálicos bastante difundido pelo mundo, culminando na Idade do Bronze, quem tem lugar entre 4.000 e 2.000 A.C..

O avanço da metalurgia, mais especificamente a evolução da forja do ferro, levou a descoberta do aço (The Times 1995). Por ser um dos materiais metálicos mais resistentes e, além do mais, ser derivado de um dos elementos mais abundantes do planeta Terra, o aço se tornou uma das bases da evolução da sociedade moderna, quer seja seu uso na construção civil ou na indústria.

Estas atividades antropogênicas poderiam ser consideradas responsáveis pelo início do que pode se chamar de contaminação ambiental pelos metais. No qual o termo contaminação aqui utilizado é descrito como sendo a introdução de substâncias, elementos, energias ou organismos no meio ambiente que não sejam por vias naturais, causando alterações na sua distribuição natural. Esta contaminação se reflete no aumento das

concentrações de metais no ambiente como um todo ou de modo diferenciado em seus vários compartimentos, superando os níveis naturais de cada local.

Até a época da revolução industrial acredita-se que os níveis de contaminação ambiental tenham se mantido estáveis e fossem pontuais. A partir de tal evento, com o surgimento da sociedade de consumo e da industrialização, houve o aumento quali-quantitativo do número de atividades poluidoras. Quando se fala em poluição é o mesmo que dizer que o nível de contaminação atingiu valores tão altos que se fazem sentir efeitos deletérios aos organismos e ao meio ambiente.

Atividades humanas tem causado um drástico aumento no fluxo de metais na biosfera pelos efluentes oriundos de diferentes tipos de atividades, por exemplo, minerações, fundições e uso de pigmentos (Stumm & Morgan 1981; Lacerda 1983). Emissões de compostos acidificantes e metais no ar, água e solos também tiveram um aumento significativo durante as últimas décadas pela queima de combustíveis fósseis. Isto tem um papel bastante importante na distribuição e no destino dos metais, e também pode causar a mobilização de metais nos solos, segundo Grahn & Håkanson (1986).

Sob o ponto de vista químico, o interesse do estudo dos metais vai depender, em primeiro lugar, da sua origem. Como por exemplo: do intemperismo natural, de processos industriais, do uso de componentes metálicos, da lixiviação de lixo e de depósitos de resíduos sólidos, etc. Em segundo lugar, do seu percurso, tanto em ambientes terrestres quanto aquáticos, pois variações de condições físico-químicas dos meios podem alterar significativamente a distribuição de suas espécies químicas e o seu comportamento em processos biogeoquímicos. O estudo da conjugação destes dois fatores somados a susceptibilidade dos organismos quando expostos às diversas espécies químicas dos metais resultam nos chamados estudos toxicológicos. São estes estudos que demonstram o quão tóxicos são ou podem ser os metais.

De acordo com Förstner (1986) a liberação de elementos potencialmente tóxicos no ambiente influencia os ecossistemas em escalas locais, regionais ou globais. Estes impactos podem ser estudados a partir de diferentes meios, como solo, água e biota. Para avaliar as taxas de entrada e a evolução histórica de certos poluentes numa escala global ou regional, a análise de testemunhos de gelo e sedimentos é particularmente útil.

Ainda segundo Förstner (op. cit.), dos elementos que geram perturbações globais, o chumbo é o mais drástico. Alterações regionais são tipicamente encontradas para alumínio, que pode ser mobilizado dos solos por precipitação ácida, estas alterações quando relacionadas ao aumento a solubilidade do alumínio podem induzir efeitos tóxicos tanto na biota terrestre quanto aquática. O cromo geralmente é um exemplo de significância local, onde suas espécies elementares exibem características diferentes. Outros metais podem ser mobilizados pela formação de compostos organometálicos, mediados biologicamente ou não.

Por fatores históricos e estratégicos a maior parte da população do mundo vive ou está intimamente associada ao ambiente costeiro. Por isto a maior parte das grandes cidades, num contexto mundial, encontram-se localizadas nas imediações de baías ou regiões estuarinas, devido principalmente aos seguintes fatos: possuir fácil acesso ao interior do continente (via fluvial); possuir saída livre para mar, importante sob o ponto de vista comercial; possuir farta disponibilidade de água para as mais variadas atividades. Outro fato que age como atrativo humano à estas regiões é a grande quantidade de peixes e outros organismos aquáticos que passam a fazer parte da sua dieta alimentar.

Sob o ponto de vista químico e físico-químico, tem lugar nos estuários, processos como adsorção (sorção física), troca catiônica (sorção química), precipitação, co-precipitação, complexação, floculação, que retêm no sedimento, segundo Förstner & Patchneelam (1980, *apud* Pestana, 1989), tanto os metais trocáveis quanto os associados a diversos substratos como os óxidos e hidróxidos de ferro e manganês, carbonatos, sulfetos e matéria orgânica.

O estuário é um ambiente naturalmente concentrador de sedimentos, seja pela forte barreira de densidade originada pelo gradiente de salinidade, pela presença de grande quantidade de íons da água do mar atuando como floculante de argilas e outras substâncias existentes nas descargas fluviais, ou mesmo apenas pela simples diminuição da velocidade de fluxo do rio, reduzindo assim a sua competência de transporte, de acordo com Morris (1985).

Segundo Badri & Aston (1983, *apud* Pestana & Lacerda, 1989), um dos melhores meios concentradores de metais no ambiente aquático é o sedimento. Podendo

este funcionar como reservatório ou fonte, de metais pesados, dependendo dos agentes físicos, químicos e biológicos do meio circundante. Esta capacidade aliada ao fato que os metais traço, resultantes do intemperismo das rochas e solos e de fontes antropogênicas, alcançam as áreas costeiras, principalmente através dos rios, adsorvidos a fase sólida, segundo Lacerda *et al.* (1989), torna a determinação de metais pesados em sedimentos marinhos um dado importante para o estabelecimento de critérios de qualidade e controle da poluição, conforme encontrado em Lacerda *et al.* (1982), Aston (1985) e Souza (1986).

A bacia de drenagem da Baía de Sepetiba é formada por rios que nascem na Serra do Mar e deságuam na referida baía. Segundo o Programa de Zoneamento Econômico - Ecológico do Estado do Rio de Janeiro de 1996, estes rios são responsáveis pela formação de uma extensa planície quaternária entremeada por brejos, o que exigiu obras de retificação de muitos deles e a construção de canais de drenagem.

Segundo o Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba, editado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Rio de Janeiro, SEMA (1998), a bacia de drenagem da Baía de Sepetiba (Figura 1) ocupa uma área de cerca de 2700 km², compreendendo, parcial ou totalmente, os territórios de 14 municípios, correspondendo a cerca de 6 % da área do Estado do Rio de Janeiro.

Com uma área total de aproximadamente 447 Km², a Baía de Sepetiba localiza-se na porção sul do litoral fluminense, 60 Km à oeste da cidade do Rio de Janeiro. Apresenta-se limitada ao sul pela Restinga da Marambaia e a Ilha de mesmo nome, a nordeste pela Baixada de Sepetiba e a noroeste pelas Ilhas da Madeira, de Itacuruçá, de Jaguanum e diversas outras ilhas, possuindo um formato elipsoidal com 40 Km de comprimento e 16 Km de largura conforme descrição dada por Borges (1990).

Uma vez que as condições dominantes das águas da Baía são de grande oxigenação, devido ao tempo relativamente curto de residência de suas águas, aproximadamente 100 horas, segundo Lacerda *et al.* (1994), e cargas ainda pequenas de esgotos orgânicos e óleos. Os metais pesados, associam-se ao material particulado em suspensão adsorvidos às cargas de superfície ou co-precipitam com oxi/hidróxidos de ferro e manganês.

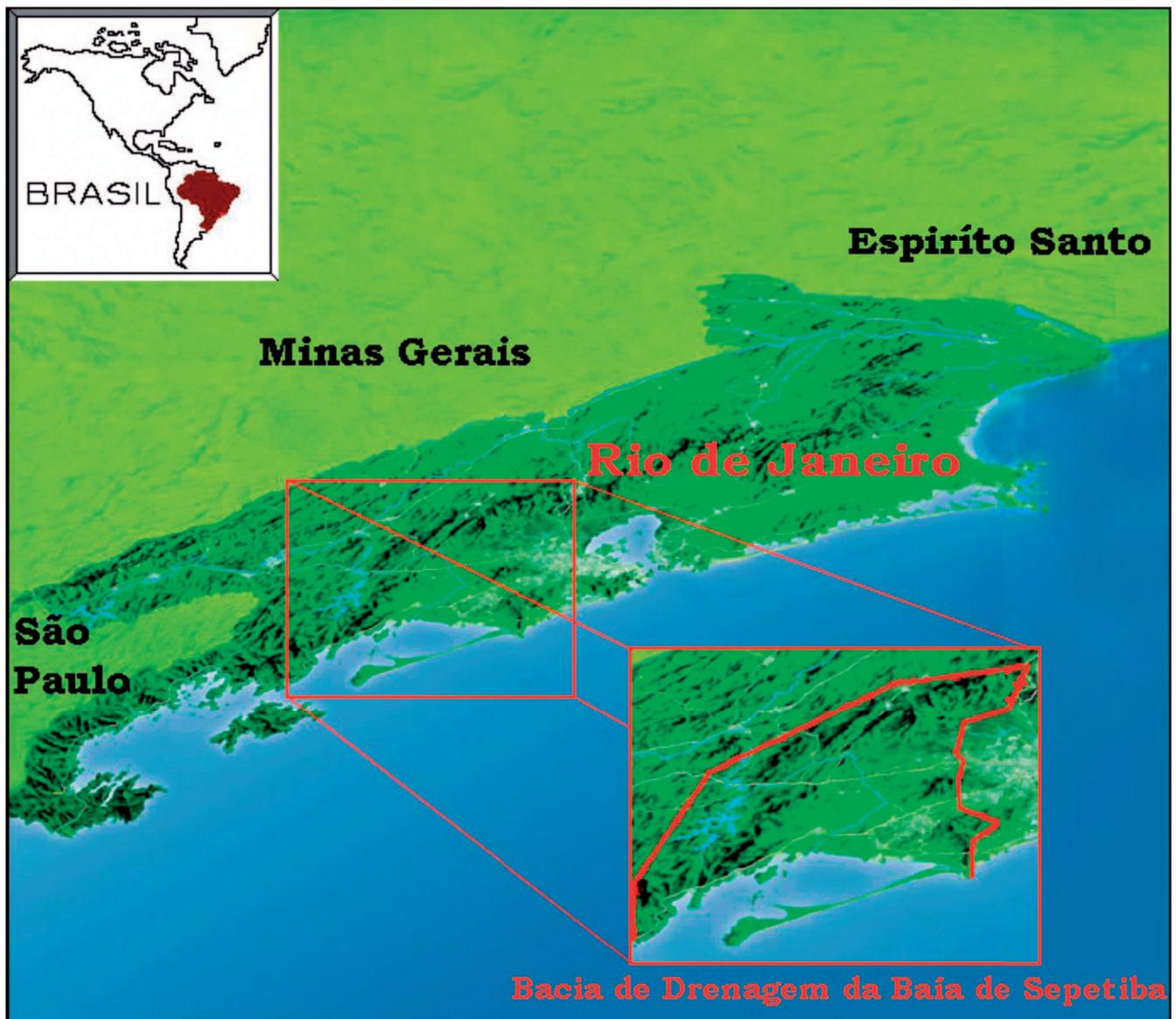


Figura 1 – Bacia de Drenagem da Baía de Sepetiba

Dentre o principal grupo de contaminantes originados no parque industrial da Baía de Sepetiba os metais pesados possuem destaque, sendo gerados principalmente pela indústria minero-metalúrgica. As vias de entrada destes metais para a Baía (tabelas I e II) são a fluvial, particularmente pelos rios Guandu, da Guarda e Canal de São Francisco, e a atmosférica, uma vez que em áreas costeiras industrializadas as concentrações de metais na precipitação atmosférica são muito elevadas, segundo Lacerda (1983) e Lacerda *et al.* (1994), e bastante variáveis como pode se notar a partir das tabelas I e II:

O desenvolvimento da região da Baía de Sepetiba se caracteriza como uma superposição de planos, programas e ações que, em diversos momentos, tem apontado diretrizes e recomendações de ação para a região. Esses planos, programas e estudos foram elaborados por diferentes instituições, todos com objetivos setoriais específicos, muito embora tenham sido desenvolvidos com abordagens multidisciplinares (Cobrape 2011). Apesar de todo o planejamento realizado a Baía de Sepetiba vive conflitos intensos entre a ocupação antrópica e as condicionantes ambientais da região.

Tabela I – Fluxo Atmosférico, Fluvial e Total de Metais Pesados para a Baía de Sepetiba (t.ano⁻¹).

Vias \ Metais	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Cr
Atmosférica	34	8	56	0,7	2,48	0,2	1,15	0,1
Fluvial	24.000	760	330	54	4,15	1,1	-	32
Total	24.034	768	386	54,7	6,63	1,3	-	32,1

Fonte: Pedlowski et al. (1991, apud SEMA, 1998)

Tabela II – Comparação entre os Aportes Atmosféricos e Fluviais Anuais de Zn, Mn e Fe à Baía de Sepetiba (t.ano⁻¹).

Via \ Metal	Fe	Mn	Zn
Atmosférica	97,6	9,6	140
Fluvial	32.955	928	362

Fonte: Pedlowski et al. (1991)

Ao longo das últimas décadas, têm se verificado o declínio da qualidade de diversos fatores ambientais. As atividades agrícolas e mineradoras, os centros urbanos e os parques industriais e portuários existentes na região interferem, em ritmo crescente, na preservação de ambientes que originalmente guardavam imensa biodiversidade. A intensificação da ocupação urbana, desacompanhada de infra-estrutura adequada e feita de forma desordenada, e o crescimento da atividade industrial, com baixo índice de desempenho ambiental, têm se constituído nas principais formas de pressão sobre o meio ambiente, conforme avaliação do Banco Mundial (World Bank 1996)

O conceito de desempenho ambiental está calcado na relação: transformação de matéria prima vs. produção de rejeitos danosos ao ambiente. Este índice está diretamente ligado aos sistemas/processos de produção, na qual sua eficiência de aproveitamento da matéria prima é fator fundamental. Processos de baixa eficiência tem grande potencial de geração de resíduos, portanto, baixo índice de desempenho ambiental.

Para os efluentes líquidos das 100 empresas analisadas pela SEMA(1998), o potencial de lançamento é da ordem 153.835 m³.dia⁻¹, que representa uma DBO⁵ de aproximadamente 3.332 kg.dia⁻¹ e uma quantidade de material em suspensão em torno de 48.694 kg.dia⁻¹. A descarga de óleos e graxas potencialmente produzida atinge a casa dos 341 kg.dia⁻¹.

O lançamento destes efluentes, em geral, ocorre no

baixo curso dos rios principais das sub-bacias da área de estudo, como é caso do Rio da Guarda que recebe 78% do total de efluentes líquidos industriais produzidos na bacia. Tal fato é explicado em parte, pela presença do Distrito Industrial de Santa Cruz.

Quanto aos resíduos sólidos têm-se um potencial estimado, também pela SEMA (1998), de geração total de 372.568 TM.ano⁻¹ (tonelada métrica por ano). Deste volume aproximadamente 45.482 TM.ano⁻¹, ou 12% do volume total, estariam enquadrados como perigosos. Da carga total de resíduos perigosos 16,5% seriam orgânicos e 85,5% inorgânicos.

É indispensável, quando se estuda a situação da região, termos uma visão global da baía relacionada com o restante do país. Neste contexto a região está sobre forte influencia do desenvolvimento econômico, turístico e ambiental.

A Baía de Sepetiba se configura como um dos principais polos industriais do Rio de Janeiro e, em um raio de 500 km, concentram-se importantes atividades sócio econômicas, sendo o Porto de Itaguaí o segundo em volume de exportação, tendo como área de influência direta os Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e até mesmo o sudoeste de Goiás, que escoam praticamente toda a sua produção por ali (Cobrape 2011).

Nos aspectos turísticos a região da Baía de Sepetiba localiza-se a meio caminho entre a região de Angra dos Reis e o município do Rio de Janeiro, dois dos principais destinos indutores de desenvolvimento do turismo

regional, entre os 65 identificados pelo Ministério do Turismo em 2009.

A Baía é uma área de sobreposição de espécies de interesse à conservação e à preservação, sendo classificada pelo Ministério do Meio Ambiente como área de prioridade extremamente alta para conservação da biodiversidade, mas apresenta significativas consequências ambientais dos processos de ocupação e desenvolvimento local.

Além das atividades industriais e turísticas, ressaltam-se em boa parte da área da Baía as atividades produtivas locais, em especial a agropecuária e a pesca.

Considerando a existência e a continuidade desta dinâmica social e econômica intensa, o futuro da região deverá ainda considerar os rebatimentos ambientais de

novas perspectivas, com destaque para a construção do Arco Rodoviário Metropolitano, e a consolidação do Polo Siderúrgico e do Complexo Portuário.

MATERIAL E MÉTODOS

A escolha da região de amostragem dos sedimentos (Figura 2), região estuarina da Baía de Sepetiba compreendida entre a Ilha da Madeira e a localidade de Sepetiba, deve-se ao fato de a descarga de água doce que provem dos rios na região corresponder a 91% do total que atinge a Baía, segundo SEMA (1998). Destacam-se o Canal do São Francisco, responsável pelo despejo de 77% das águas na Baía, seguido pelo Rio da Guarda (8%), Guandu (4%) e Mazomba-Cação (2%).

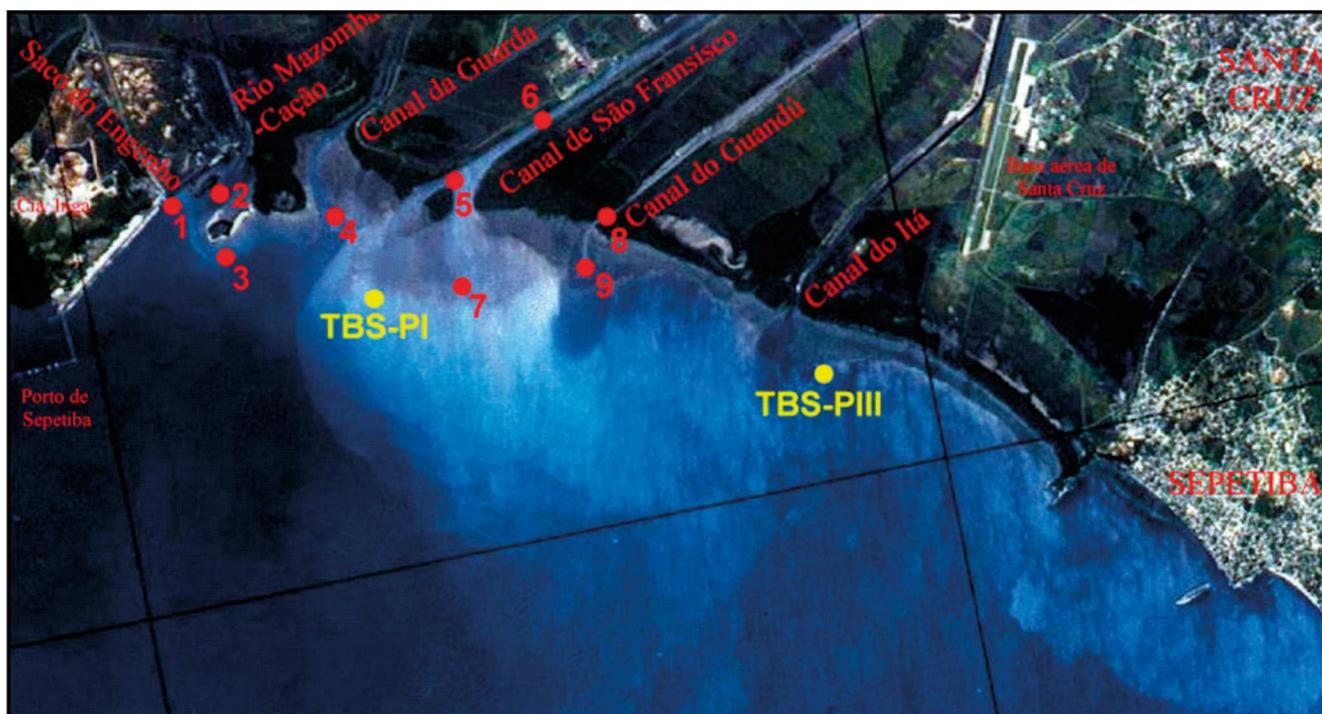


Figura 2 – Área de estudo e pontos de coleta dos sedimentos

Em uma primeira fase dos estudos, foram analisados 9 metais: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn em sedimentos superficiais de nove pontos, coletados com busca-fundo tipo Van Veen. Na segunda fase os mesmos metais foram analisados ao longo de seis testemunhos distribuídos nas desembocaduras dos principais rios da região (Tabela III).

No campo, as amostras de sedimentos superficiais

foram diretamente coletadas com busca-fundo do tipo Van Veen de aço inox, da marca Wildlife Supply Company modelo “ponar â dredge - 9” scopp’s”. O busca-fundo foi lançado uma ou duas vezes, dependendo do volume recuperado. O conteúdo era então posto numa bandeja de plástico previamente descontaminada no laboratório e depois de cada amostragem lavada com água do local e água deionizada. Apenas a parte interna

do bloco recuperado era coletado, desprezando-se as partes que entraram em contato com o amostrador e a água local.

Depois de acondicionadas em sacos plásticos dotados de “zip”, identificadas e colocadas em isopor com gelo, as amostras foram transportadas para o Laboratório de Oceanografia Química da UERJ, onde foram congeladas em freezer imediatamente. Assim permanecendo até o início dos procedimentos de tratamento das amostras.

Em cada ponto de amostragem de sedimento superficial também foi feito um testemunho. Para tal foi utilizado um testemunhador de gravidade marca Wildlife Supply Company, modelo 2404-A14, composto por um tubo de aço inox oco, com aproximadamente 8 cm de diâmetro, no qual se encaixava internamente um tubo de plexiglass com cerca 50 cm de comprimento. Depois de coletados, os testemunhos foram mantido tampados e na posição vertical, e no laboratório foram imediatamente postos em um freezer na posição vertical para o congelamento.

Não foi possível coletar os testemunhos nos pontos 5, 6 e 8 devido a forte correnteza existente no

local e devido aos sedimentos do local serem muito grosseiros, conforme evidenciado pelo material recolhido pelo busca fundo. Tornando impossível a amostragem com o equipamento disponível.

As posições dos pontos de amostragem foram adquiridas através de aparelho portátil do sistema de posicionamento global (GPS), marca Garmin, modelo 45 XL.

Em laboratório para a determinação dos teores dos metais pesados e demais parâmetros necessários adotados neste trabalho, foram seguidos os procedimentos para o tratamento das amostras de sedimento apresentados de forma esquemática na figura 3.

Para a análise dos testemunhos, estes foram retirados do freezer e os tubos ainda tampados postos sob água corrente, de modo que o sedimento “descolasse” da parede do tubo. Com auxílio de um embolo próprio do amostrador, a coluna de sedimentos foi sendo empurrada para fora do tubo e “fatiada” com uma serra de aço inoxidável. A tabela IV mostra como os testemunhos foram seccionados e quais sub-amostras foram utilizadas neste trabalho.

Tabela III – Caracterização dos Pontos de Coleta.

#	Latitude	Longitude	Descrição do Ponto	Sedimento superficial	Testemunho
1	22° 55.226'	043° 49.056'	Saída do Saco do Engenho	sim	sim
2	22° 55.320'	043° 48.763'	Saída do Rio Mazomba-Cação	sim	sim
3	22° 55.797'	043° 48.650'	Próximo ao esporão arenoso formado entre os Rios Mazomba-Cação e da Guarda	sim	sim
4	22° 55.513'	043° 48.001'	Saída do Rio da Guarda	sim	sim
5	22° 55.423'	043° 46.873'	A montante da ilha na saída do Canal da São Francisco	sim	não
6	22° 55.258'	043° 46.517'	Canal de São Francisco, próximo a Usina Termelétrica de Santa Cruz	sim	não
7	22° 55.141'	043° 46.691'	Pluma do Canal de São Francisco	sim	sim
8	22° 55.921'	043° 46.003'	Saída do Canal do Guandu	sim	não
9	22° 56.008'	043° 46.106'	Pluma do Canal do Guandu	sim	sim

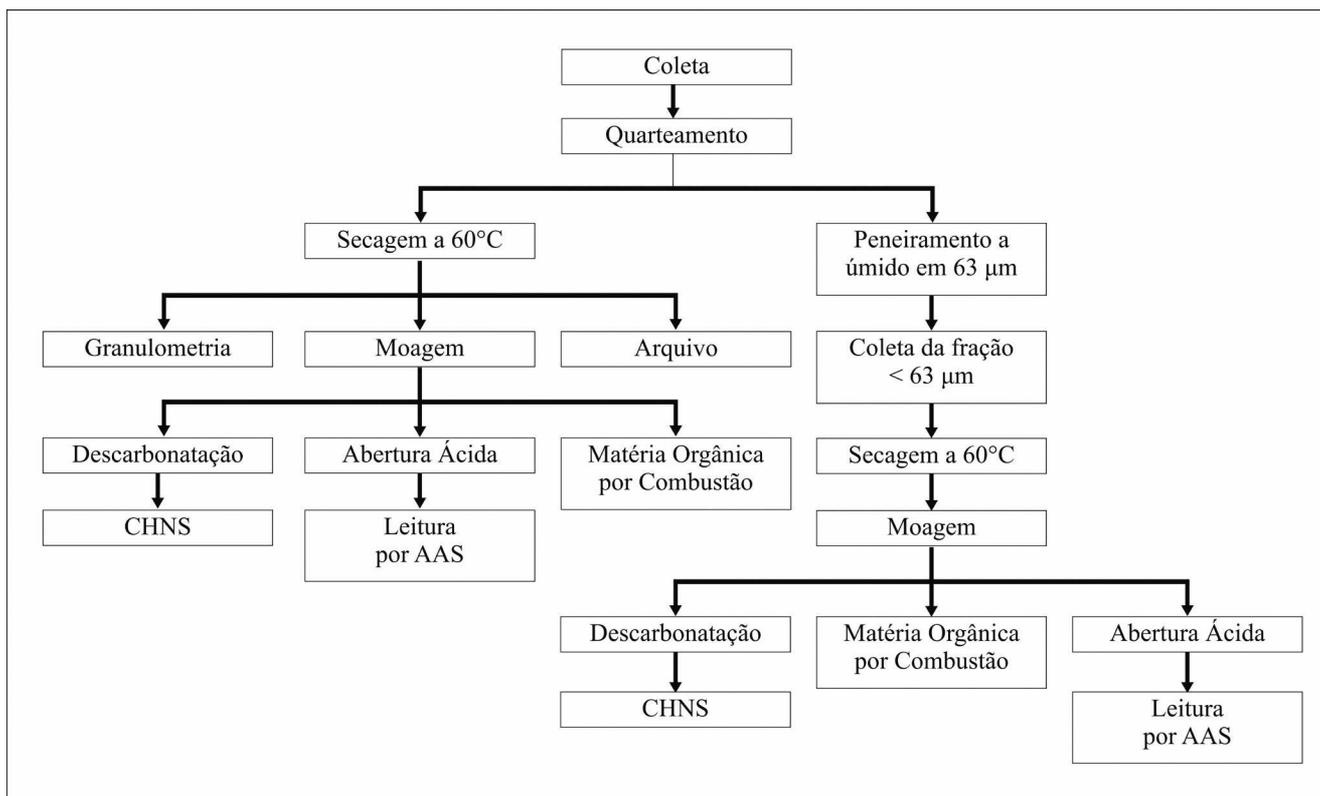


Figura 3 – Procedimentos adotados no tratamento das amostras de sedimento

Para a determinação da granulometria das amostras, utilizou-se uma metodologia modificada a partir de Suguio (1973). Foi determinada apenas a composição percentual das classes majoritárias, areia, silte e argila, e não foram eliminados os carbonatos nem a matéria orgânica antes da análise granulométrica, pelos métodos convencionais de ataque ácido e peróxido de hidrogênio a quente respectivamente, pois o objetivo foi observar a composição das amostras ao natural, incluindo-se aí as frações orgânicas e inorgânicas não minerais. Todavia estes parâmetros também foram determinados em análises separadas. Nos testemunhos não foi possível seguir este procedimento, pois não havia massa suficiente para as análises necessárias em separado, então optou-se por fazer a determinação das frações de “grossos” ($> 63\mu\text{m}$) e “finos” ($< 63\mu\text{m}$), através de peneiramento úmido e determinação das massas secas de cada fração.

A determinação da matéria orgânica foi realizada através da oxidação da mesma matéria orgânica a altas temperaturas (550°C , 24 horas), procedimento simples e barato, portanto amplamente utilizado por vários cientistas, entre eles Lacerda *et al.* (1982), Souza *et*

al. (1986) e Lacerda *et al.* (1989). Por se tratar de um método gravimétrico, o teor de matéria orgânica é dado em percentual de peso seco, tomando-se por base a diferença de peso da amostra antes da combustão e depois de calcinada.

A determinação do percentual de carbonatos, também é um método gravimétrico, consistindo na relação existente entre o peso da amostra antes de ter seus carbonatos eliminados e imediatamente após este processo. A decarbonatação utilizada neste trabalho, consistiu num processo onde o carbonato é totalmente transformado em CO_2 , através da adição de ácido clorídrico diluído (HCl 0,1 M), controlando-se o pH, para que este não atinja valores menores que 1,8 e até que não haja alterações significativas do peso com o tempo. O controle do pH é essencial pois uma acidificação intensa da amostra pode provocar a solubilização de compostos orgânicos, que serão perdidos durante as sucessivas lavagens da amostra segundo Froelich (1980, *apud* Santos, 1997).

A metodologia empregada para a análise de carbono orgânico foi a mesma utilizada por Santos (1997) e Mauriel (1998). Pequenas alíquotas de 10 a

15 mg, das amostras previamente descarboxatadas e maceradas, são introduzidas em pequenas capsulas de estanho e introduzidas no Analisador Elemental CHNS, marca CE Instruments - modelo EA1110, que possui

operação automatizada. Os resultados, por sua vez, são fornecidos sob a forma de planilha, expressando os valores de carbono, hidrogênio, nitrogênio e enxofre em termos de percentual de massa.

Tabela IV – Recuperação, seccionamento e amostras utilizadas neste estudo.

Prof. (cm)	Test. 1	Test. 2	Test. 3	Test. 4	Test. 7	Test. 9
00-02	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
02-04	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
04-06	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	
06-08	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
08-10	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
10-13						
13-16	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
16-19						
19-22	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
22-25						
25-30		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
30-35						
35-40		⊕	⊕			⊕
40-45						
45-50			⊕			

⊕ – amostras utilizadas para análise

A metodologia de abertura das amostras está baseada em técnicas descritas por Fernandez & Francione (1995), Cook *et al.* (1997) e UNEP (1995). Segundo os quais entende-se por abertura ou digestão a decomposição das amostras a altas temperaturas e sob pressão se necessário. Três replicatas de cerca de 1g de amostra cada, foram colocadas em bombas de teflon. A cada uma foi adicionado 10 ml de Água Régia (HCl + HNO₃ 3:1), fechadas hermeticamente e mantidas a temperatura de 80°C, em bloco digestor, por 12 horas.

Após este tempo são abertas e a temperatura elevada a um máximo de 250°C por mais 6 horas, durante o qual ainda são adicionados 3 ml de HClO₄ e 3 ml de HNO₃.

Terminado o procedimento de abertura a quente as amostras, são imediatamente resfriadas, transferidas para um tubo de 50 ml de polipropileno, centrifugadas para retirada dos resíduos sólidos e então avolumado a 25 ml com HCl (0,1M). Este método somente extrai metais que não estão incorporados ao retículo cristalino dos minerais componentes dos sedimentos de fundo,

desta forma somente os metais mais sensíveis a alterações físico-químicas ambientais são extraídos, segundo Lacerda *et al.* (1985).

Para a leitura dos extratos das amostras, obtidos após a digestão, foi utilizado um espectrofotômetro de absorção atômica por chama da marca Perkim Elmer - modelo AAnalyst 300, onde os métodos, técnicas e configurações seguidos são os mesmos indicados pelo fabricante, contidos nos manuais do aparelho (Perkim Elmer, 1994). As curvas de calibração de cada metal foram construídas utilizando-se um mínimo de cinco padrões de diferentes concentrações.

Os valores de absorbância adotados representaram a média de três leituras realizadas em cada réplica, tendo sido o sinal de cada leitura integrado por um período de cinco segundos. As leituras dos extratos dos sedimentos superficiais foram feitas com nebulizador de alta sensibilidade, dotado de pérola de impacto.

Segundo o manual da Perkin Elmer (*op. cit.*), o limite de detecção é definido como sendo a concentração do elemento que vai produzir uma razão sinal/ruído igual a 3. Então o limite de detecção leva em consideração tanto a amplitude do sinal quanto a linha base do ruído e é a menor concentração que pode ser claramente diferenciada de zero. O limite de detecção (LD), segundo a IUPAC, é calculado como sendo o triplo do desvio padrão (SD) dos brancos, porém como os desvios padrão dos brancos foram sempre iguais a zero tornou-se impossível calcular o limite de detecção desta maneira. Uma forma alternativa para este cálculo é sugerida pelo manual do espectrofotômetro de absorção atômica, utilizado neste trabalho, Perkim Elmer (*op. cit.*). Consistindo no seguinte cálculo:

$$LD = \frac{[\text{padrão}] \times 3 \times SD \text{ das suas absorbâncias}}{\text{média das suas absorbâncias}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Ou seja a concentração de um padrão aproximadamente cinco vezes maior que o LD esperado multiplicado por três vezes o SD das suas absorbâncias e dividindo pela média delas. Faz-se isto novamente para um padrão cerca de duas vezes maior que o primeiro utilizado. O LD então será a média dos dois valores encontrados anteriormente. Neste trabalho foi feita uma adaptação deste cálculo, sendo utilizados os dois padrões mais baixos adotados nas curvas de calibração.

Para os cálculos da concentração final de cada amostra, a absorbância adotada representa a média

das absorbâncias das réplicas de cada amostra destas amostras. O intervalo de confiança foi calculado para 95 %, com $n = 3$, a partir do desvio padrão encontrado no cálculo do valor médio de cada ponto. Os valores discrepantes foram excluídos, de modo que o percentual do desvio padrão não apresentasse valores superiores a 5%.

RESULTADOS

Para as análises dos metais em estudo nos sedimentos superficiais (primeira fase) foi necessário fazer diluições dos extratos para praticamente todas as amostras e réplicas, exceto Cr e Ni. Os fatores diluição variaram da seguinte maneira: cádmio e cobre sofreram diluições de vinte vezes; alumínio e ferro foram diluídos cento e cinquenta vezes, sendo que para ferro as amostras dos pontos 1 e 9, sofreram respectivamente diluições de quatrocentas e duzentos e cinquenta vezes. Chumbo foi lido com fatores de diluição de cinco vezes, não tendo sido diluído o ponto quatro. O que mais apresentou fatores de diluição diferenciados foi o zinco que apresentou a seguinte característica: fatores 400; 150; 150; 5; 20; 20 pontos respectivos 1; 2; 3; 4; 7; 9.

Nas tabelas V, VI, VII e VIII são apresentados os resultados das concentrações dos metais na fração fina (< 63mm) para abertura com água régia; a distribuição granulométrica; os teores de carbonatos e os teores de matéria orgânica respectivamente.

Na segunda etapa deste trabalho, foram utilizadas as amostras de sedimento dos testemunhos coletados com o objetivo de aprofundar o estudo dos aportes de metais através da contribuição continental.

Da mesma forma que na primeira fase foi necessário fazer diluições dos extratos para a análise de praticamente todos os metais analisados, sendo Cr e Ni novamente a exceção.

A partir de dados contidos no trabalho de Forte (1996), sobre a sedimentação na região nordeste da Baía de Sepetiba, pode-se ter uma ideia bastante aproximada da idade das camadas analisadas neste estudo. Através de testemunhos, coletados na mesma área em que foi realizado este estudo, datados a partir o radioisótopo ^{210}Pb , Forte (*op. cit.*) chegou a taxas de sedimentação para a região da ordem de 0,31 a 0,34 cm/ano. Os pontos utilizados para tal estão apontados na figura 2, e são bastante próximos aos pontos utilizados neste trabalho.

Tabela V – Concentração de Metais na Fração Fina (<63 µm) dos Sedimentos Superficiais.

Ponto de Coleta	Alumínio (mg/g)	Cádmio (µg/g)	Cromo (µg/g)
1	70,73 ± 3,19	73,14 ± 1,61	39,31 ± 0,46
2	70,95 ± 1,07	38,23 ± 0,12	49,28 ± 1,51
3	75,50 ± 3,19	15,30 ± 0,03	73,40 ± 0,54
4	62,93 ± 1,40	0,41 ± 0,00	37,80 ± 1,45
5	85,88 ± 4,51	<LD ±	64,27 ± 1,08
6	72,02 ± 3,87	<LD ±	57,08 ± 0,81
7	71,84 ± 3,18	4,07 ± 0,01	60,81 ± 0,55
8	52,64 ± 0,02	<LD ±	42,51 ± 0,47
9	72,72 ± 3,70	4,04 ± 0,02	64,82 ± 2,21

Ponto de Coleta	Cobre (µg/g)	Ferro (mg/g)	Níquel (µg/g)
1	246,51 ± 13,84	47,58 ± 3,79	13,76 ± 0,06
2	236,88 ± 4,21	37,94 ± 0,49	18,03 ± 0,68
3	837,52 ± 18,12	42,08 ± 2,33	20,47 ± 0,28
4	509,93 ± 17,79	36,89 ± 0,73	15,82 ± 0,42
5	165,24 ± 2,35	40,21 ± 4,36	21,88 ± 0,70
6	176,18 ± 7,46	35,25 ± 1,03	19,91 ± 0,64
7	505,49 ± 19,29	37,73 ± 1,66	18,34 ± 0,38
8	275,42 ± 4,67	48,27 ± 2,93	19,78 ± 0,30
9	497,67 ± 26,28	45,88 ± 6,18	20,59 ± 0,19

Ponto de Coleta	Chumbo (µg/g)	Zinco (µg/g)	Limite de Detecção (mg/l)
1	167,53 ± 3,35	15200,37 ± 796,27	Al 1,02
2	67,50 ± 0,21	4720,94 ± 67,42	Cd 0,00
3	38,25 ± 1,50	3488,33 ± 113,83	Cr 0,00
4	25,46 ± 0,93	162,50 ± 5,56	Cu 0,00
5	54,36 ± 1,56	18,23 ± 0,47	Fe 0,11
6	32,97 ± 0,17	12,10 ± 0,47	Ni 0,02
7	37,58 ± 0,08	715,40 ± 6,10	Pb 0,21
8	23,48 ± 1,17	71,81 ± 10,13	Zn 0,00
9	32,55 ± 1,58	596,63 ± 56,12	

Tabela VI – Granulometria das Amostras de Sedimento Superficial

Amostra	% Areia	% Silte	% Argila
1	20,17	53,42	26,41
2	7,83	51,80	40,36
3	7,89	57,30	34,81
4	39,20	60,17	0,63
5	95,67	3,53	0,80
6	96,47	3,19	0,34
7	55,42	31,99	12,59
8	2,42	57,72	39,85
9	1,35	25,11	25,11

Tabela VII – Teores de Carbonatos nos Sedimentos Superficiais (% de peso seco)

Amostra	Fração < 63 m	Sedimento Bruto
1	16,08	9,55
2	6,94	7,52
3	8,41	8,04
4	7,12	4,39
5	6,18	0,92
6	7,54	0,76
7	11,03	4,64
8	5,81	6,07
9	7,07	5,88

Tabela VIII – Teores de Matéria Orgânica nos Sedimentos Superficiais (% de peso seco)

Amostra	Fração < 63 m	Sedimento Bruto
1	15,31	13,67
2	14,15	13,09
3	14,82	14,23
4	13,61	10,28
5	16,02	6,06
6	15,79	0,94
7	17,16	7,88
8	16,84	11,06
9	17,61	17,48

Utilizou-se os dados geocronológicos gerados para o ponto TBS-PI, tabela IX, pois se situa mais próximo aos pontos estudados. Adicionando-se mais 1 (um) cm a escala de profundidade, devido ao intervalo de tempo existente entre a coleta do testemunho TBS-PI

e a coleta dos testemunhos deste trabalho, utilizando-se a taxa encontrada pelo autor, pode-se aferir as datas aproximadas das camadas sedimentares analisadas, e que são apresentadas nos gráficos de distribuição dos metais nos diversos testemunhos coletados..

Tabela IX – Principais dados geocronológicos dos testemunhos de Forte (*op. cit.*), segundo o modelo CRS.

TBS-PI			TBS-PIII		
Prof. (cm)	Idade (anos)	Data	Prof. (cm)	Idade (anos)	Data
			0-1	0,0	1995
0-2	0,0	1995	1-2	3,2	1992
2-3	2,9	1992	2-3	6,5	1988
3-4	7,1	1988	3-4	9,4	1986
4-5	11,2	1984	4-5	11,9	1983
5-6	15,1	1980	5-6	14,7	1980
6-7	19,1	1976	6-7	18,5	1977
7-8	50,9	1944	7-8	22,4	1973
8-9	61,6	1933	8-9	28,8	1966
9-10	82,5	1913	9-10	34,4	1961
10-11	102,2	1893	10-11	38,9	1956
11-12	122,1	1873	11-12	45,2	1950
			12-13	49,2	1946
			13-14	54,5	1941
			14-15	60,8	1934
			15-16	69,7	1925
			17-18	77,5	1918
			20-21	89,8	1905
			22-23	99,8	1895
			23-24	114,3	1881
			26-27	132,3	1863

A razão de ter sido utilizado o ponto TBS-PI reside no fato de, em primeiro lugar, este se encontrar bem próximo a área de estudo, entre os pontos amostrais. E em segundo por refletir melhor os eventos ambientais conhecidos que podem ter tido influência sobre as sedimentação local, e descritos a seguir:

- Retificação e construção de canais de drenagem – 1935 / 1945 SEMA(1998) e Forte (1996);
- Transposição de águas do Rio Paraíba do Sul

para o Rio Guandú – 1962 (SEMA, 1998);

- Construção do Porto de Sepetiba, com aterro do Saco do Engenho – 1976 / 1982 (Multiservice, 1991);
- Vazamento de 50 milhões de litros de água e lama do dique da Cia. Ingá – 13/02/96 (Melo, 1996);
- Aterro da retroárea de expansão do porto – 1997 / 1998 (Multiservice *op. cit.*)

As figuras 4 a 14 mostram os perfis de concentrações dos metais analisados, na fração fina (< 63µm), dos diversos níveis dos testemunhos coletados. Apresenta

também os perfis dos teores de matéria orgânica e da distribuição dos teores de finos nestes mesmos testemunhos.

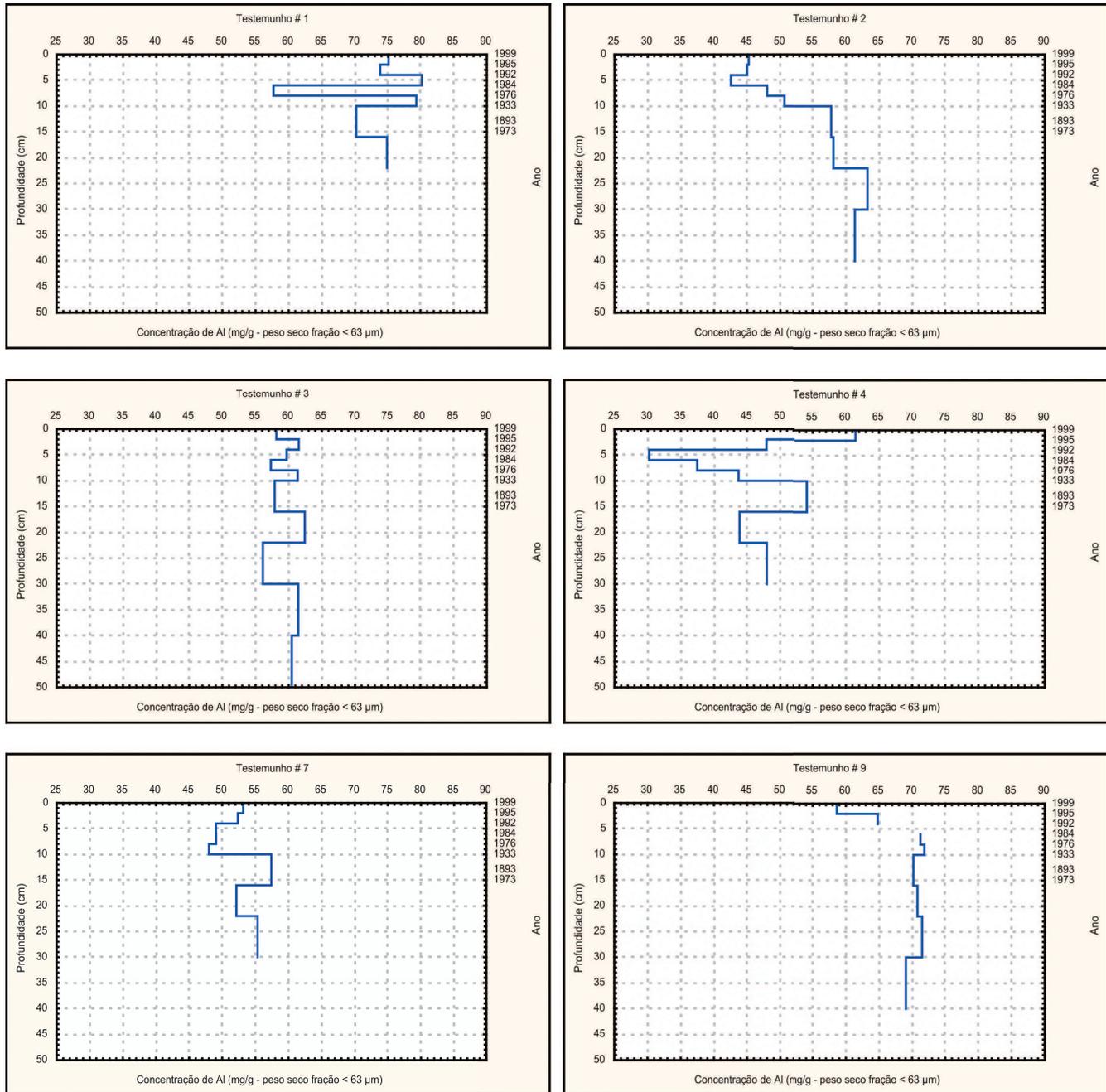


Figura 4 – Distribuição dos teores de Alumínio nos sedimentos finos dos testemunhos

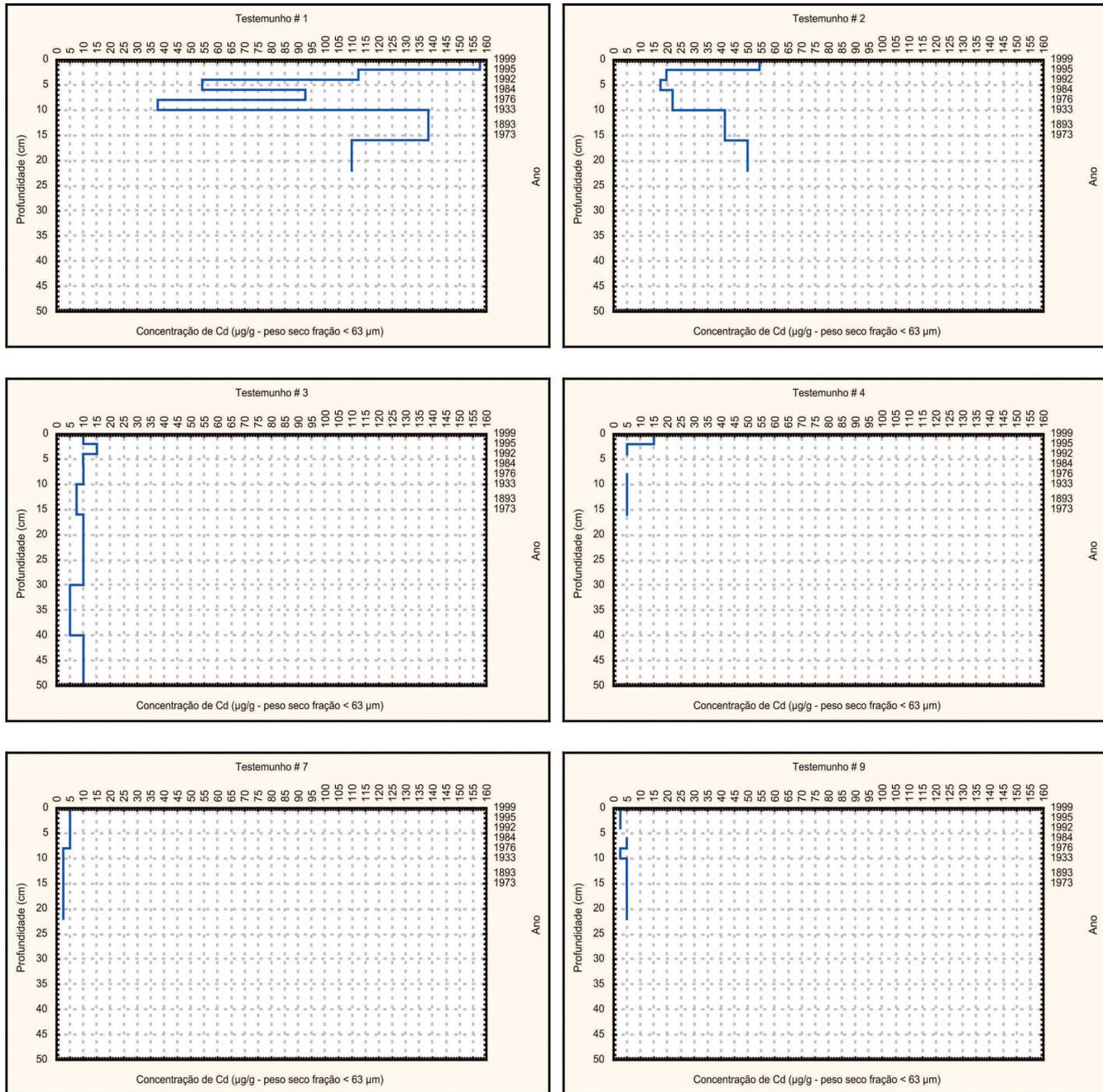


Figura 5 – Distribuição dos teores de Cádmiu nos sedimentos finos dos testemunhos

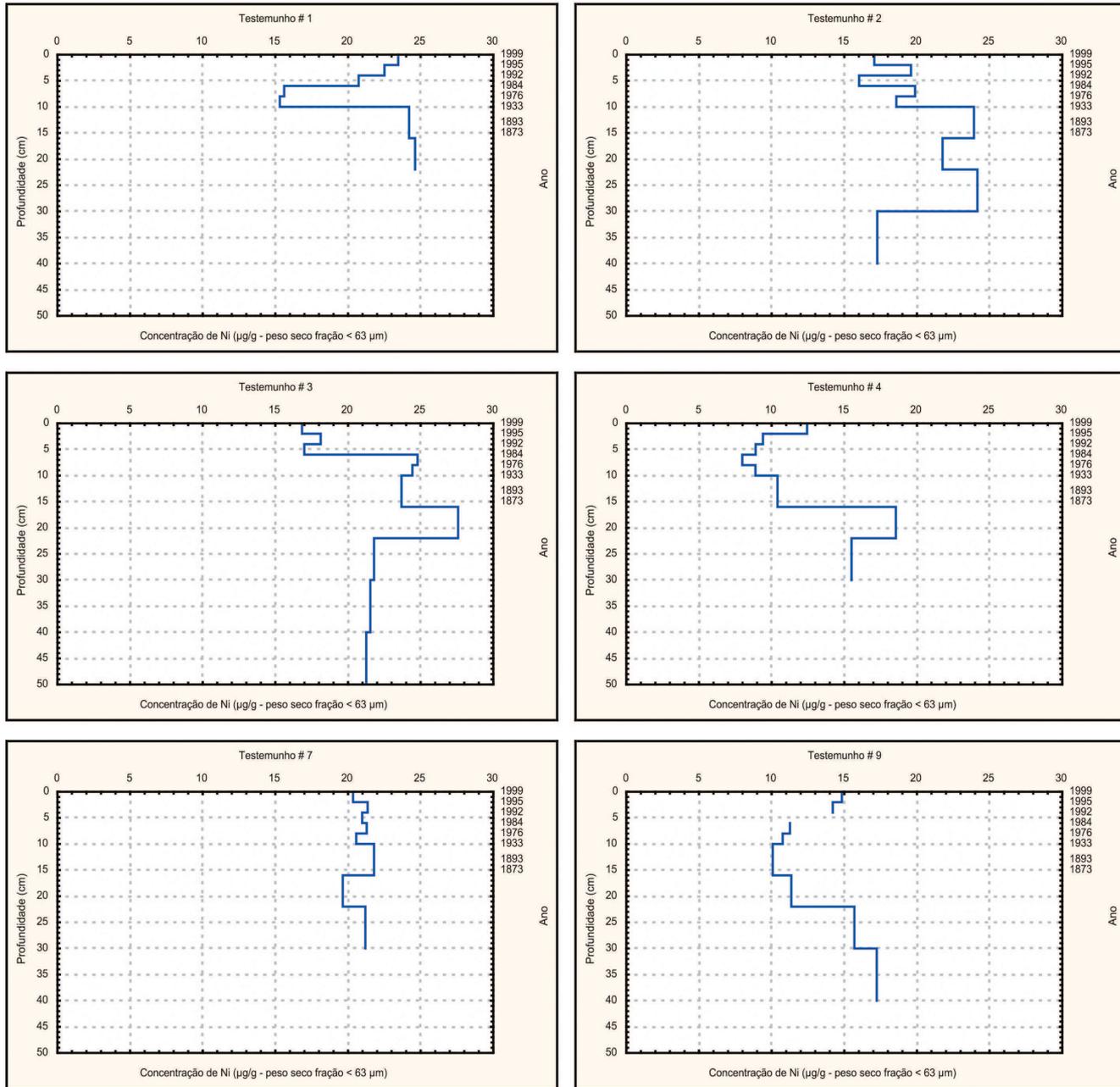


Figura 6 – Distribuição dos teores de Níquel nos sedimentos finos dos testemunhos

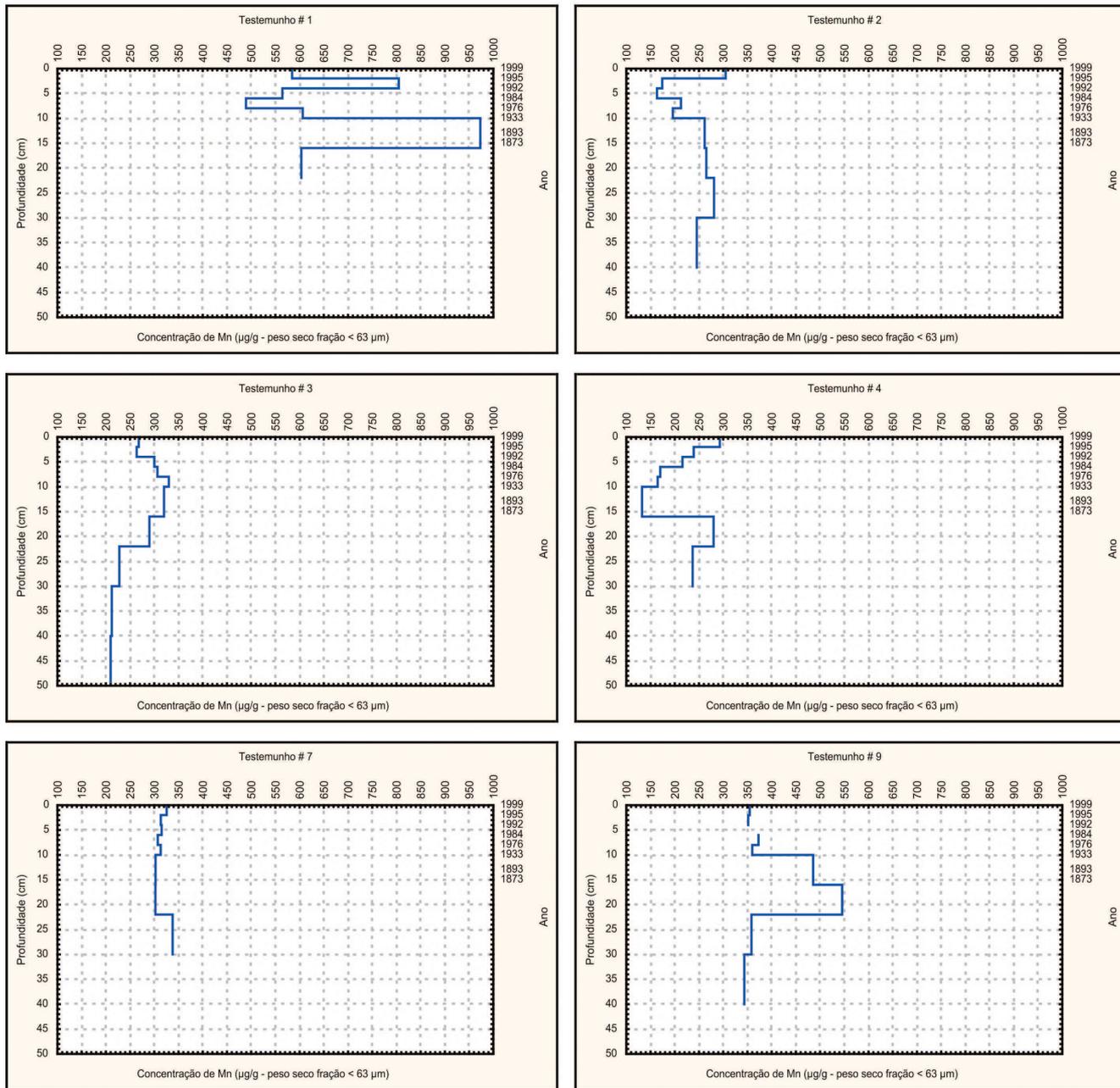


Figura 7 – Distribuição dos teores de Manganês nos sedimentos finos dos testemunhos

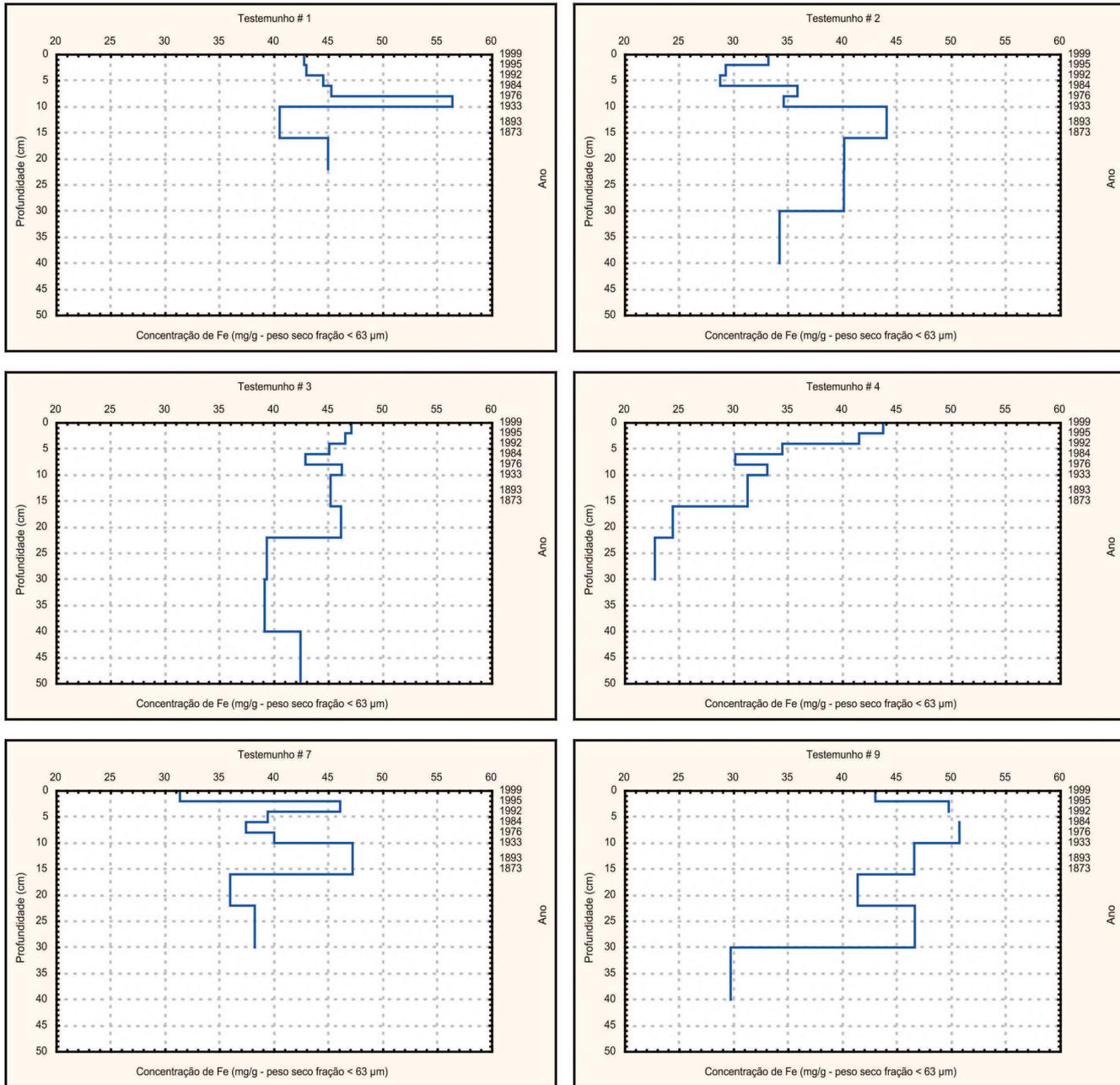


Figura 8 – Distribuição dos teores de Ferro nos sedimentos finos dos testemunhos

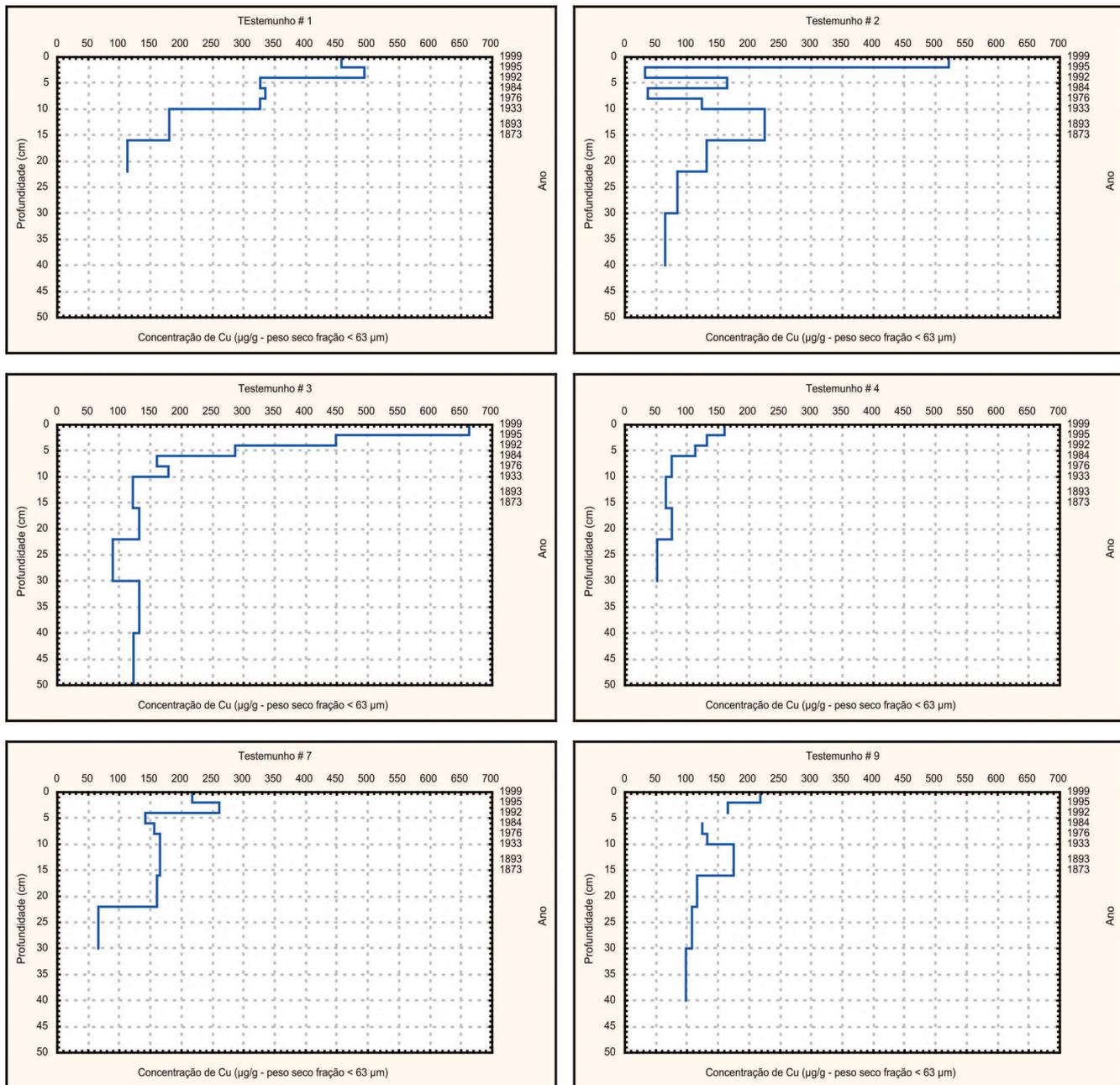


Figura 9 – Distribuição dos teores de Cobre nos sedimentos finos dos testemunhos

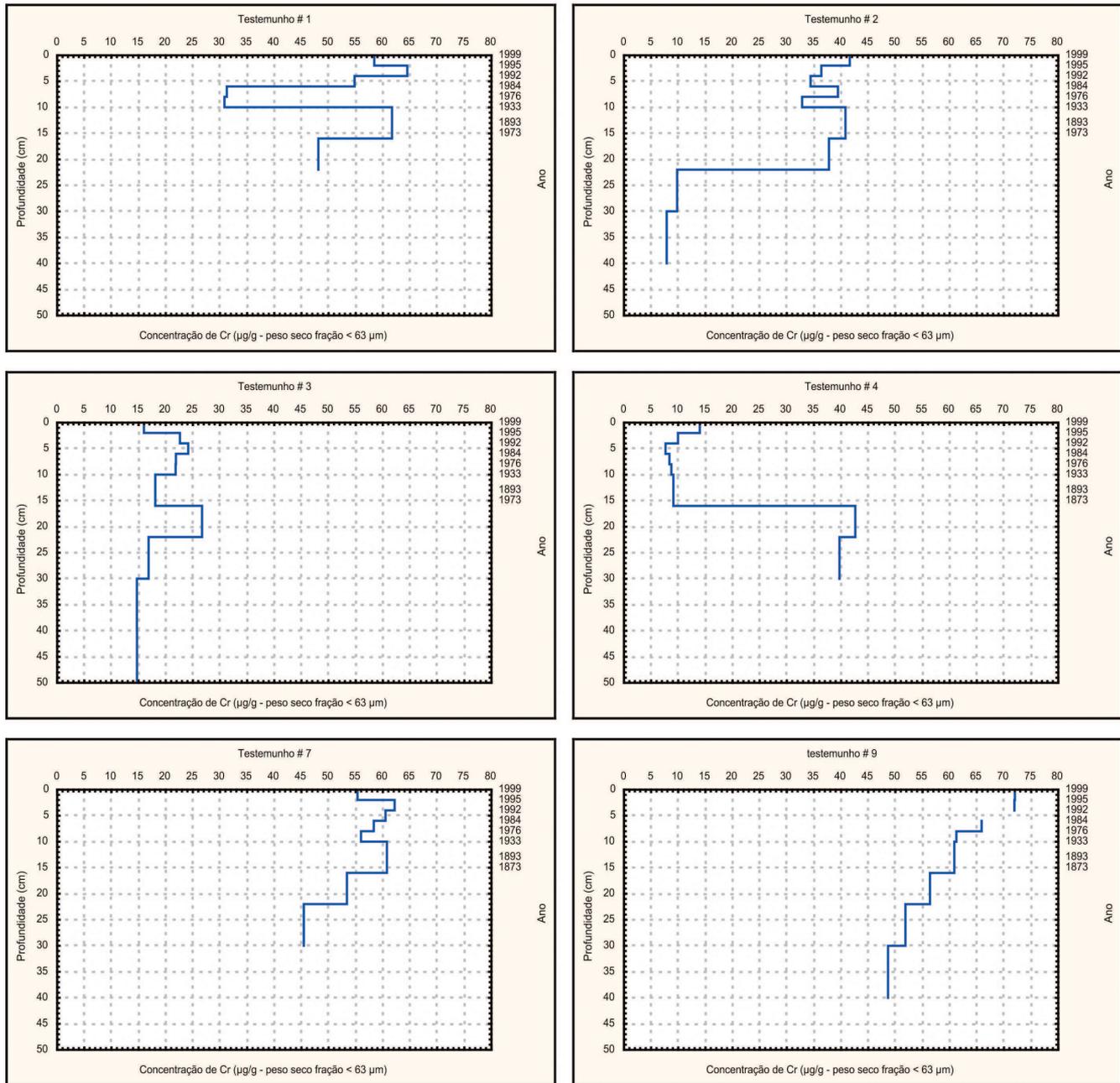


Figura 10 – Distribuição dos teores de Cromo nos sedimentos finos dos testemunhos

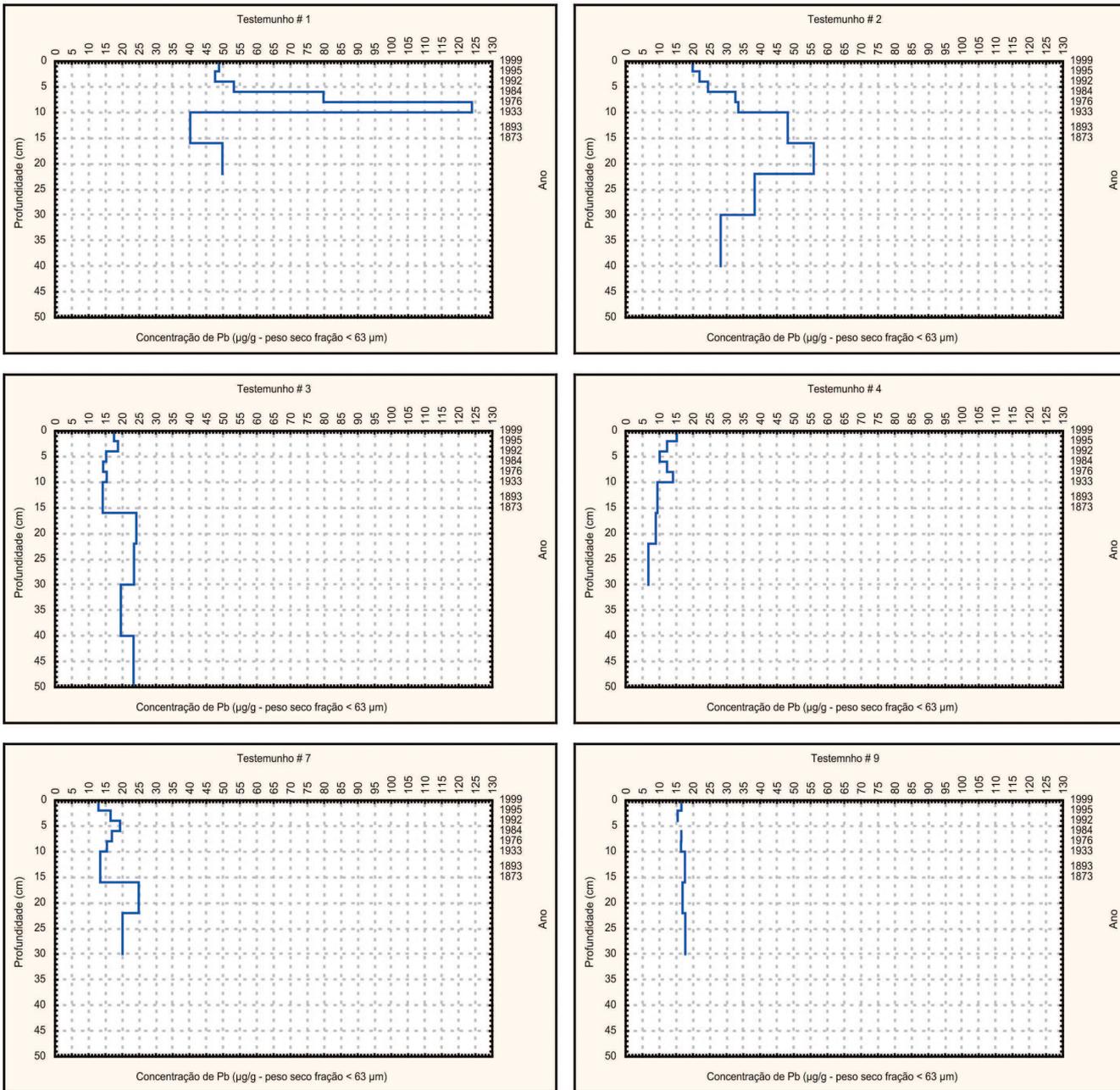


Figura 11 – Distribuição dos teores de Chumbo nos sedimentos finos dos testemunhos

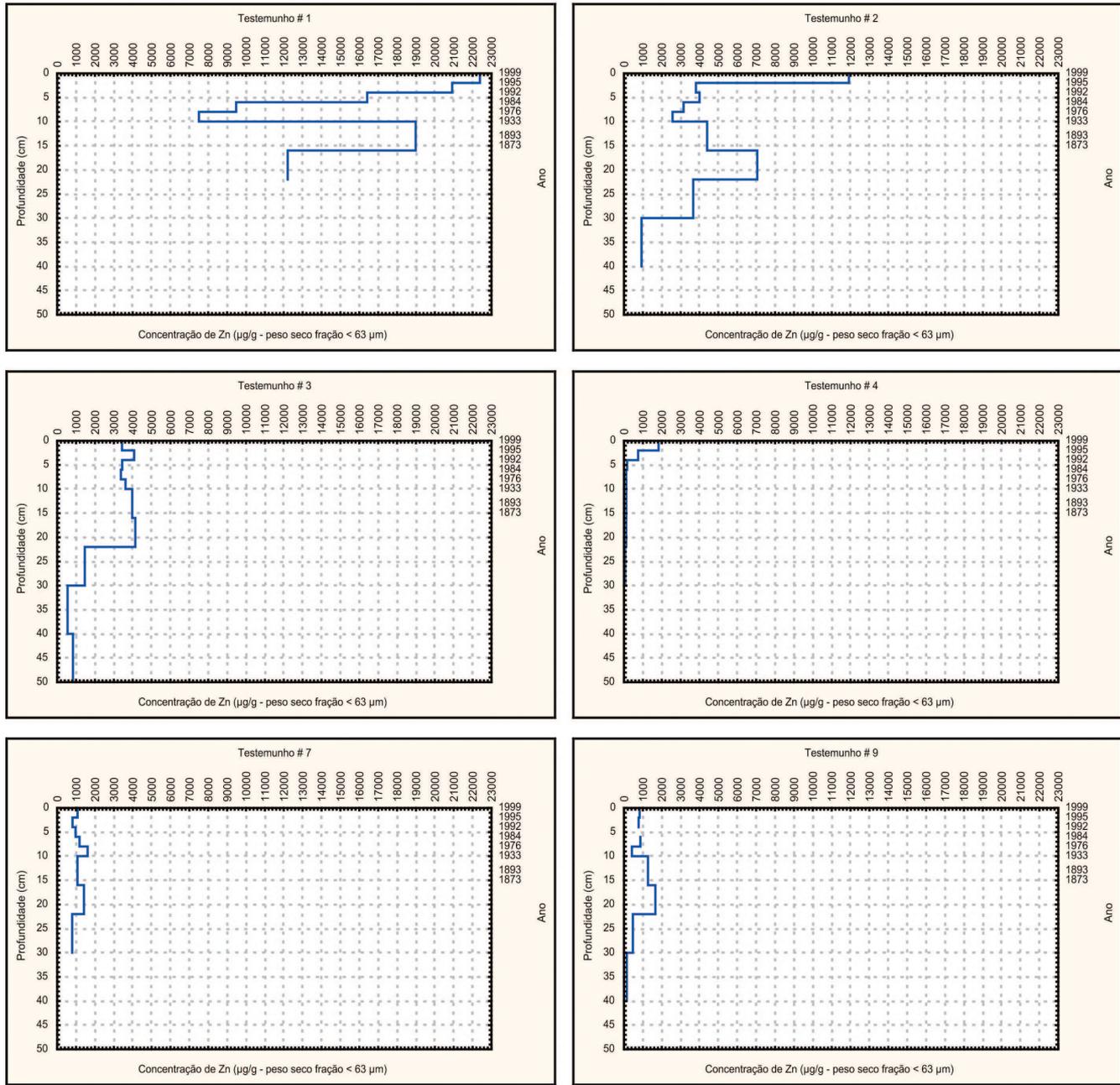


Figura 12 – Distribuição dos teores de Zinco nos sedimentos finos dos testemunhos

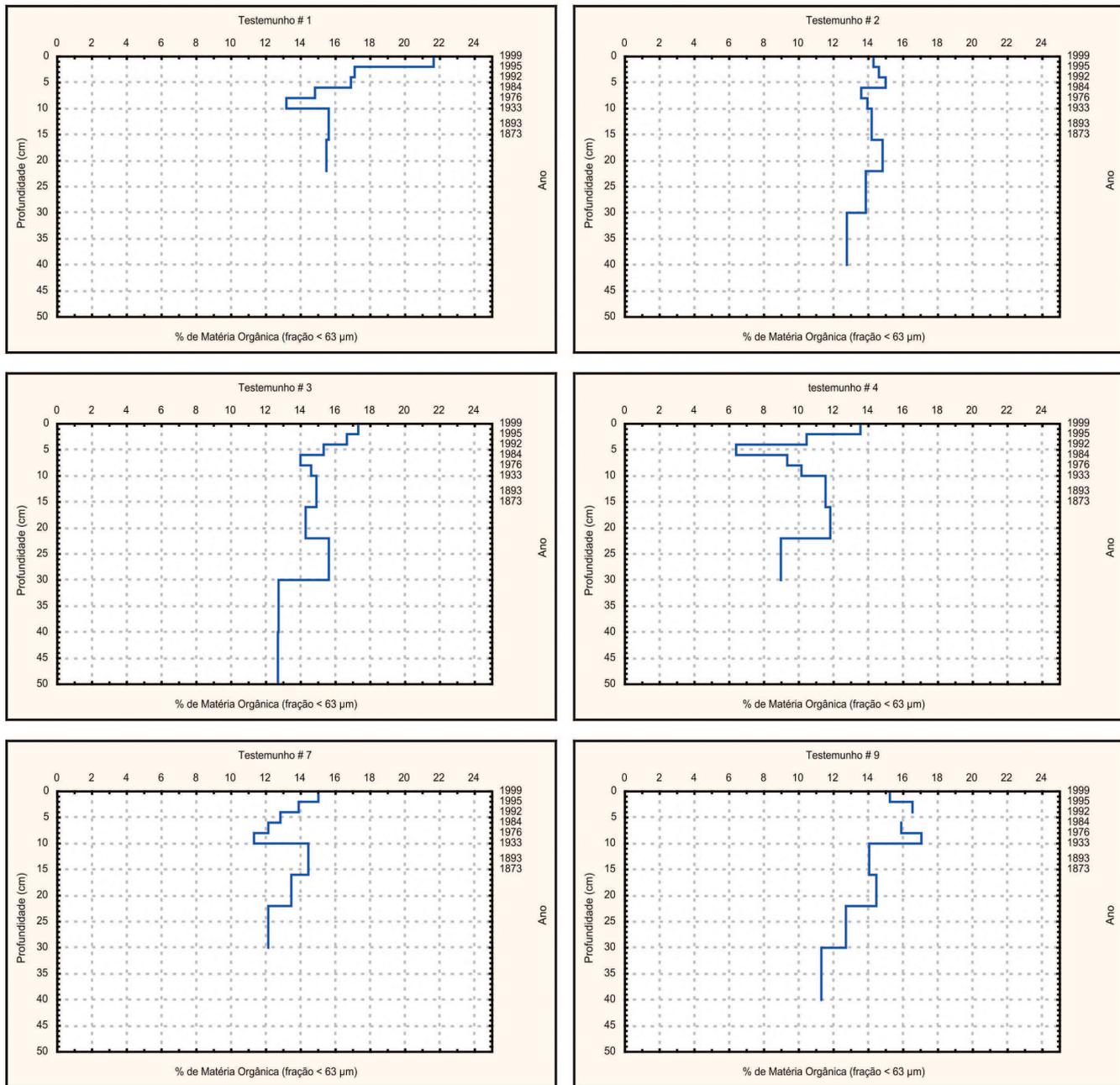


Figura 13 – Distribuição dos teores de Alumínio nos sedimentos finos dos testemunhos

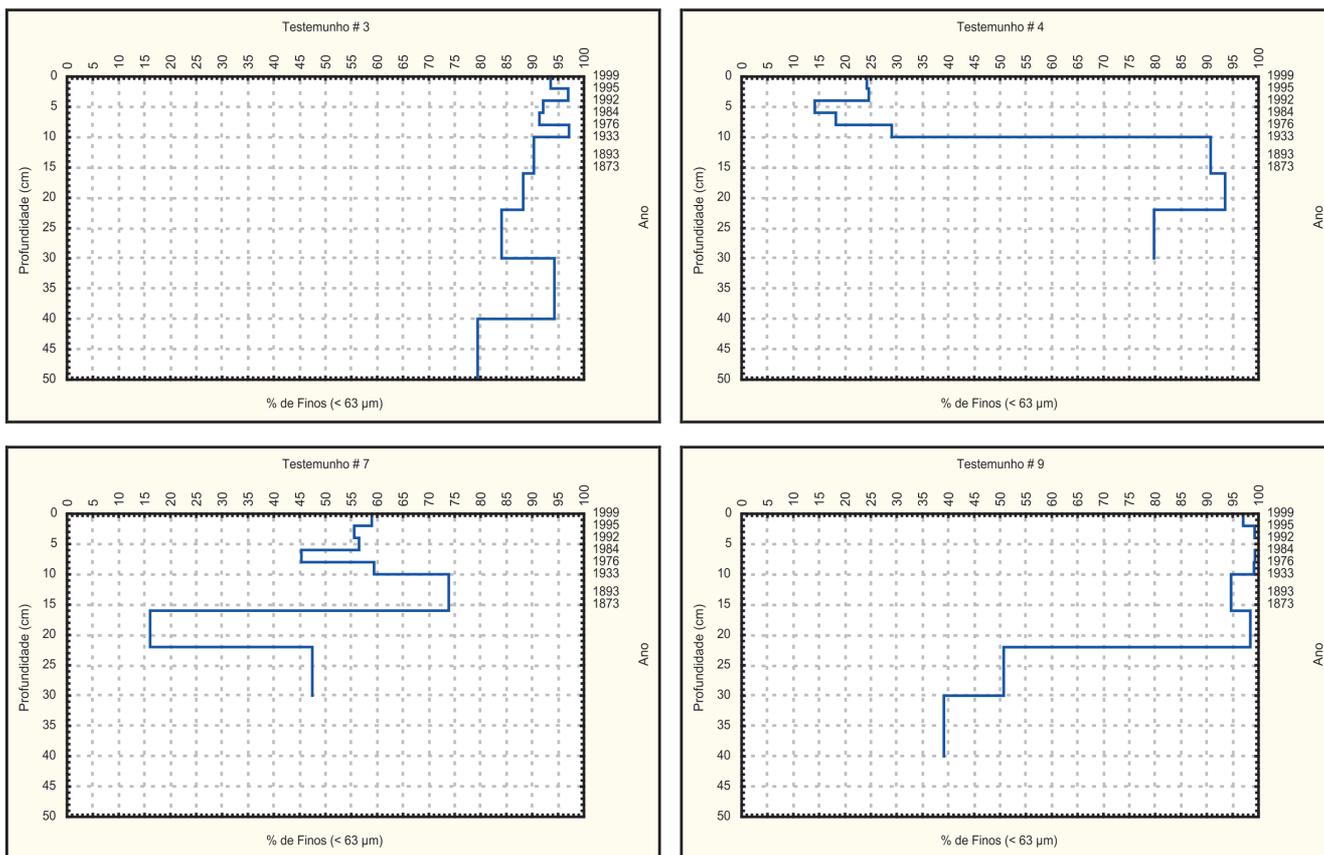


Figura 14 – Distribuição dos teores Finos nos sedimentos finos dos testemunho

DISCUSSÃO

Primeira fase:

Mediante os dados resultantes da primeira fase dos estudos chegou-se a alguns aspectos relativos à distribuição dos metais pesados nos sedimentos superficiais da zona costeira da Baía de Sepetiba, oriundo dos aportes continentais e atividades industriais em sua bacia de contribuição, e que são descritas abaixo:

1 - Granulometria - os pontos cinco e seis apresentam mais de 95% de areia, o que pode ser explicado em função da alta energia do Canal de São Francisco, seguida pelo ponto sete que ainda sofre grande influência deste (55 % de areia). A amostra 1 possui um teor de areia considerável que pode ser explicado pela sua proximidade ao entroncamento do Porto de Sepetiba, sofrendo assim influência das obras de preparo da área do retroporto. As demais amostras mostram uma composição que reflete a energia hidrodinâmica a que estão submetidas

2 - Matéria orgânica - possui comportamento

semelhante para a fração fina. Quanto aos resultados dos sedimentos brutos, estes retratam bem a sua distribuição granulométrica.

3 - Carbonatos - Não existe qualquer tendência da distribuição dos teores de carbonatos, variando de 5,81% a 16, 01% na fração fina. No sedimento bruto existe uma leve tendência a se comportar conforme a granulometria, não sendo aplicado ao ponto um.

4 - Metais - Analisando-se a distribuição dos teores de metais pesados encontrados nos sedimentos superficiais é possível obter a origem de alguns “inputs”, que confirmam o padrão de circulação da Baía no sentido horário:

- Cd e Zn são provenientes da Ilha da Madeira, estando presente de forma decrescente nos pontos 1, 3, 7 e 9; os demais pontos apresentam concentrações, relativamente bastante baixas, indicando pouca influência dos demais rios;

- Cr é introduzido na Baía através do Canal de São Francisco apesar de ser encontrado um valor expressivo no ponto três ; e

- Cu possui aparentemente fonte externa, apresentando concentrações altas nos pontos mais internos da Baía não estando relacionado com os rios.

Segunda fase:

A complexidade dos dados alcançados mostrou que a região apresenta o registro de diversos processos de aporte e de alteração através da intervenção direta do homem. Não é possível explicar todos os comportamentos encontrados, mas sim algumas observações mais evidentes que puderam ser extraídas dos resultados.

A inferência das datas das camadas foi utilizada de maneira correta, pois a maioria dos resultados confirmaram os períodos de deposição, como pode ser observado a partir dos perfis apresentados. Um exemplo característico é o perfil de percentual de finos, que em todos os pontos refletem as alterações drásticas no ambiente, como a retificação de canais entre 1935-1945 (± 10 cm de prof.), a transposição de águas do Rio Paraíba do Sul a partir de 1962, e as influências da construção do Porto de Sepetiba, entre 1976 e 1982.

Os perfis de percentual de matéria orgânica na fração fina dos sedimentos apresentaram comportamentos semelhantes entre todas as estações, não apresentando variações significativas, a única exceção fica por conta do ponto 4 que apresentou valores baixo em alguns pontos. Isto deve-se as variações granulométricas, principalmente nos pontos mais superficiais, que remetem a época de aterro do Saco do Engenho para dar lugar ao pátio de carvão do Porto de Sepetiba, durante a construção do mesmo.

Nos testemunhos 1 e 2, a alta variação de todos os parâmetros a partir de 1933 (± 10 cm de prof.), torna a avaliação dos dados nestes pontos bastante complicada e confusa, e isto justifica-se pelos mesmos fatos descritos nos parágrafos anteriores, ou seja alterações drásticas do ambiente através de obras de engenharia.

A introdução da análise de manganês nesta fase do trabalho, teve como objetivo utiliza-lo como indicador das condições de oxi-redução dos ambientes sedimentares, ao longo dos testemunhos. Uma vez este elemento somente forma espécies químicas estáveis em condições oxidantes, tornando-se instáveis solubilizando-se em ambientes redutores e podendo migrar pelo sedimento através da água intersticial. Porém isto não foi possível

de ser avaliado pois nenhum dos perfis apresenta um comportamento marcante de processos de oxiredução.

Os perfis de ferro e alumínio demonstraram não ser possível realizar as normalizações pretendidas na primeira fase e comumente utilizadas para avaliar a real contribuição antropogênica na contaminação dos sedimentos. O Fe apresentou uma alta variabilidade em todas as estações sem exceção e este comportamento foi associado a poluição gerada pelas atividades portuárias de exportação do minério de ferro, enquanto que para o Al esta variabilidade só não foi tão grande para os pontos 3 e 9. Este último apresenta comportamento praticamente constante (em torno de 50 - 60 mg/g), e apresenta diminuição das concentrações nas camadas superiores em relação a camadas mais profundas nos próprios testemunhos. A única exceção de comportamento constante é o ponto 4 que demonstra crescimento constante a partir de 1984, o que certamente foi resultado de atividades industriais na bacia de contribuição.

O caso do derrame da Cia. Ingá Mercantil em 1996 está bem caracterizado na camada superficial das estações 1, 2 e 3. Na estação 1, Cd, Cu, Ni e Zn apresentam padrão crescente acentuado a partir de 1933, refletindo a entrada em operação da Ingá. No ponto 2, Cu, Zn e Cd são percebidos nesta ordem de importância, mas não se observa mais a influência do Ni, isto pode estar associado a processos físico-químicos do comportamento do transporte do metal. A estação 3 demonstra forte crescimento de Cu, maior ainda que na estação 1, mas não se percebe mais a influência dos outros metais citados. Não foi possível detectar Pb como poluente característico da Ingá, provavelmente mascarado pelo aporte atmosférico regional.

O cromo se mantém constante em todos os perfis, porém apresenta um interessante padrão de crescimento constante desde épocas bastante remotas, principalmente no ponto 9, fato este que não foi possível associar a nenhum fenômeno ou atividade conhecida.

CONCLUSÃO

O estudo da evolução da contaminação por metais pesados na Baía de Sepetiba através das análises da distribuição dos metais pesados nos sedimentos finos se mostrou bastante eficiente e demonstrou ser capaz de apontar as variações temporais, que em conjunto com

os registros históricos apontam para a visualização do alcance e abrangência do lançamento desses metais no ambiente.

A inferência da idade das camadas, a partir de Forte (1996), é atestada pelos perfis do percentual de finos e de alguns metais, como Zn, Cd e Cu, ao longo dos testemunhos. Todos refletem claramente as obras de canalização e retificação dos rios entre 1935 e 1945, os derrames da Cia. Mercantil Ingá de 1995 e 1996, e as influências da construção do Porto de Sepetiba a partir de 1976.

A entrada em operação da Cia. Ingá (zinco a partir de 1966 e cádmio a partir de 1974) esta bem evidenciada pelo aumento contínuo das concentrações de Zn, Cd, Cu e Ni nos testemunhos das estações 1, 2 e 3 principalmente, mas com reflexos de seus efeitos também nos pontos 7 e 9 relacionados com os derrames de 1995 e 1996. O Cromo, em geral, apresenta-se constante, porém com um aumento das concentrações desde épocas remotas, nos pontos 7 e principalmente no 9, levando a indicação de uma contribuição antropogênica efetiva através do Canal de São Francisco. As concentrações de cobre o relacionam claramente aos efluentes da Cia. Ingá, aumentando ainda mais as consequências da operação desta companhia.

Assim as avaliações ambientais da Baía de Sepetiba frente aos constantes progressos de intervenções sociais, econômicas e de engenharia podem ser perfeitamente associadas à distribuição dos componentes químicos encontrados na coluna sedimentar, inclusive propiciando o registro de alteração das camadas sedimentares por processos de intervenção direta ou mesmo indireta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTON, S. R. 1985. Trace Element Analysis. In: *Practical Estuarine Chemistry: A Handbook*. ed. Head, P. C. Cambridge University Press. Cambridge, New York and Melbourne. pp: 126-159
- BORGES, H. V. 1990. Dinâmica Sedimentar da Restinga da Marambaia e Baía de Sepetiba. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências./ Universidade Federal do Rio de Janeiro. 83p.
- COBRAPE - Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. 2011. Plano de Desenvolvimento Sustentável da Baía de Sepetiba – P 01 – Plano de Trabalho Revisado - Revisão 0.1 - 21 Fev 2011.
- COOK, J. M.; GARDNER, M. J.; GRIFFITHS, A. H.; JESSEPS, M. A.; RAVENSCROFT, J. E.; YATES, R. 1997. The Comparability of Sample Digestion Techniques for the Determination of Metals in Sediments. *Marine Pollution Bulletin*. volume 34, nº 8, pp: 637-644.
- FERNANDEZ, M. A., FRANCIONE, E. 1995. Técnicas de Digestão e Mineralização de Amostras. Seminário de Química Analítica Avançada. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 34p..
- FORTE, C. M. S. 1996. Determinação das Taxas de Sedimentação na Porção Nordeste da Baía de Sepetiba Utilizando Datação com o Radioisótopo 210Pb em Excesso. Dissertação de Mestrado em Geociências - Geoquímica. Instituto de Química / Universidade Federal Fluminense. 93p.
- FÖRSTNER, U. 1986. Metal Speciation in Solid Wastes - Factors Affecting Mobility. In: *Lecture Notes in Earth Sciences*. Vol. 11: Speciation of Metals in Water, Sediment and Soil Systems - Proceedings of an International Workshop. Eds.: S.Bhattacharji, G. M. Friedman, H. J. Neugebauer and a. Seilacher. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris and Tokyo. pp: 13-41
- GRAHN, O.; HÅKANSON, L. 1986. Case Studies on Metal Distribution and Uptake in Biota. In: *Lecture Notes in Earth Sciences*. Vol. 11: Speciation of Metals in Water, Sediment and Soil Systems - Proceedings of an International Workshop. Eds.: S.Bhattacharji, G. M. Friedman, H. J. Neugebauer and a. Seilacher. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris and Tokyo. pp: 13-41
- LACERDA, L. D.; PFEIFFER, C. W.; FISZMAN, M. 1982. Níveis Naturais de Metais Pesados em Sedimentos Marinhos da Baía da Ribeira, Angra dos Reis. *Ciência e Cultura*, 34(7):921-924
- LACERDA, L. D.; PFEIFFER, C. W.; FISZMAN, M. 1985. Intertidal Beach Sands as Monitors for Heavy Metal Pollution in Coastal Water Bodies. *Environmental Technology Letters*. Vol 6, pp: 123-128

- LACERDA, L. D.; SOUZA, C. M. M.; PESTANA, M. H. D. 1989. Trace Metals Geochemical Associations in Sediments of a Non-Contaminated Estuary. *Ciência e Cultura*, 41(3):301-304.
- LACERDA, L. D. 1983. Aplicação da Metodologia de Abordagem pelos Parâmetros Críticos no Estudo da Poluição por Metais Pesados na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado em Ciências. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 135p.
- LACERDA, L. D., GRAÇA, N. M., QUINTANILHA, M. C. P. 1994. Bibliografia sobre a Contaminação por Metais Pesados em Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro. Universidade Federal Fluminense / Programa de Geoquímica. 54p.
- MAURIEL, M. C. O. 1998. Programa de Pré-Monitoramento Ambiental da Bacia de Campos e Cabiúnas - Distribuição de Matéria Orgânica em Sedimentos. Relatório Final da Disciplina Estágio Orientado I. Instituto de Geociências. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 35p.
- MELO, L. M. 1996. Comportamento de Poluentes Metálicos Dissolvidos nas Águas da Baía de Sepetiba. Dissertação de Mestrado em Geociências - Geoquímica. Instituto de Química./ Universidade Federal Fluminense. 98p.
- MULTISERVICE. 1991. Estudo de Impacto Ambiental da Ampliação do Terminal de Minério, Ferro Gúsa e Produtos Siderúrgicos do Porto de Sepetiba, RJ. 2v.
- PEDLOWISK, M. A.; LACERDA, L. D.; OVALLE, A. R. C.; WATTS, P. P.; SILVA FILHO, E. V. 1991. Atmospheric inputs of Zn, Fe and Mn into Sepetiba Bay, Rio de Janeiro. *Ciência e Cultura* 45(5): 380-382
- PERKIN ELMER, 1994. Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrometry. Manual Part nº 0303-0152. The Perkin-Elmer Corporation, Norwalk - USA.
- PESTANA, M. H. D. 1989. Partição Geoquímica de Metais Pesados em Sedimentos Estuarinos nas Baías de Sepetiba e da Ribeira, RJ. Dissertação de Mestrado em Geociências - Geoquímica. Universidade Federal Fluminense. 211p.
- PESTANA, M. H.; LACERDA, L. D. 1989. Especiação Geoquímica Aplicada a Estudo de Mobilização de Metais Pesados em Sedimentos Estuarinos dos Rios do Frade e da Guarda, RJ. Anais do II Congresso Brasileiro de Geoquímica, Rio de Janeiro. pp: 321-324
- SANTOS, E. S. 1997. Contribuição ao Estudo de Caracterização da Matéria Orgânica em Estuários Tropicais: Relação C/P Orgânicos no Sedimento da Baía de Guanabara. Monografia de Bacharelado em Oceanografia. Instituto de Geociências. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 54p.
- SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE DO RIO DE JANEIRO (SEMA/RJ). 1998. Macropiano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba.
- SOUZA, C. M. M. de, PESTANA, M. H. D., LACERDA, L. D. 1986. Geochemical Partitioning of Heavy Metals in Sediments of Three Estuaries Along the Coast of Rio de Janeiro (Brazil). *The Science of the Total Environment*, 58 (1986) 63-72
- STUMM, W. & MORGAM, J. J. 1981. Aquatic Chemistry. 2nd ed. Wiley Interscience, New York. 780p.
- SUGUIO, K. 1973. Introdução à Sedimentologia. Ed. Edgard Blücher / Editora da USP, 317p.
- THE TIMES, 1989. The Times Atlas of Ancient Civilizations. Ed. Chris Scarre. Times Books Ltd. London. 318p.
- THOMPSON, G. R. & TURK, J. 1991. Modern Physical Geology. Saunders College Publishing. Philadelphia.
- UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 1995. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulated matter. Reference Methods For Marine Pollution Studies No. 63. 75p.
- WORLD BANK, 1996. Brazil Manging Environmental Pollution in the State of Rio de Janeiro. 2 volumes, Report No. 15488-BR, Washington, USA.





CAPÍTULO VIII

METAIS PESADOS ANALISADOS EM SEDIMENTOS DA BAÍA DE SEPETIBA: COMPARAÇÃO DE EXTRAÇÃO POR LIXIVIAÇÃO VERSUS DISSOLUÇÃO TOTAL





METAIS PESADOS ANALISADOS EM SEDIMENTOS DA BAÍA DE SEPETIBA: COMPARAÇÃO DE EXTRAÇÃO POR LIXIVIAÇÃO VERSUS DISSOLUÇÃO TOTAL

David S. Rocha¹, Bruno C.A. Cunha², Mauro C. Geraldês³ e Sílvia Dias Pereira⁴

RESUMO

A Baía de Sepetiba é uma laguna costeira separada do oceano por uma ilha barreira, localiza-se a 60 km a oeste da cidade do Rio de Janeiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição espacial da contaminação dos metais Cu, Pb, V, Cr, Cd, Co, Ni e Zn nos sedimentos da Baía. Os resultados das concentrações totais indicam contaminação por Zn, Cd, próximo à Ilha da Madeira com Pb e Cr associados e Cu e Zn na Restinga da Marambaia, com Ni, Pb e Cr associados. Em adição foram feitos diagramas de comparação entre as metodologias de extração total e lixiviação que mostraram variações significativas entre pontos de coleta semelhantes.

Palavras Chaves: Baía de Sepetiba; metais pesados; GIS; sedimentos.

ABSTRACT

Sepetiba bay is a coastal lagoon separated from the ocean by a beach barrier, located 60 km from Rio de Janeiro City. The aim of this study was to constrain the Cu, Pb, V, Cr, Cd, Co, Ni and Zn metals concentrations in the sediments of the bay. The results of total digestion revealed contamination by Zn and Cd associated with Pb and Cr near Madeira Island. Anomalous Cu and Zn concentrations observed in Marambaia mangrove are associated with Ni, Pb and Cr. In addition diagrams to compare the methodologies of total extraction and leaching showed significant variations between similar samples within the bay.

Key words: Sepetiba bay; heavy metals; GIS; sediments

INTRODUÇÃO

Muitos estudos têm-se voltado para a questão da poluição ambiental, seja no âmbito das atividades mineradoras, industriais e até mesmo nas mais diversas atividades antrópicas, capazes de transportar resíduos nocivos para diversos ambientes. As concentrações anômalas de elementos metálicos estão entre os maiores fatores estressantes nos ecossistemas costeiros. Essas substâncias estão sempre presentes nos subprodutos da maioria das atividades antropogênicas e podem atingir os corpos de água costeiros através dos rios e atmosfera, mesmo quando as fontes estão localizadas relativamente distantes da costa. (Lacerda *et al.* 1999). A Baía de Sepetiba vem enfrentando inúmeros problemas relacionados à poluição, causados pelo lançamento de inúmeras substâncias tóxicas nos afluentes que deságuam na baía e também por deposição atmosférica (Pedlowsky 1991; Barcellos & Lacerda 1994). Dentre as principais fontes de poluição destaca-se: (i) uma falida companhia beneficiadora de zinco (entre outras atividades industriais), que abandonou em seu terreno uma enorme quantidade de rejeitos (Ribeiro 2006); (ii) o Porto de Itaguaí, que além do grande tráfego de embarcações promove periodicamente dragagens para manutenção do canal principal, remobilizando metais depositados no sedimento para a coluna d'água (Barbosa & Almeida); (iii) a transposição de parte das águas do

1. Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - e-mail: davidrocha21@yahoo.com.br

2. Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - e-mail: bralcantara@yahoo.com.br

3. Rua São Francisco Xavier, nº 524, 4º andar - bloco A, sala 4006, Maracanã - Rio de Janeiro - RJ, cep 20550 900 - e-mail: geraldês@uerj.br

4. Rua São Francisco Xavier, nº 524, 4º andar - bloco E, sala 4018 - Maracanã - cep 20550-900 - e-mail: silviadiasp@gmail.com

Rio Paraíba do Sul para a bacia de Sepetiba na década de 50 para fornecimento de água para os municípios da baixada fluminense e parte da cidade do Rio de Janeiro, levando a construção do canal de São Francisco que transporta as águas desviadas para a Baía de Sepetiba, aumentando a carga de sólidos para baía (Molisani 2006); (iv) a poluição crescente por esgoto doméstico devido à expansão urbana desordenada causada pela polarização das atividades econômicas para a região norte da baía de Sepetiba. Vários trabalhos têm sido publicados sobre a contaminação por esgotos domésticos na Baía de Sepetiba (Cunha *et al.* 2003); (v) e por fim, mas não menos importante, a contribuição natural da erosão das rochas presentes na bacia hidrográfica do Rio Guandu; (Heilbron & Machado 2003).

(Barcelos & Lacerda 1994) conseguiram quantificar as principais atividades econômicas que contribuem com despejo de metais traços para Baía de Sepetiba. Segundo eles o número total de indústrias chega a 72. Dentre as principais temos uma Termoelétrica, um porto, seis indústrias de fundição de metal, dezenove metalúrgicas e dezesseis indústrias químicas, entre outras. Os sedimentos fazem parte do ciclo hidrológico onde o material particulado é transportado do continente para o oceano. Os sedimentos possuem uma alta capacidade de acumular contaminantes, sendo que em qualquer parte do ciclo hidrológico menos de 0,1% é realmente dissolvido na água e mais de 99,9% é estocado no sedimento (Salomons 1998). Deste modo o conhecimento da composição química do sedimento pode fornecer informações importantes a respeito do ambiente estudado. O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição espacial das concentrações dos metais pesados em amostras de sedimentos coletados na Baía de Sepetiba.

GEOQUÍMICA DOS METAIS PESADOS EM TRABALHOS PRÉVIOS NA BAIÁ DE SEPETIBA

Desde a década de 80, Lacerda *et al.* (1987) realizaram trabalhos com diversas metodologias e objetivos na Baía de Sepetiba. Em 1985, coletaram sedimentos em praias e analisaram pelo método de lixiviação (fraca ligação - biodisponível). Nesta época as maiores concentrações foram encontradas

nas proximidades do saco de Coroa Grande e Ilha de Itacuruçá. Em 1987 foram feitas estimativas de fluxo, distribuição e destino de Cu, Cr, Cd, Zn, Mn e Pb na Baía de Sepetiba. Nesses estudos, a contaminação por metais na baía era equivalente à de áreas historicamente contaminadas da Europa e América do Norte, apesar da origem recente da contaminação da área.

Pestana (1989) através de estudos de partição geoquímica dos metais Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Cd, Cr e suas diferentes fases móveis, analisou os sedimentos do Rio da Guarda e Canal de São Francisco (Baía de Sepetiba) e do Rio do Frade (Baía da Ribeira). Utilizou o método de extração seqüencial e comparou seus resultados relacionando as mobilidades e/ou precipitações dos metais com as propriedades físico-químicas destes ambientes, tais como, pH, Eh, salinidade, concentrações de matéria orgânica e aspectos hidrodinâmicos e sedimentológicos. Seus resultados apontaram para a não contaminação do Rio do Frade, exceto para valores relativamente altos de Pb, atribuídos a fatores litológicos, estruturais e geomorfológicos locais. Em contrapartida, os Rios da Guarda e Canal de São Francisco foram descritos como contaminados, principalmente no primeiro, por concentração intensa de Cd e moderada a forte de Pb e Zn.

As mobilidades potenciais foram maiores nos sistemas mais contaminados (rios e canais que deságuam na Baía de Sepetiba) sendo prevista uma maior quantidade de metais liberados a partir destes sedimentos, superior a 20% da concentração total para cada metal analisado, com exceção do metal Cr.

Amado Filho *et al.* (1999) mostraram variações das concentrações de cádmio e zinco em algas pardas na entrada do saco de Coroa Grande, relacionadas com a entrada de metais na baía por atividades de beneficiamento do zinco durante 1990 e 1997, quando ocorreu o rompimento de um dos diques de uma metalúrgica.

Pellegati (2000) analisou metais pesados e outros elementos (por Ativação Neutrônica) logo após este acidente. Os elementos como cobalto e cromo apresentaram valores de concentração maiores na região norte da Baía de Sepetiba.

De Souza Lima *et al.* (2002) determinaram concentrações de metais pesados nas gônadas, músculos e fígado do pescado da Baía de Sepetiba e Baía da Ilha

Grande, mostrando uma alta concentração dos metais em Sepetiba, enquanto que as concentrações da Baía da Ilha Grande também se mostraram altas.

Rebelo *et al.* (2003) analisaram Zn e Cd em tecido de ostras ao longo de um ano na Baía de Sepetiba. Sugeriram diferenças na distribuição espacial dos contaminantes das ostras, uma perto das maiores fontes de poluição (perto das indústrias e foz dos rios), formada pela Ilha da Madeira, do Gato e Martins e outra na área central da Baía.

Ribeiro (2006) utilizou Extração Sequencial de Metais (SEM) e a participação de Sulfetos Metálicos Ácidos (AVS, Acid Volatile Sulfide) avaliando a disponibilidade e mobilidade de metais em sedimentos da Baía de Sepetiba, tendo proposto um modelo de atenuação de concentração, onde a distância entre isolinhas de concentração em mapa digital indicaria menor ou maior mobilidade dos metais estudados, semelhante à Wasserman e Queiroz (2004). Seus resultados mostraram que na porção NE-E da Baía de Sepetiba os metais Cd e Zn superam os valores de PEL (“Probable Effect Level” – limiar de prováveis efeitos negativos a biota), e que ocorre uma relativa retenção dos metais sob a forma de sulfetos. Na porção Oeste da baía, os valores de Ni, Cd e Zn ficaram entre os valores de TEL (Threshold Effect Concentration – nível limiar dos efeitos) e PEL, sendo o valor de Ni extraível (SEM) alto. Os valores das concentrações de Pb e Cu ficaram abaixo do TEL mostrando que estes não apresentam risco aos organismos.

Marques Jr. *et al.* (2006) determinaram concentrações de Cd e Zn em testemunho no Manguezal de Coroa Grande e verificaram eventos históricos no sedimento nas profundidades entre 40 e 30 cm mostrando um aumento nas concentrações de Zn e Cd respectivamente entre as fases pré-industrial e industrial (entre zero e 30 cm de profundidade).

Ferreira *et al.* (2010) analisaram teores de Cr, Cu, Zn, Ni, Cd e Pb, em águas superficiais, sedimentos e em rins e fígados de aves garça-da-noite, na Baía de Sepetiba. Ao todo foram analisados 21 pontos em 3 estações pelo método ICP-OES. Os resultados mostraram águas superficiais contaminadas por todos os elementos, principalmente Zn, Cd e Cu. Nos sedimentos somente o metal Cd foi avaliado como de risco, porém nas aves os rins estavam com

concentrações de Zn e Cu e ainda Pb > Cd nos fígados, e bioacumulação relativa de Zn>Cu>Pb>Ni>Cd>Cr.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Baía de Sepetiba, localizada a 60 km a oeste da cidade do Rio de Janeiro, nas coordenadas 23°S, 44°W, é uma laguna costeira semi confinada com cerca de 450 km², comunicação com o oceano Atlântico por meio de duas passagens, na parte Oeste, entre os cordões de ilhas que limitam com a ponta da Restinga da Marambaia e na porção Leste, pelo canal que deságua na Barra de Guaratiba. Está situada no mais importante entorno geoeconômico do Brasil e vem sendo considerada uma área potencialmente catalisadora de desenvolvimento despontando como um dos pólos industriais do Rio de Janeiro (Fig.1) As coletas ocorreram ao longo de toda a Baía de Sepetiba, resultando num total de 90 amostras obtidas através de um amostrador tipo Van Veen. Os procedimentos seguidos foram secagem e separação granulométrica (frações menores que 200 mesh) e posterior análise após extração total no Laboratório Canadense Actlabs para determinação das concentrações. Utilizou-se o programa Arcgis® para georreferenciamento dos pontos amostrados como também para elaboração de mapas de isolinhas de concentração dos diversos elementos analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados analíticos para as concentrações dos metais Cu, Pb, Cr, Cd, Co, Ni e Zn em µg.g⁻¹ são mostrados na tabela I. A tabela II apresenta os valores mínimos e máximos e a média, respectivamente, para as concentrações dos elementos (em µg.g⁻¹).

Os mapas de intervalos de concentração para cada elemento permitiram caracterizar áreas com anomalias de concentração total.

O cobre apresentou concentrações maiores em dois pontos próximos à Restinga da Marambaia, com valores de 849 e 1000 µg.g⁻¹. Em algumas áreas as concentrações totais variaram de 100 a 200 µg.g⁻¹, como exemplo no saco da Coroa Grande (161 µg.g⁻¹), em um ponto próximo a região de Sepetiba, e no meio da Baía, entre Sepetiba e a Restinga (Figura 2).

O cobalto apresentou concentrações variando entre $1 \mu\text{g.g}^{-1}$ até $15 \mu\text{g.g}^{-1}$ no seu ponto máximo próximo ao Canal do Guandu. Uma grande área no setor leste da baía apresentou concentrações entre 10 e $12 \mu\text{g.g}^{-1}$ assim como alguns pontos ao norte da restinga, próximo a Ilha Jaguanúm e do Canal do Itá (Figura 3).

O chumbo na maior parte da área distribui-se em concentrações entre 23 a $31 \mu\text{g.g}^{-1}$. Em dois pontos verificaram-se as maiores concentrações, a leste da Ilha da Madeira, próximo à desembocadura do Rio Mazomba ($63 \mu\text{g.g}^{-1}$) e no setor oeste da Restinga de Marambaia ($73 \mu\text{g.g}^{-1}$) (Figura 4).

Para vanádio foram verificadas concentrações entre 80 a $102 \mu\text{g.g}^{-1}$ em quase toda a Baía, as exceções foram pontos a S-SE das ilhas de Martins e Itacuruçá e próximos a restinga, porém estas baixas concentrações (21 a $33 \mu\text{g.g}^{-1}$) são relativamente próximas aos intervalos de altas concentrações ($\geq 70 \mu\text{g.g}^{-1}$) (Figura 5).

O cromo apresentou dois padrões de distribuição: um primeiro com as concentrações variando entre 60 a $80 \mu\text{g.g}^{-1}$, na foz dos rios e alguns quilômetros para o interior da Baía, e próximo a Ilha de Itacuruçá e Porto de

Itaguai. O segundo sistema com concentrações menores que $60 \mu\text{g.g}^{-1}$, porém contendo o ponto máximo de $103 \mu\text{g.g}^{-1}$ próximo à restinga, mesma amostra do máximo de chumbo (Figura 6).

Em relação ao níquel foi obtido um padrão de distribuição semelhante aos metais cromo e chumbo. Em grande parte da área a concentração ficou entre 20 a $25 \mu\text{g.g}^{-1}$ com ligeiro aumento na direção dos Canais do Guandu, Itá e região de Sepetiba com 25 a $30 \mu\text{g.g}^{-1}$. Sua concentração máxima foi de $51 \mu\text{g.g}^{-1}$, na mesma amostra em que foram encontrados os valores de concentração máxima de cromo e chumbo (Figura 7).

Para o cádmio foi observada uma concentração máxima a leste da Ilha da Madeira ($23 \mu\text{g.g}^{-1}$), contudo os resultados analíticos resultaram na indicação de concentrações variando de $4,2$ a $6,2 \mu\text{g.g}^{-1}$ próximas à foz do Canal de São Francisco e do Itá, sugerindo uma divisão em duas zonas de concentrações distintas, uma com valores de concentração menores que $2,2 \mu\text{g.g}^{-1}$ a SO da Baía, e outra com valores de concentração maiores que $2,2 \mu\text{g.g}^{-1}$, localizada nos setores N, NE e E da Baía (Figura 8).

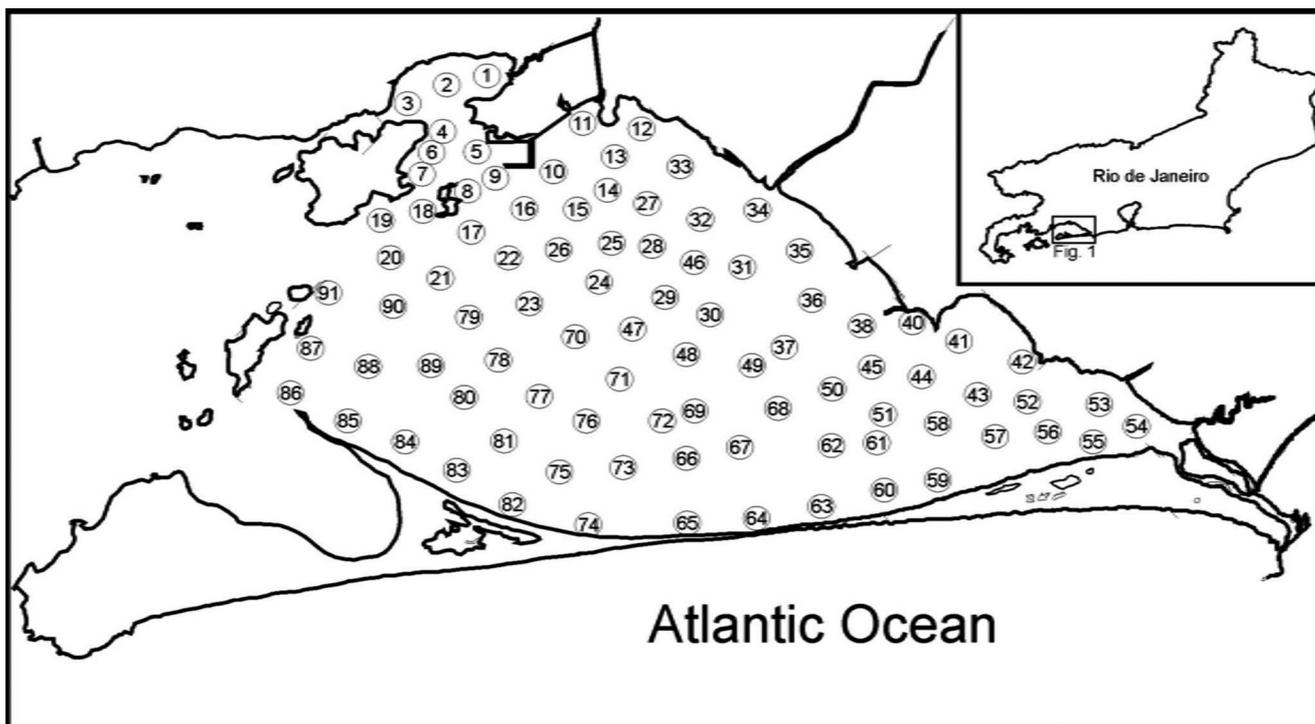


Figura 1 – Localização da Baía de Sepetiba e os sítios amostrados

Tabela I – Dados analíticos para metais em sedimentos da Baía de Sepetiba.

Amostra	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	S
SP02	3,4	5	72	39	29	30	93	946	0,92
SP03	0,7	4	32	161	12	27	24	240	0,24
SP04	2,6	5	59	38	23	21	88	750	0,98
SP05	2,5	3	55	36	22	26	79	724	1,41
SP06	1,7	5	71	40	27	24	89	468	1,35
SP07	1,4	5	76	31	27	24	92	389	1,34
SP08	3	5	62	31	26	25	83	495	1,67
SP09	2,1	6	70	34	28	28	92	574	1,64
SP10	3,3	6	73	34	26	29	95	715	1,95
SP11	23	< 1	82	31	19	63	59	3440	0,8
SP12	7,2	4	32	12	10	29	35	799	0,13
SP13	6,1	6	89	34	27	34	103	877	1,22
SP14	2,5	5	72	40	28	29	103	692	2,02
SP15	3,1	4	46	27	20	22	68	462	1,44
SP16	1,4	6	53	31	28	23	93	439	1,81
SP17	0,3	1	24	138	9	25	25	140	0,27
SP18	1,5	4	59	24	15	19	64	319	0,78
SP19	1,3	4	66	30	24	20	78	249	0,95
SP20	0,3	2	23	4	7	20	12	48	0,2
SP21	1,1	< 1	49	57	12	30	30	179	0,6
SP22	0,5	2	29	6	10	13	34	131	0,43
SP23	0,7	< 1	30	5	10	17	31	144	0,47
SP24	3,1	3	44	15	16	20	52	624	0,97
SP25	2,6	6	57	22	25	23	83	556	1,91
SP26	1,6	3	46	13	18	19	60	302	1,18
SP27	4	6	73	29	29	34	100	783	2,04
SP28	2,3	2	49	13	14	21	50	426	1,03
SP29	5,5	4	65	24	23	30	71	864	1,66
SP30	5,5	5	61	20	21	28	70	893	1,82
SP31	5,8	5	70	26	26	30	84	1090	2,14
SP32	7,8	7	75	25	31	47	105	991	1,33
SP33	2,1	15	81	42	31	30	115	676	1,83
SP34	5,5	11	71	30	26	33	99	831	1,89
SP35	4,6	11	79	44	25	28	101	852	2
SP36	4,5	9	53	26	23	25	88	702	2,04
SP37	3,6	10	64	44	25	26	87	710	1,86
SP38	4,5	9	58	22	24	24	89	725	2,15
SP39	4	10	73	234	27	30	104	950	1,36
SP40	3	10	60	109	25	32	98	853	1,95
SP41	6,5	10	66	25	24	29	96	934	2,04
SP42	4,9	8	63	21	22	23	81	641	1,73
SP43	2,3	10	69	12	22	20	75	226	0,88

Tabela I – Dados analíticos para metais em sedimentos da Baía de Sepetiba.
(continuação)

Amostra	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	S
SP44	5,8	9	49	20	22	24	69	1090	1,63
SP45	7,3	9	67	23	23	22	74	1400	1,8
SP47	2,7	11	66	30	25	26	88	976	1,58
SP48	6,9	9	68	18	22	25	78	964	1,42
SP49	5,4	8	51	20	21	23	72	798	1,6
SP50	1,9	10	63	184	27	20	94	1070	1,86
SP51	2	9	62	79	24	20	83	597	1,54
SP53	2,1	10	63	25	23	22	84	358	1,44
SP54	2	9	64	67	23	24	91	574	1,44
SP56	2	9	63	65	24	23	87	594	1,46
SP57	2,6	10	59	34	25	22	82	823	1,54
SP58	3,5	8	50	113	22	20	71	697	1,38
SP59	0,7	4	51	147	10	16	44	165	1,17
SP60	0,7	4	40	849	12	14	39	452	0,68
SP61	3,5	10	62	21	24	20	75	1100	1,47
SP62	2,4	9	64	74	25	21	83	678	1,68
SP63	0.3	< 1	7	43	1	< 3	3	17	0,02
SP64	0,5	2	27	1160	16	13	31	545	0,59
SP65	0,6	3	28	310	14	11	32	205	0,26
SP66	1,9	11	61	30	26	23	95	560	1,61
SP67	1,5	11	56	21	27	23	94	574	1,4
SP69	2,3	11	65	16	25	26	86	654	1,35
SP70	0,9	10	62	20	25	22	87	423	1,71
SP71	1,7	9	63	38	24	17	83	431	1,63
SP72	2,8	10	61	21	25	21	89	721	1,51
SP73	0,8	11	53	23	26	32	93	412	1,6
SP74	0.3	1	10	7	2	7	16	37	0,05
SP75	2,6	10	55	17	22	21	83	512	1,39
SP76	1,3	11	57	22	27	30	96	436	1,42
SP77	1,9	11	58	107	24	25	87	405	1,35
SP78	0,9	9	69	31	22	18	80	302	1,32
SP80	1,6	10	61	51	22	19	82	276	1,03
SP81	1,9	11	60	39	24	21	95	373	0,99
SP82	0,4	4	103	107	51	78	16	121	0,19
SP83	0,7	2	15	45	6	19	25	82	1,61
SP84	2,2	10	58	23	24	23	92	458	1,33
SP86	0,6	5	38	47	15	14	56	153	0,62
SP87	0,7	10	68	45	20	22	71	222	0,7
SP88	0,5	8	59	14	19	23	63	152	0,51
SP89	2,9	10	55	34	21	27	86	641	1,01
SP90	0,6	8	71	56	14	18	74	145	0,45
SP91	0,5	7	53	44	17	17	66	156	0,5

Concentração	Cu	Pb	V	Cr	Cd	Co	Ni	Zn
Mínimo	4	3	3	7	0.3	1	1	17
Máximo	1.160	78	115	103	23	15	51	3.440
Média	68.7	24.4	73.3	57.4	2.8	6.86	21.5	583.9

Tabela II – Valores mínimos, máximos e a média, das concentrações totais dos metais nos sedimentos superficiais da Baía de Sepetiba ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).

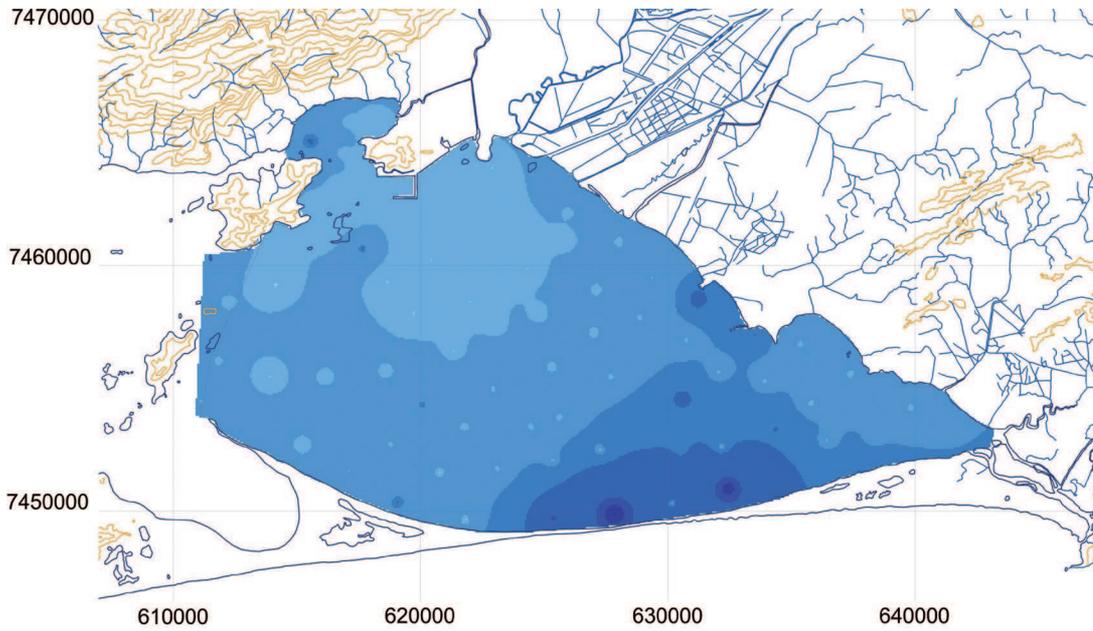


Figura 2 – Mapa georreferenciado das concentrações totais de cobre em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ nos sedimentos superficiais da Baía de Sepetiba.

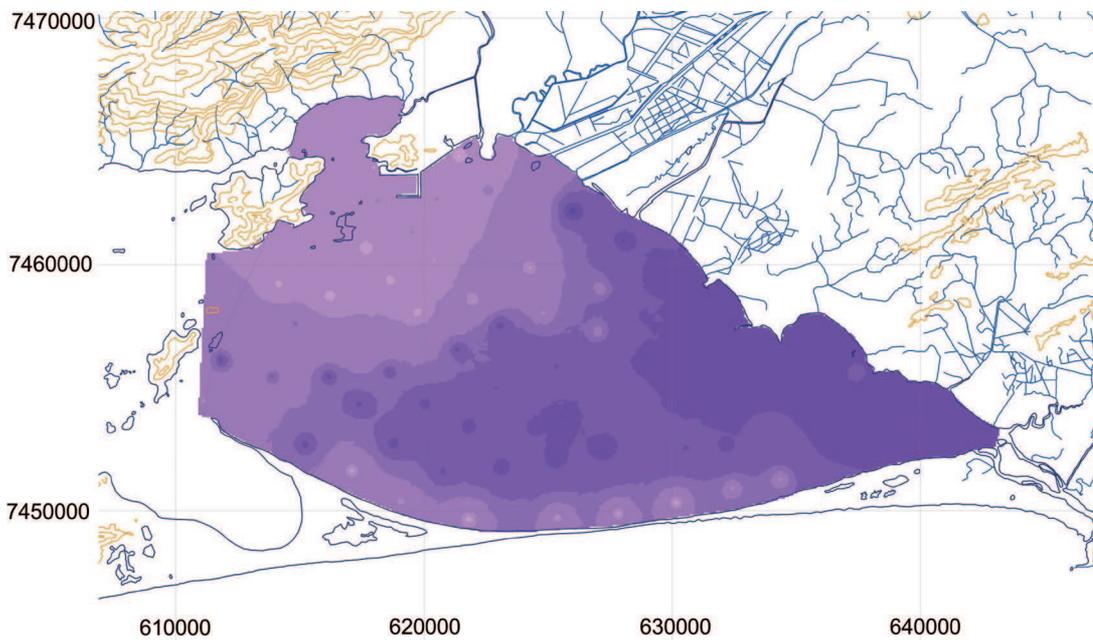
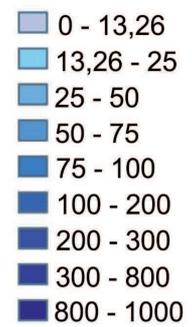
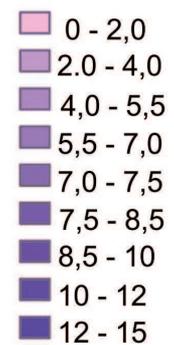


Figura 3 – Mapa georreferenciado das concentrações totais de cobalto em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ na Baía de Sepetiba.



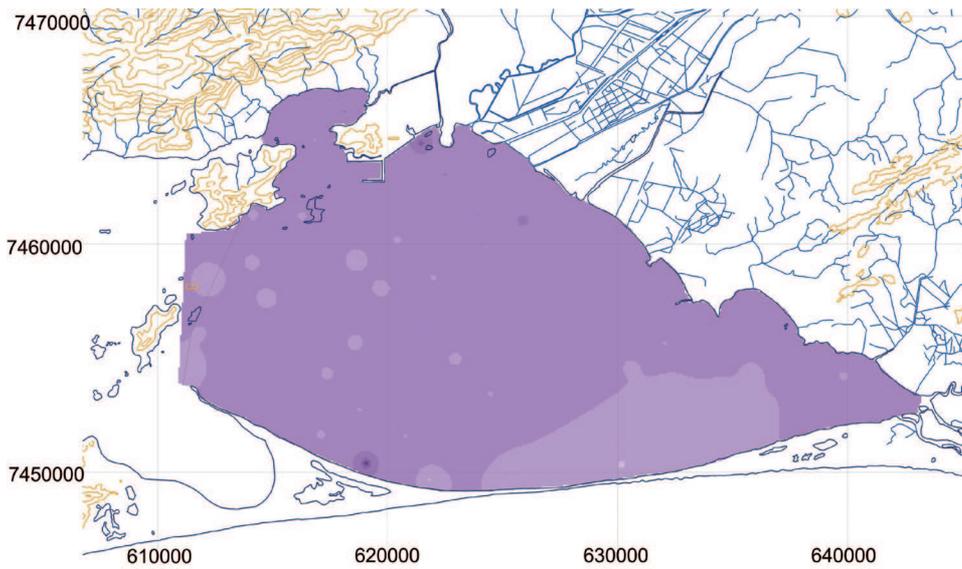


Figura 4 – Mapa georreferenciado das concentrações totais de chumbo em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ nos sedimentos superficiais da Baía de Sepetiba.

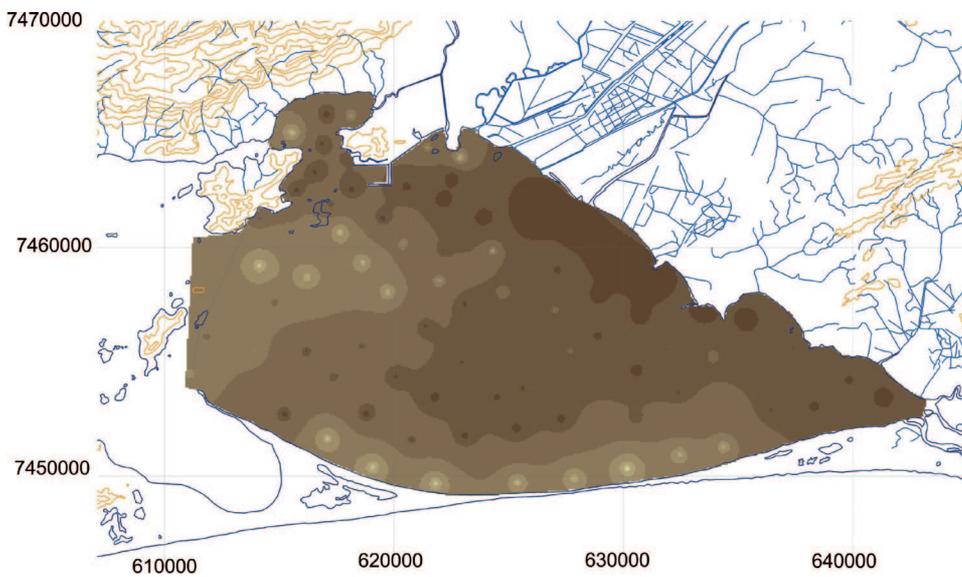
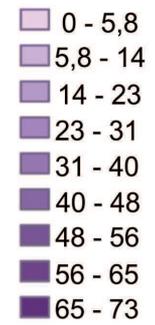


Figura 5 – Mapa georreferenciado das concentrações totais de vanádio em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ nos sedimentos superficiais da Baía de Sepetiba.

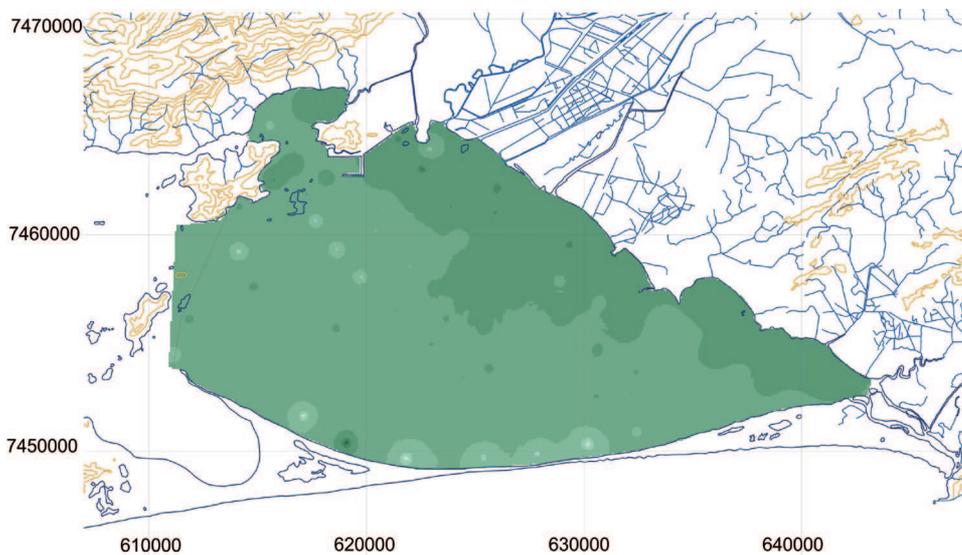
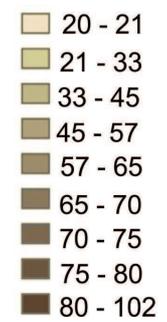
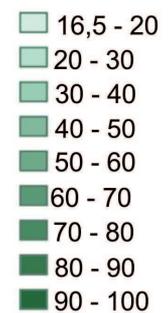


Figura 6 – Mapa georreferenciado das concentrações totais de cromo em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ nos sedimentos superficiais da Baía de Sepetiba.



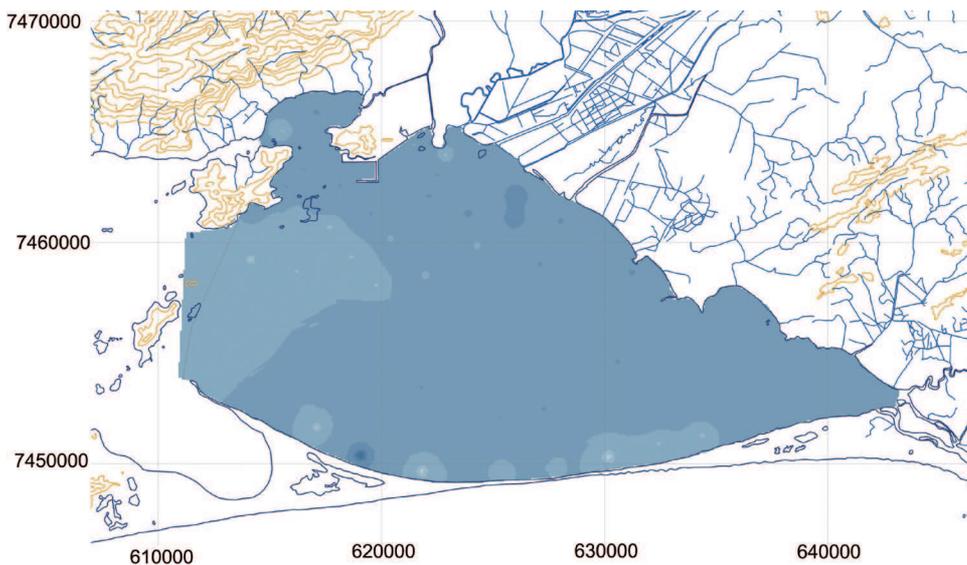


Figura 7– Mapa georreferenciado das concentrações totais de níquel em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ nos sedimentos superficiais da Baía de Sepetiba.

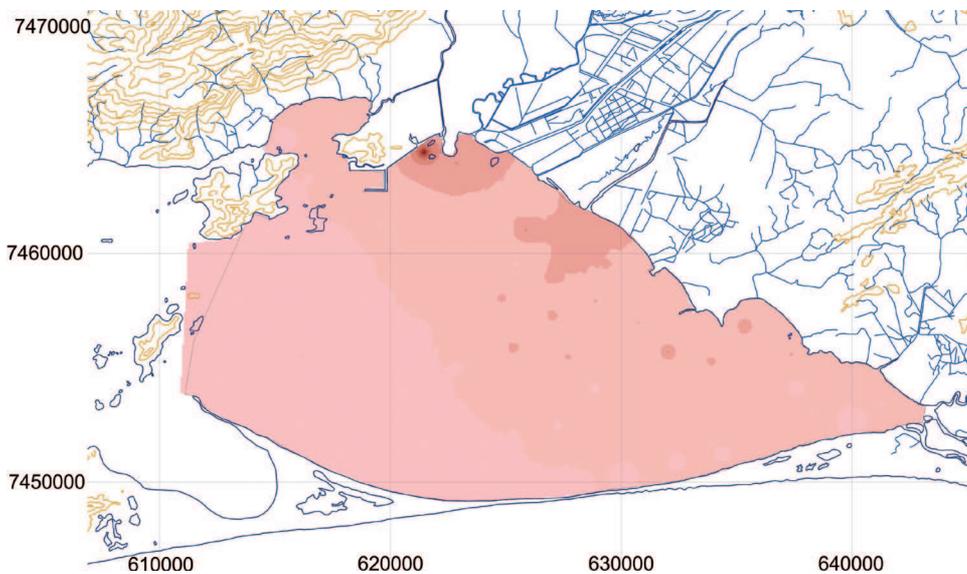


Figura 8 – Mapa georreferenciado das concentrações totais de cádmio em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ nos sedimentos superficiais da Baía de Sepetiba.

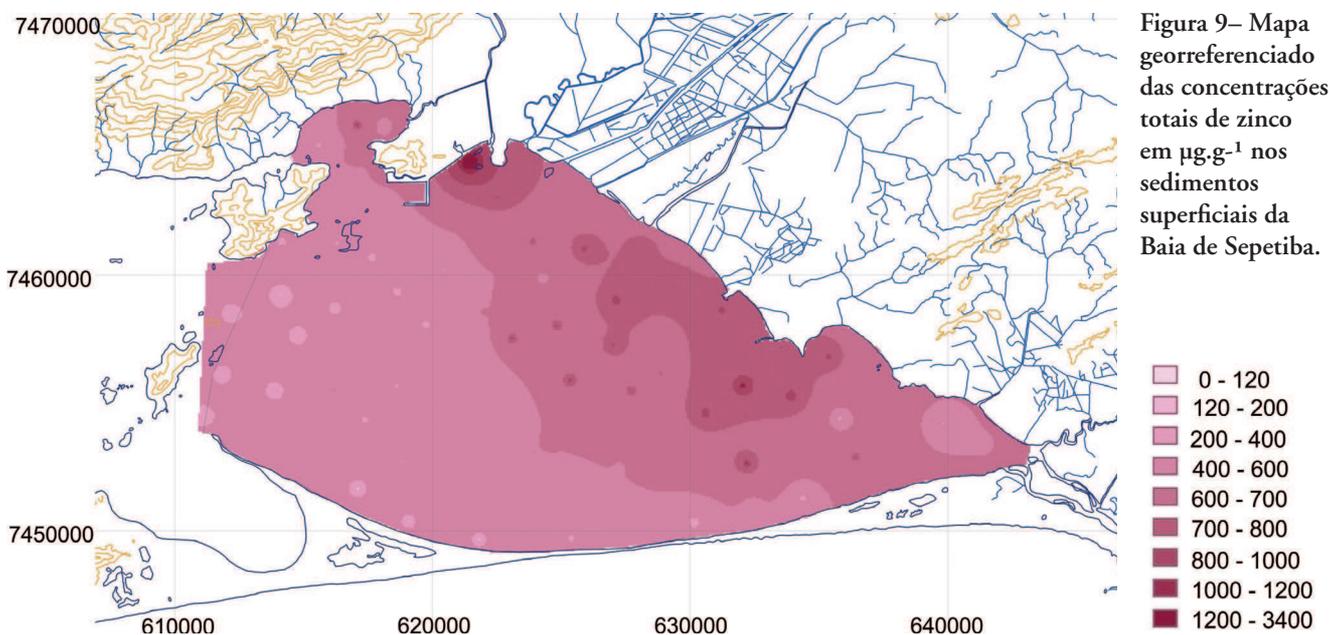
O metal zinco é o de maior concentração dentre todos os outros metais. Sua distribuição é semelhante a do cádmio. A concentração máxima situa-se a leste da Ilha da Madeira com $3440 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. O mapa apresenta concentrações totais variando de 700 a $800 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ próximas a foz do Rio da Guarda e da Região de Sepetiba. Ocorreram outras concentrações pontuais de 800 até $1200 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ no interior da Baía e na sua porção leste. A concentração mínima de zinco foi de $17 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ em uma amostra (SP63) na parte leste da Restinga da Marambaia, porém os resultados indicam que toda a Baía está contaminada (Figura 9).

DISCUSSÃO: COMPARAÇÃO ENTRE RESULTADOS DOS MÉTODOS ANALÍTICOS

Os resultados analíticos de concentração de metais por extração totais aqui apresentados permitem a sugestão de conclusões e comparações com estudos similares na Baía de Sepetiba. Neste sentido, os metais pesados que apresentaram maiores concentrações nos sedimentos de fundo da Baía de Sepetiba foram Cd, Cu e Zn. Os valores de concentração total dos metais obtidos por Lacerda *et al.* (1985, 1987) nas praias e rios da Baía de Sepetiba foram menores que os resultados deste

trabalho, com exceção do chumbo, que foi reportado em aproximadamente duas a cinco vezes mais concentrado no período passado (200 a 500 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Os valores de concentração de metais obtidos por Pellegati (2000) na Baía de Sepetiba, com o método de ativação neutrônica

em testemunhos, são similares para Co, Cr e mais baixas para zinco, em comparação com este estudo. Nas suas amostras de sedimentos de fundo obtiveram máximos de Cr e Co pouco superiores, e máximo de Zn mais baixo, entretanto ultrapassando por vezes 1000 e 2000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.



De Souza Lima *et al.* (2002) obtiveram bioacumulação entre 4 espécies de peixe, destacando Zn e Cr como mais poluentes e ainda Cd, Cu, Pb e Fe acumulados nos seus pulmões. Rebelo *et al.* (2003) obteve concentrações altíssimas de Zn (30.000 a 80.000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e concentrações superiores de Cd (25 a 30 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em ostras da Baía de Sepetiba, em relação aos valores disponíveis encontrados nos sedimentos, comprovando a forte contaminação. Ribeiro (2006) obtiveram resultados na Baía de Sepetiba, mais baixos de concentrações totais para todos os metais em comum com este estudo, mas indicando concentrações de Zn entre 1000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ a 2000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Os resultados destes estudos são similares com os apresentados por Ferreira *et al.*, (2010), que entre 2008 e 2009 obtiveram concentrações semelhantes de Cd nos sedimentos, incluindo ainda uma amostra que alcançou o dobro da concentração máxima de Cd em comparação com este trabalho. Contudo, as concentrações dos outros metais se apresentaram baixas nos sedimentos, ao contrário deste trabalho.

Foram montados diagramas para comparação entre duas metodologias utilizadas em trabalhos na mesma região. Para este trabalho foi utilizada a metodologia de dissolução completa e em Rocha *et al.* (in press) a metodologia empregada foi o método de lixiviação.

Para o cobre (Figura 10 A), os diagramas evidenciaram maiores variações nas amostras SP 11, SP 12, SP 13, e SP 20. Os valores de concentração para a amostra SP11 variam de 1,18 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para a técnica de lixiviação e 31 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para a dissolução completa. Da mesma forma, para a amostra SP20 estes valores variaram de 0,0015 e 4,0 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente. A porcentagem entre os valores de concentração de metais disponíveis e de concentração total varia de 0,37 a 3,8 %. Para o chumbo, houve variações nas amostras SP 07, SP 12 e SP 20. Na amostra SP12 a concentração de chumbo (Figura 10 B) apresenta valores de 3,611 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para a técnica de lixiviação e 29 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para a dissolução completa. Os valores para a amostra SP07 foram de 0,334 e 24 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (lixiviação e digestão total). A porcentagem

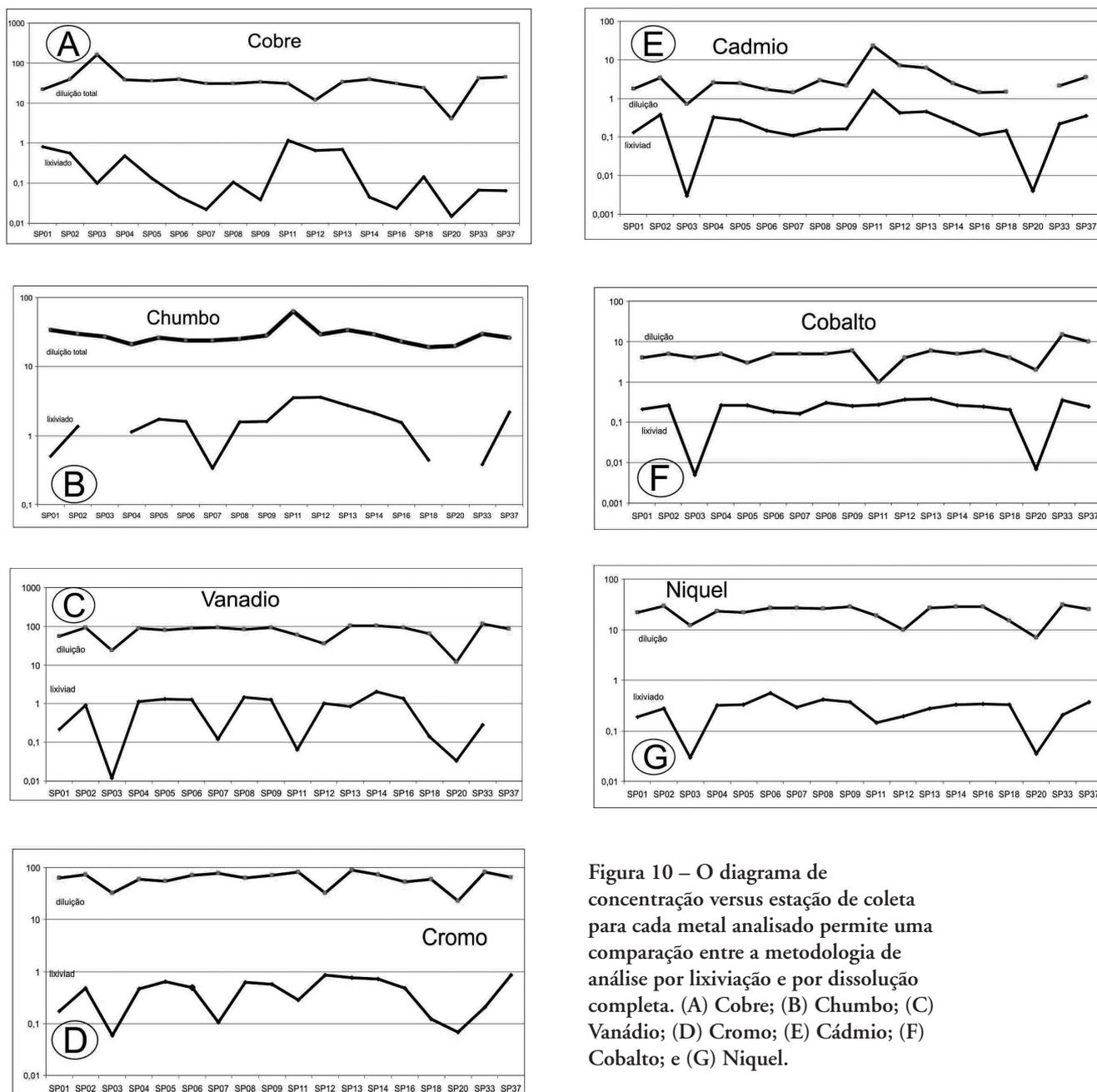


Figura 10 – O diagrama de concentração versus estação de coleta para cada metal analisado permite uma comparação entre a metodologia de análise por lixiviação e por dissolução completa. (A) Cobre; (B) Chumbo; (C) Vanádio; (D) Cromo; (E) Cádmiio; (F) Cobalto; e (G) Niquel.

entre os valores de concentração de metais disponíveis e de concentração total varia de 1,4 a 12,4 %. Para o vanádio (Figura 10 C) três amostras evidenciam picos, o caso das amostra SP 03, SP 14 e SP 20. Os valores de concentração para a amostra SP14 foram de 2,06 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para a técnica de lixiviação e 103 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para a dissolução completa. Da mesma forma, para a amostra SP03 estes valores foram de 0,012 e 24 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. A porcentagem entre os valores de concentração de metais disponíveis e de concentração total varia de 0,05 a 2,0 %. No caso do

cromo (Figura 10 D), as amostras SP 03, SP 20 e SP 37 indicam novamente variações entre os métodos. Os valores de concentração para a amostra SP37 variam de 0,851 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para a técnica de lixiviação e 64 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para a dissolução completa. Para a amostra SP03 estes valores foram de 0,059 e 32 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. A porcentagem entre os valores de concentração de metais disponíveis e de concentração total varia de 0,18 a 1,3 %. Variações mais expressivas foram observadas para cádmio (Figura 10 E), evidenciando picos nas amostras SP 03, SP 11 e SP

20, com os valores de concentração para a amostra SP11 sendo de 1,18 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para a técnica de lixiviação e de 31 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para a dissolução completa. A amostra SP03 apresentou valores de 0,003 a 0,7 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

A porcentagem entre os valores de concentração de metais disponíveis e de concentração total varia de 0,43 a 6,8 %. Para o cobalto (Figura 10 F) seguem os mesmo pontos de amostragem, SP 03, SP 11 e SP 20. Para a amostra SP03 estes valores foram de 0,005 e 4,0 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, de forma que a porcentagem entre os valores de concentração de metais disponíveis e de concentração total varia de 0,12 a 6,3 %. Finalmente, para o níquel (Figura 10 G), as amostras SP 03, SP 06 e SP 20 mostraram variações quando plotadas nos diagramas. Os valores de concentração para a amostra SP06 foram de 0,555 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para a técnica de lixiviação e 27 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para a dissolução completa. Da mesma forma, para a amostra SP03 estes valores variaram de 0,03 e 12 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. A porcentagem entre os valores de concentração de metais disponíveis e de concentração total tiveram uma pequena variação, entre 0,25 a 2,0 %.

CONCLUSÃO

Pode-se afirmar pelos resultados obtidos através dos métodos de digestão total, que os sedimentos superficiais da Baía evidenciam altas concentrações por Cd, Zn e Cu, e que estes metais representam risco a toda comunidade biótica da região, apresentando concentrações de possíveis e prováveis efeitos de risco, como sugerido por outros estudos sobre disponibilidade de metais nos sedimentos e biota (Ferreira *et al.* 2010). Para Cd e Zn a área mais afetada está localizada a leste da Ilha da Madeira onde apresentaram concentrações máximas. Alguns valores anômalos intermediários foram observados na foz do Canal do Itá e entre a região de Sepetiba e a Restinga da Marambaia. As fontes para estes metais são uma pilha de rejeitos abandonada a céu aberto na Ilha da Madeira, e os resíduos transportados pelos canais e rios. (Lacerda *et al.* 2002) Em relação ao cobre, a área de maior contaminação foi localizada próximo à Restinga da Marambaia, na sua parte central e leste, devido a dois pontos de alta concentração. Para Ni, a área de maior concentração foi pontual, na parte centro-oeste da Restinga de Marambaia. Neste ponto

também se verificou a concentração máxima de Pb e Cr, e pela observação dos mapas de concentração, revelou-se afinidade na distribuição destes metais. Algumas anomalias pontuais intermediárias foram detectadas entre o Canal do Guandu e Cana do Itá, com aproximadamente, distância de 2 km da costa. Pb e Cr também apresentaram anomalias na mesma região impactada por Cd e Zn, a leste da Ilha da Madeira.

Em relação ao vanádio, os valores obtidos não indicam contaminação, visto que seu máximo na Baía de Sepetiba foi de 103 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, enquanto é comum que rochas e solos apresentem concentração de 10 a 150 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Smith & Huyck 1999). Em relação ao cobalto, as concentrações totais variaram de 1 a 15 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ nos sedimentos. Não há indícios de contaminação nociva por cobalto na região. Os mapas de concentração total revelaram as afinidades químicas e de semelhante distribuição superficial entre três grupos de metais: Cd + Zn; Pb + Cr + Ni; e V + Co, com anomalias positivas de Pb e Cr, na área a leste da Ilha da Madeira, mais afetada junto ao primeiro grupo (Cd + Zn); e Zn + Pb, Ni e Cr em um ponto próximo a Restinga. Por fim a utilização dos diagramas de extração total *versus* lixiviação permitiu uma melhor análise entre os dois métodos mais utilizados em estudos ambientais, mostrando pontos com maiores variações entre as duas metodologias empregadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADO FILHO, G.M., ANDRADE, L.R., KAREZ, C.S., FARINA, M., PFEIFFER, W.C. 1999. Brown algae species as biomonitors of Zn and Cd at Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Environmental Research*, [S.l.], v.48 issue 3: 213-224.
- BARBOSA, M.C.; & ALMEIDA, M. de S.S. 2001. Dredging and disposal of fine sediments in the state do Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Hazardous Materials* 85: 15-38
- BARCELLOS C., LACERDA L.D. 1994. Cadmium and zinc source assessment in the Sepetiba Bay and Basin. *Environ. Monitor Assess.* 29:183-199
- CUNHA, C. de L. da N., ROSMAN, P.C.C., FERREIRA, A.P., MONTEIRO, T.C. do N. 2006. Hydrodynamics and water quality models applied

- to Sepetiba Bay. *Continental Shelf Research* 26: 1940-1953
- ROCHA, D.S., CUNHA, B.C.A., GERALDES, M.C., PEREIRA, S.D., ALMEIDA, A.C.M. Metais pesados em sedimentos da baía de Sepetiba, RJ: implicações sobre fontes e dinâmica da distribuição pelas correntes de maré. *Geochimica Brasiliensis* In Print
- DE SOUZA LIMA, R.G., ARAÚJO, F.G., MAIA, M. F., PINTO, A.S.S.B. 2002. Evaluation of Heavy Metals in Fish of the Sepetiba and Ilha Grande Bays, Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Research Section A* 89, 171-179.
- FERREIRA, A.P., HORTA, M.A.P., CUNHA, C.L.N. 2010. Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax* (Garça-da-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 10 (2): 229-241.
- HEILBRON M., MACHADO N. 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic–Eopaleozoic Ribeira orogen (se Brazil) *Precambrian Research* 125: 87–112
- LACERDA L.D., MARINS R.V., BARCELLOS C. 2002. Anthropogenic fluxes of sediments and trace metals of environmental significance to Sepetiba Bay, SE Brazil. In: Lacerda LD, Kremer H, Kjerfve B, Salomons W, Marshall Crossland JI, Crossland JC (eds) South American basins: LOICZ global change assessment and synthesis of river catchment – coastal sea interaction and human dimensions. LOICZ Reports and Studies no 21. LOICZ, Texel, pp 212.
- LACERDA, L.D.; PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M. 1985. Intertidal beach sands as monitors for heavy metal pollution in coastal water bodies. *Environmental Technology Letters*, v. 6: 123-128.
- LACERDA, L. D., PFEIFFER, W. C., & FIZMAN, M. 1987. Heavy metal distribution, availability and fate in Sepetiba Bay, SE Brazil. *Sci. Total Environ.* 65 163-173.
- MARQUES JR., A.N., MONNA, F., SILVA FILHO, E.V., FERNEX, F.E., SIMÕES FILHO, F.F.L. 2006. Apparent discrepancy in contamination history of a sub-tropical estuary evaluated through ²¹⁰Pb profile and chronostratigraphical markers. *Marine Pollution Bulletin*, 52: 532-539
- MOLISANI, M.M., MACHADO, KJERFVE B., SILVA A.P., LACERDA L.D. 2006 Water discharge and sediment load to Sepetiba Bay from an anthropogenically-altered drainage basin, SE Brazil. *Journal of Hydrology* 331, 425– 433
- PELLEGATI, F. 2000. Determinação de metais pesados e outros elementos em sedimentos da Baía de Sepetiba (RJ) por ativação neutrônica. Dissertação de Mestrado - Instituto de Pesquisas energéticas e nucleares - Universidade de São Paulo, São Paulo - SP.
- PESTANA, M. H. D. 1989. Partição geoquímica de metais pesados em sedimentos estuarinos nas Baías de Sepetiba e da Ribeira. Tese de Doutorado - Universidade Federal Fluminense, Niterói - RJ.
- REBELO, M.F., AMARAL, M.C.R., PFEIFFER, W.C. 2003. High Zn and Cd accumulation in the oyster *Crassostrea rhizophorae*, and its relevance as a sentinel species. *Marine Pollution Bulletin* 46: 1341-1358.
- RIBEIRO, A. P. 2006. Procedimento de fracionamento comparado à modelo de atenuação para a avaliação de metais pesados em sedimentos da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, São Paulo - SP.
- PEDLOWISK, M.A.; LACERDA, L.D.; OVALLE, A.R.C.; WATTS, P.P.; SILVA FILHO, E.V. 1991. Atmospheric inputs of Zn, Fe and Mn into Sepetiba Bay, Rio de Janeiro. *Ciência e Cultura* 43(5), 380-382
- SALOMONS, W. 1998. Biogeochemistry of contaminated sediments and soils: perspectives for future research. *Journal of Geochemical Exploration* 62: 37-40
- SMITH, K. S. & HUYCK, H. L. O. 1999. An overview of the abundance, relative mobility, bioavailability, and human toxicity of metals. The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits, Part A: *Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology*, vol. 6A: 29-70.
- WASSERMAN, J. C., QUEIROZ, E. L. 2004. The attenuation of concentrations model: A new method for assessing mercury mobility in sediments. *Química Nova*, v. 27, n. 1: 17-21.





CAPÍTULO IX

ARMAÇÃO DE BALEIA NA MARAMBAIA: UMA ABORDAGEM DA ARQUEOLOGIA HISTÓRICA





ARMAÇÃO DE BALEIA NA MARAMBAIA: UMA ABORDAGEM DA ARQUEOLOGIA HISTÓRICA

RESUMO

Este texto apresenta os resultados das pesquisas arqueológicas desenvolvidas na Ilha da Marambaia (Rio de Janeiro, Brasil), essenciais para que se pudesse identificar algumas das estruturas relacionadas à minha caça da baleia no século XVIII, registrada em fontes documentais e cartográficas.

Palavras chave: Arqueologia histórica; Armação de Baleia; Cultura Material.

ABSTRAT

This paper presents the results of some archaeological surveys developed in Ilha da Marambaia (Rio de Janeiro, Brazil), essential to identify some of the structures related to a whaling fleet from the eighteenth century registered in documental and cartographic sources.

Key words: Historical archeology; Armação de Baleia; Material Culture.

INTRODUÇÃO

As pesquisas iniciadas em 2000 na Ilha de Marambaia, no município do Rio de Janeiro (Kneip & Oliveira, 2005) e as intervenções arqueológicas na área de Piraquara, Angra dos Reis (Funari & Oliveira, 2005) resultaram na identificação de sítios arqueológicos,

contribuindo para uma melhor compreensão do contexto colonial no sul fluminense.

Com a consolidação da ocupação da Baía de Guanabara, sesmarias foram doadas em seu entorno, nas proximidades de Cabo Frio e na região de Guaratiba-Setpetiba (Figura 1). Neste início da colonização, o número de portugueses na cidade do Rio de Janeiro e seus arredores não eram suficientes para a defesa; esta só era garantida pelos milhares de indígenas, livres e cativos, que se encontravam nas diversas propriedades e nos aldeamentos implantados próximo à cidade.

A presença constante de corsários nas bandas de Cabo Frio e na Baía de Ilha Grande, já que ambas as regiões ofereciam ancoradouros ocultos aos olhos dos portugueses, exigia estratégias de ocupação por parte destes. A importância estratégica das aldeias assentadas pelos colonizadores aparece na Consulta feita ao Conselho Ultramarino, que em resposta à carta de Duarte Correa Vasqueanes, em 24/07/1647, indica “*que a Aldeia de São Francisco Xavier a possam mudar para a Marambaia, ou Mangaratiba, que também são três léguas do sítio donde esta mais na mesma paragem, de defesa das barras de Marambaia, e Carusu, que é para o que se fundou naquela paragem por ordem dos Reis antecessores de V.Mag^{de}”* (Cortesão 1961: 482-486).

A partir do final do século XVII, a baía de Ilha Grande apresenta um aumento no número de navios piratas devido ao ouro que descia das Minas Gerais até Paraty, de onde seguia para a cidade do Rio de Janeiro. De acordo com a correspondência de Luiz

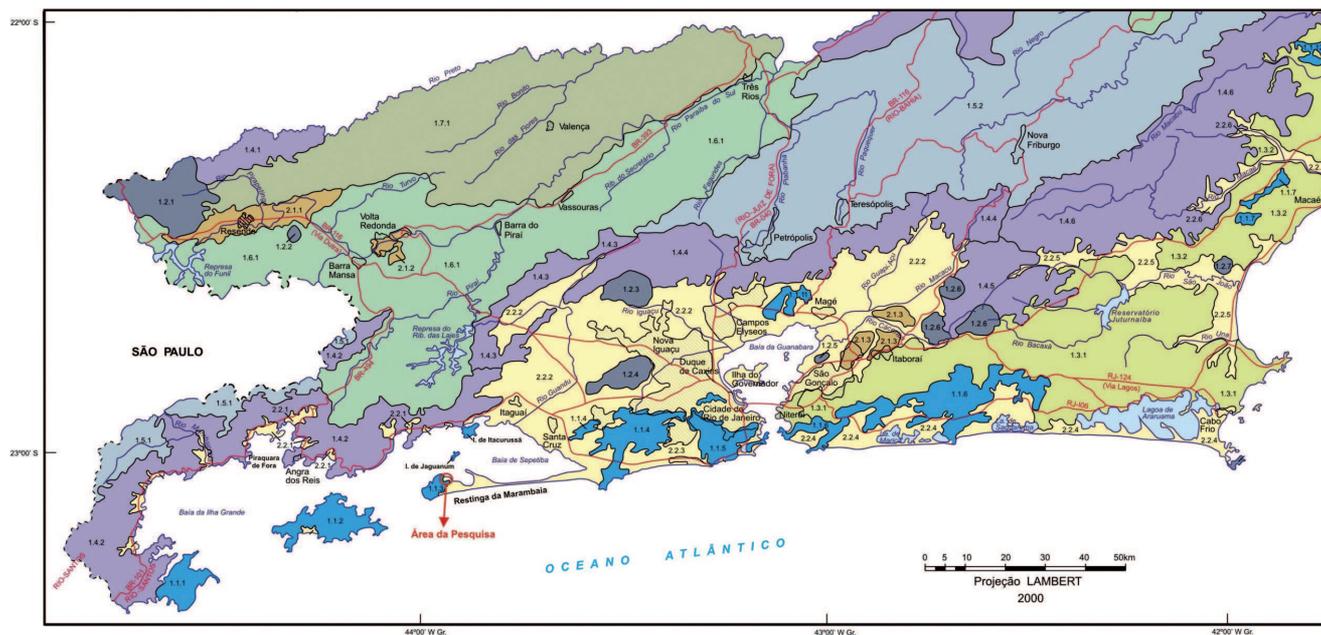


Figura 1 – Mapa de Localização da Área de Pesquisa

Vahia Monteiro (1726), no litoral sul fluminense foram instaladas várias peças de artilharia de pequeno calibre em diversas enseadas e locais propícios ao desembarque de navios estrangeiros. Em meados do século XVIII, o perigo castelhano no sul do Brasil colocou novamente em alerta a cidade do Rio de Janeiro e, as estruturas defensivas e vigias tornam-se fundamentais; ao mesmo tempo, verifica-se o aumento de doação de sesmarias de forma a impedir a permanência de franceses e outros corsários, principalmente na Ilha Grande. De acordo com documentos das Câmaras de Paraty e Angra dos Reis (Rameck & Mello 2004), no início do século XIX as fortificações e vigias instaladas no século anterior encontravam-se abandonadas, já que novas medidas haviam sido tomadas em relação à defesa da baía de Ilha Grande, reestruturando as defesas existentes, bem como a construção de novas baterias e fortes.

Entre as estratégias de ocupação colonial, em conjunto com a implantação de estruturas defensivas, encontramos a instalação de empreendimentos baleeiros. De acordo com Ellis (1968), as armações de baleia sempre se estabeleciam em entradas de baías e enseadas de fácil acesso, associadas a fortificações. Denominações na toponímia como “Fazenda da Armação”, “Praia da Armação”, “Arpoador” e “ponta de Arpuar”, indicaria ter existido empreendimento baleeiro na Baía de Ilha Grande.

As pesquisas na enseada de Piraquara, Angra dos Reis, constataram a existência de estruturas arqueológicas em pedras sob a forma de muretas, alicerces e outras; ao nível do mar e em diferentes curvas de nível no morro, em pontos com maior visibilidade. Estas corresponderiam a baterias e vigias, que embora não garantissem a destruição do inimigo estrangeiro, tinha por objetivo dificultar o desembarque e causar “embarços” que permitissem a Vila de Angra dos Reis o tempo necessário para a organização de sua defesa (Funari & Oliveira 2005). Informações obtidas através das cartas de sesmarias, tanto na Piraquara (1797 e 1804) como em suas proximidades, mencionam termos como “ponta de arpuar” e “arpoador”, indicativos da pesca da baleia na região. Cabe ressaltar que tais termos aparecem na toponímia da Ilha Grande, de Mangaratiba e na Ilha da Marambaia.

ASPECTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

Nos estudos de Arqueologia Histórica é cada vez mais destacável a importância do caráter discursivo tanto dos vestígios materiais como documentais (Funari *et al.* 1999; Funari & Zarankin 2004), sendo estes objetos de

estudos inseparáveis (Olivera 2002, 2004). A relação entre contexto arqueológico e cultural material, com contextos históricos e informações documentais permite interpretações não só de uma realidade local, mas sua inserção em nível regional, nacional e internacional (Orser 2004).

Os estudos arqueológicos que estão sendo realizados no Sul fluminense têm adotado uma série de atitudes portadoras de significação teórica, em consonância com a abordagem contextual, ou seja, o estudo das fontes materiais, textuais e orais, bem como a apresentação das interpretações como leituras (Funari *et al.* 2005).

A estratégia adotada para a localização de vestígios arqueológicos consistiu na realização de levantamento sistemático de superfície e sondagens para a observação de sub-superfícies em áreas selecionadas. Os estudos vêm buscando identificar os padrões construtivos inseridos na paisagem litorânea, analisando a distribuição das atividades humanas e contextos materiais. Os critérios utilizados correspondem à visibilidade na superfície dos terrenos, localização das estruturas como conjuntos inteligíveis: a matéria-prima, a forma, a disposição no terreno e a relação de cada uma com as demais.

Assim, o estudo se baseou em uma interpretação “macro” no que diz respeito à Ilha da Marambaia no ponto de vista espacial e cronológico, já que foi realizado um amplo levantamento de sítios arqueológicos de forma a abordar a ilha como um todo. As pesquisas foram de análises documentais a cartográficas, passando por técnicas de levantamento, por caminhamento e prospecções. Cabe ressaltar que o conhecimento arqueológico sobre a região influenciou nas ações interventivas na própria ilha.

Para as interpretações arqueológicas, buscou-se observar os elementos materiais construtivos das estruturas, sua espacialidade, alterações temporais e, à nível macro, a integração com áreas fortificadas, que permitia um trabalho conjunto e manutenção de comunicação. As análises de estruturas relacionadas a atividades baleeiras devem perceber as armações não somente como espaços de produção de óleo de baleia, mas como espaço social marcado por uma sazonalidade nas atividades e integrado aos subsistemas defensivos do litoral sul fluminense.

RESULTADOS

A Praia da Armação da Marambaia

A presença de cetáceos na costa brasileira é registrada por diversos cronistas no século XVI que, entrando por baías e enseadas, permaneciam por meses. Isto despertou o interesse da Coroa Portuguesa que, no século XVII, autorizou a instalação do primeiro empreendimento baleeiro na Ilha de Itaparica, Bahia. No século seguinte a atividade baleeira se intensificou por todo o litoral, com armações no litoral fluminense, paulista, catarinense e rio-grandense (Ellis. 1968).

As armações no litoral brasileiro foram empreendimentos coloniais dedicados à pesca da baleia e ao beneficiamento das partes deste cetáceo. A denominação “armação” decorre tanto da instalação de unidades produtivas como da própria pesca da baleia com pequenas embarcações armadas para o confronto com o grande cetáceo. Algumas armações, principalmente as instaladas na segunda metade do século XVIII, apresentavam um complexo conjunto de edificações, enquanto outras devem ter tido instalações menos complexas - unidades menores que contribuía para a produção colonial local e regional. Como ressalta Duran (2008), entretanto, ainda são confusos e falhos os registros históricos para identificação das armações que existiram no Brasil colonial, bem como poucas as informações de fundação e encerramentos das atividades.

A caça da baleia se concentrava de três a quatro meses; no restante do ano os escravos e trabalhadores livres dedicavam-se à agricultura de subsistência, ao engenho e à manutenção das edificações existentes. Em geral, as construções em uma armação eram diversas, iniciando-se por um paredão de pedra seca e trapiche junto ao mar, onde se colocavam os cabrestantes e guindastes. O engenho de azeite construído de pedra e cal e coberto de telhas, sobre pilares e esteios de madeira, poderiam ter paredes internas de pedra ou barro, ou ainda não as possuir; os tanques para armazenamento do óleo, escavados no solo e revestidos de pedra e cal ou ladrilhos, podiam estar em uma edificação específica para tal fim, ou estarem localizados por baixo de uma “*casa de vivenda*” como em Bertioga, ou ainda, situar-se em outras localidades (Ellis, 1968:65). Outras edificações correspondiam a armazéns e depósitos, locais para o preparo da farinha de mandioca, engenhos

de cana-de-açúcar, casa de olaria, capela, casa-grande, residências diversas, senzalas. A cultura material empregada para as atividades da pesca da baleia envolvia facas de cortar baleia, ganchos e outras peças de ferro, grelhas e caldeiras de ferro, vasilhames de cobre, entre outros. As pessoas envolvidas nas atividades de uma armação consistiam em escravos para atividades diversas, possuindo roças de subsistência: trabalhadores livres como os administradores, mestres peritos, homens de ofício, médicos, agricultores, pescadores locais (baleiros), feitores, entre outros.

Como já mencionado, a implantação das armações de baleia aparece associada aos sistemas defensivos no litoral brasileiro. Inseridas em modelos de sistemas defensivos integrados, contribuía na manutenção de comunicação, na legitimação da ocupação do território, do comércio e defesa. Entre as informações sobre empreendimentos baleeiros no Rio de Janeiro, as informações mais frágeis se referem ao litoral sul fluminense, embora se possa observar a frequência na toponímia de termos relativos a tal prática econômica. Tendo por base a relação armação - sistema defensivo, a média de ação dos baleeiros era de 18 a 24 Km da costa (Ellis, 1968:115); a ocorrência de termos desta atividade na toponímia indica que tais atividades foram intensas no subsistema da Baía de Sepetiba e alcançavam as proximidades de Angra dos Reis.

Os elementos da toponímia da Ilha da Marambaia como ponta do arpoador, praia da armação e fazenda da armação, indicam que este empreendimento teve uma sede no local, confirmado por documento datado de 5 de julho de 1717, de Paulo Luiz da Gama sobre a pesca da baleia em sua Armação da Marambaya (Arquivo Nacional – Fundo Governadores do Rio de Janeiro. cód. 77 . V. 24).

A Ilha da Marambaia, até 1723, encontrava-se ocupada por indígenas pertencentes ao aldeamento de São Francisco Xavier. Entre 1724 e 1725, os índios foram transferidos para Itaguaí, pois o sesmeiro reclamara as terras (Silva, 1854:369-371; Leite, 1938 (VI): 117). Entretanto, como podemos observar na “*Carte de l’Isle-Grande et coste de Bresil aux environs*” de Jacques Nicolas Bellin (1764), ainda haviam habitações indígenas na Marambaia, assim como os registros de prisões na Polícia da Corte demonstram a presença indígena ainda no século XIX (Figura 2).

A existência do empreendimento baleeiro também é confirmada em mapa topográfico da Ilha Grande e Marambaia (ARQUIVO HISTÓRICO DO EXÉRCITO, códice 15.04.2701), cujos elementos descritivos indicam corresponder ao século XVIII, onde a armação está assinalada na área onde encontramos sítios arqueológicos históricos (Figura 3).

De acordo com “*Carta Topographica da Capitania do Rio de Janeiro : mandadas tirar pelo Illmo. e Exmo . Sr. Conde da Cunha Capitam general e Vice-Rey do Estado do Brazil*” de Manuel Vieira Leão (1767) e com a “*Carta Corographica da Capitania do Ryo de Janeyro, capital dos Estados do Brasil*”, por Francisco João Roscio (1777), na área da Praia da Armação, observamos a indicação de um engenho de propriedade de Francisco Jozé (Figuras 4 e 5). As informações documentais indicam que Francisco Jozé da Fonseca era um dos negociantes envolvidos no contrato e pesca da baleia no Rio de Janeiro.

Com a extinção do monopólio da pesca da baleia em 1801, ocorre a fase de administração das feitorias baleeiras pela Fazenda Real, que coincide com o documento do capitão-mór da Aldeia de São Francisco Xavier, em Itaguaí, datado de 25 de maio de 1805, onde pede desculpas por não ter ainda apresentado os nomes dos índios capazes de “exercer o serviço real” da pesca das baleias (Silva, 1854:373). Tais informações parecem indicar que os indígenas, como remeiros, qualidade acentuada nas fontes documentais, eram empregados nas atividades baleeiras. Com as reestruturações do monopólio e das armações ocorridas entre 1816 e 1825, muitas são vendidas em praça pública e terminam suas práticas locais.

Neste período Luccock (1975:179) descreve a Marambaia como habitada por pescadores, com uma igreja e poucas roças. Anos depois, a ilha e restinga são compradas por Joaquim José de Souza Breves, cafeicultor, estando indicado como proprietário no Almanak Administrativo Mercantil e Industrial do Rio de Janeiro desde 1846. No Registro de Terras, de nº 26, da Freguesia de Sant’Ana de Itacuruça, município de Mangaratiba (1856), o fazendeiro não indica a forma de aquisição e apenas menciona a existência de terrenos cultivados.

De acordo com o inventário de Joaquim Breves (1890), na Marambaia teriam existido diversas edificações na Fazenda da Armação, correspondendo a



Figura 3 – Detalhe – Mapa Topográfico da Ilha da Marambaia – Arquivo Histórico do Exército – código 15.04.2701

uma casa de vivenda (sede); paiol; edificação para o gado e outros animais; chiqueiro para os porcos; engenho de socar café; rancho para canoas. Além destas, menciona edificação na Serra d' Água e uma capela dedicada a N. S. da Conceição, construída em 1751, na Fazenda Engenho d' Água. Interessante observar que se utilizou a denominação Fazenda da Armação, com a ausência no referido inventário de avaliação de plantações de café, sendo citado apenas a presença de centenas de coqueiros. Cabe ressaltar que na avaliação do espólio são indicados problemas de conservação das edificações.

As dívidas da família levaram a viúva de Joaquim Breves a vender as terras da Marambaia para a Companhia Promotora de Indústrias e Melhoramentos (1891), adquirida pelo Banco do Brasil (1896) e transferidas para o Ministério da Marinha (DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO de 20 de junho de 1906). A transferência da Escola de Aprendizes-Marinheiros para a Marambaia (1908) pouco durou, sendo em seguida

levada para as novas instalações construídas em Angra dos Reis (1911). Cabe ressaltar que, de acordo com as informações do Relatório do Ministério da Marinha de 1909 e as descrições realizadas por moradores antigos da ilha, o local de instalação corresponde à Praia da Armação. Com a saída da Escola de Aprendizes, as instalações foram ocupadas pela Aviação Naval.

Parte da ilha foi cedida para o empreendimento da Escola de Pesca, idealizado e liderado por Levy Miranda (1941), resultando em impactos nas estruturas arquitetônicas coloniais. Ao mesmo tempo na outra parte, utilizada pela Escola de Aprendizes e pela Aviação Naval, houve a destruição e modificação das edificações da Fazenda da Armação. Os levantamentos arqueológicos indicaram a existência de um conjunto de estruturas relacionadas à Fazenda da Armação como edificações, forno, muros, trapiche, estando, em suas proximidades, a edificação utilizada pelos Fuzileiros Navais durante os treinamentos na área (Figura 6).



Figura 4 – Detalhe – Cartas topographicas da capitania do Rio de Janeiro: mandadas tirar pelo Illmo. e Exmo. Sr. Conde da Cunha Capitam general e Vice-Rey do Estado do Brazil – Leão, Manuel Vieira – 1767 – BN – cart512339



Figura 5 – Detalhe – Carta corographica da capitania do Ryo de Janeyro, capital dos estados do Brasil / Por Francisco João Roscio – 1777 – BN – ARC.012,04,006

Algumas informações importantes sobre a Marambaia são fornecidas por Chateaubriand (1927), que descreve o solar ali existente - como tendo 58 metros de fachada - o trapiche à beira-mar e o grande coqueiral. Assim, a maior das edificações identificadas corresponde

ao referido solar que se encontrava totalmente coberto por substrato vegetal.

A estratégia adotada neste sitio histórico foi estabelecer setores, utilizando como limites as cintas, sapatas e os pilares, por onde se iniciou o levantamento

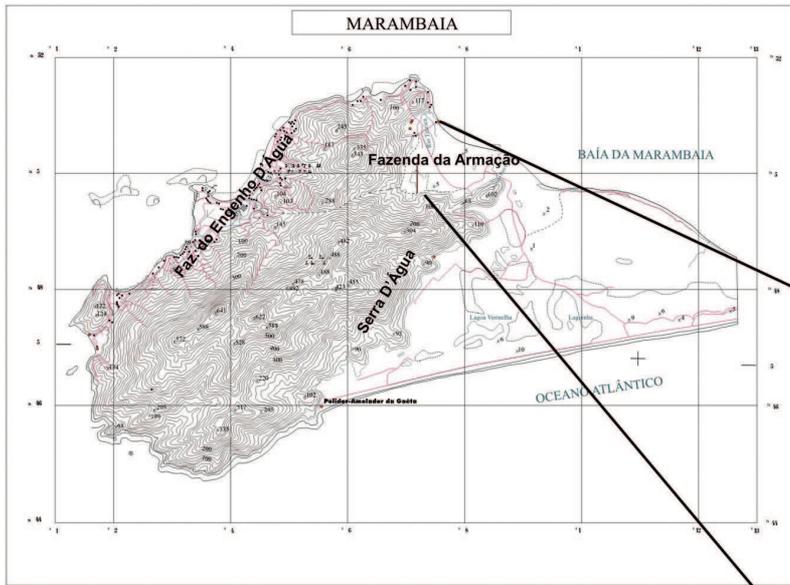
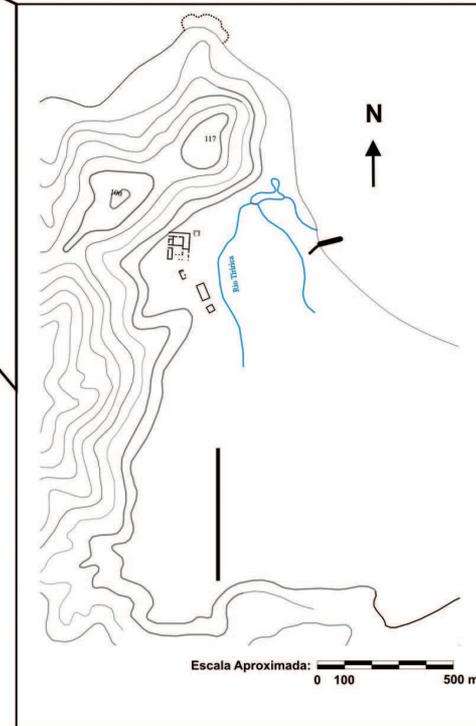


Figura 6 – Mapa de Localização da Área Arqueológica



sistemático, identificação de estruturas e cultura material, georreferenciamento e elaboração de uma planta baixa na escala de 1/ 200. Assim, o setor “A” corresponde ao lado norte do solar, os lados Oeste e Sul como setor “B”, os espaços centrais como setores “C” e “D”, e todo o lado leste como setor “E”. A maior parte dos setores demarcados encontra-se coberta por camada de sedimento argiloso, sendo mais espessa perto dos alicerces, provavelmente relacionada às antigas paredes de taipa e estuque do teto.

Esta edificação corresponde a um espaço habitacional com 1359 m², apresentando na superfície cultura material indicativa de utilização em épocas distintas. Foram identificados 47 pilares, relativamente preservados. Os pilares dos setores centrais possuem de 455 a 480 cm de altura, enquanto as alturas dos pilares laterais variam de 240 a 255 cm. Os alicerces e sapatas são de pedras encaixadas e sobre estas estão pilastras construídas em pedras entremeadas por tijolos. Os tijolos são maciços, com superfície irregular e com média de 30 cm de comprimento (Figura 7).

No setor Norte foi identificado estrutura de combustão (fogão à lenha); reservatório de água com lajotas; em frente a este, um piso de pedra moleque, pedra de moinho; como também fragmentos de bordas de cerâmica colonial, vidros variados e uma panela de ferro oxidada, indicando ter sido utilizado ainda no século XX.

Com a retirada da vegetação que cobria o setor Oeste, foi evidenciada uma grande âncora e um objeto cilíndrico de ferro, parecendo tratar-se de uma peça relacionada a embarcações. Neste setor observou-se uma maior presença de fragmentos de vidro correspondentes a diversos tipos de vasilhames, cerâmica vidrada, faiança, restos de um ferro a carvão, placas de cobre, moeda do século XVIII, ferramentas do tipo foice, enxada, faca, um grande serrote, tampa de ferro e fragmentos de placas de cobre. A âncora de ferro apresenta 216 cm de comprimento com largura dos braços de 100 cm (Figura 8). Suas características indicam o tipo Almirantado, com orifício para o encaixe do anete, orifício para o cepo, com haste e braços curvos, pata relativamente comprida e unha. Já o orifício do cepo parece indicar que o mesmo era cilíndrico, estando ausente. De acordo

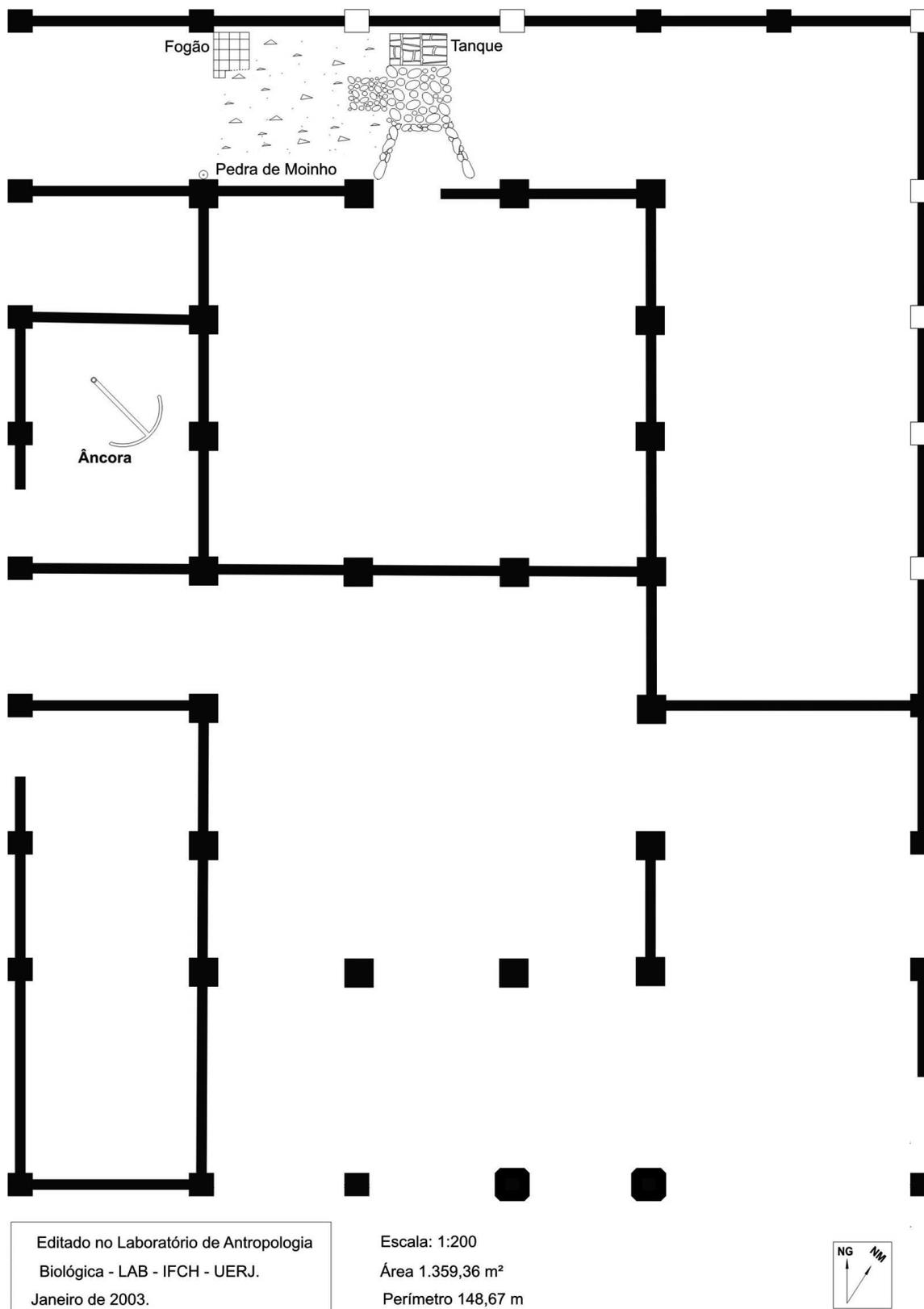


Figura 7 – Praia da Armação – Solar – Planta Baixa

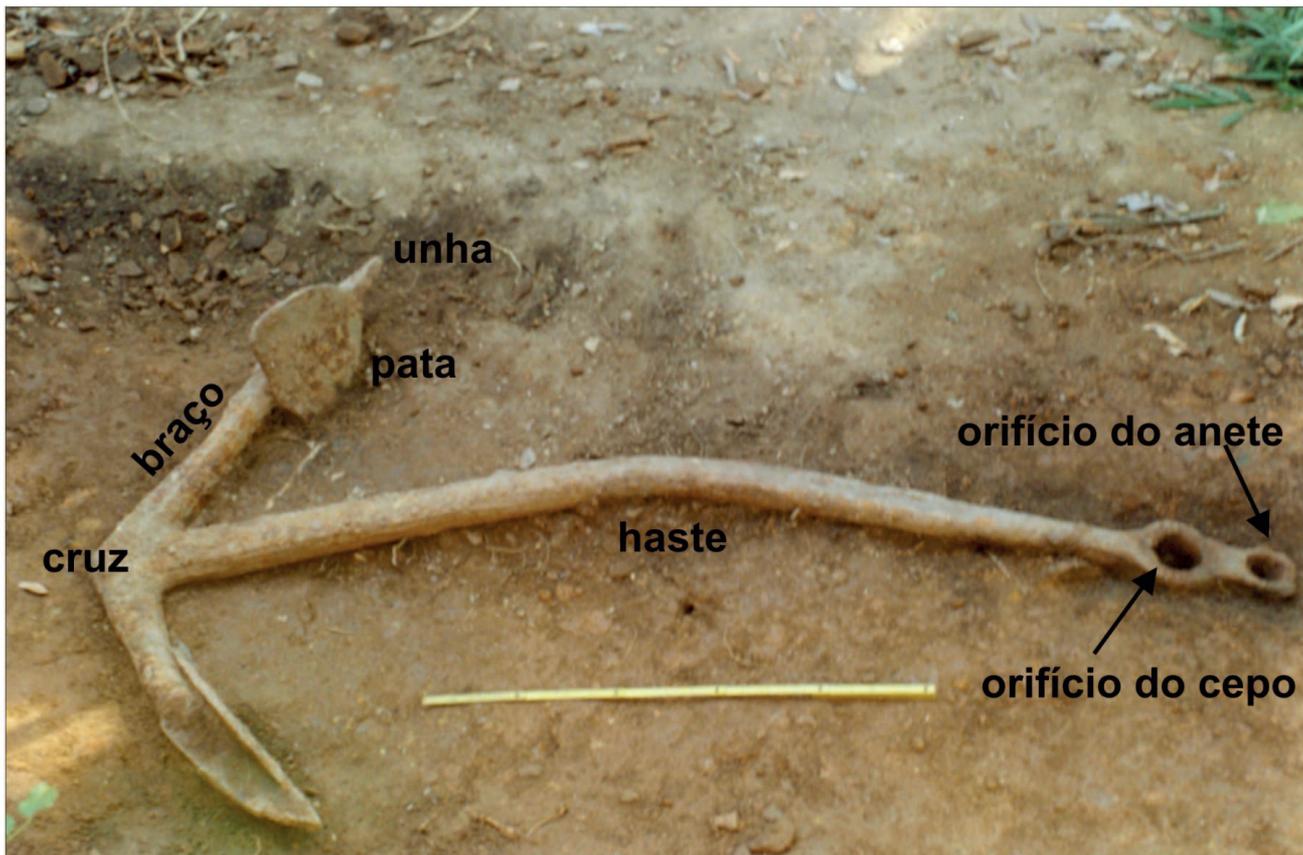


Figura 8 – Âncora do tipo Almirantado

com os estudos de Guimarães (2009), as características observadas na âncora encontrada na Fazenda da Armação indicam tratar-se do início do século XIX, forjada antes de 1820.

Próximo às sapatas e cintas de pedra ocorreram, principalmente, cravos oxidados de grandes tamanhos, possivelmente relacionados à sustentação do piso de madeira e da estrutura do telhado. Observam-se também fragmentos de telha colonial na superfície, em alguns setores misturados ao sedimento argiloso. Próximo às pilastras externas no lado Oeste, foram encontrados fragmentos de vidro, provavelmente relacionados às janelas. Nas pilastras externas pode-se observar ainda a presença de local para encaixe de madeira em sua parte superior, ou seja, de sustentação de telhado. Locais para encaixe de madeira em pilastras, tanto internas como externas e em níveis mais inferiores parecem estar correlacionados ao piso de madeira. Tais características correspondem à descrição no inventário de que esta edificação apresentava piso de madeira e forro, bem como janelas com vidros.

As estruturas do fogão e reservatório de água, local para armazenamento de ferramentas e outras atividades estavam localizadas na parte inferior da habitação. A localização das pedras de moinho, uma em seu interior e outra junto à cinta, mas no lado exterior, pode indicar que originalmente a estrutura onde estavam tais pedras localizava-se na parte superior. Deve-se registrar ainda, a existência de uma estrutura de tijolos no setor interior Sul, visível na superfície apenas parte desta, indicando que o piso original encontra-se mais profundo.

Nas proximidades desta edificação, a 60 metros no lado Leste e igualmente coberta por vegetação, foi identificada uma estrutura em pedras e tijolos similar, indicando contemporaneidade. Esta edificação apresenta paredes duplas: a interna tem 63 cm de espessura e é mais alta, enquanto a externa, mais baixa, tem 83 cm de espessura. Em seu lado sul, além da presença de uma abertura em arco com 70 cm de largura e 53 cm de altura, apresenta outra entrada com 76 cm de largura e em parte desmoronada (Figura 9). A poucos metros

desta edificação foram encontrados montículos de tijolos amontoados, assim como fragmentos do mesmo tipo de tijolo encontram-se espalhados na área interna do forno, o que indica fabricação local.

Estes tijolos são de tamanho menor ao que foi observado no solar e no próprio forno, estando presentes na edificação utilizada pela Escola de Aprendizes e pela Aviação Naval. Esta edificação, localizada a cerca de 250 metros ao Sul do solar, apresenta significativa parte desmoronada, embora se possa observar em meio à vegetação rasteira sua extensão, com a presença de piso do início do século XX. Nas paredes desta habitação identificamos quatro tipos de tijolos, indicando momentos distintos de ocupação e intervenções:

1. Base de pedras e sobre esta tijolos similares aos encontrados na construção do solar e do forno;
2. Tijolos maciços similares aos fabricados no local;
3. Tijolos maciços fabricados fora da ilha, com marca incisa "OP";
4. Tijolos vazados modernos.

Assim, consideramos que esta edificação corresponda ao mesmo local onde teria existido uma casa que serviu de hospital da fazenda da Armação, que posteriormente abrigou a Escola de Aprendiz e a

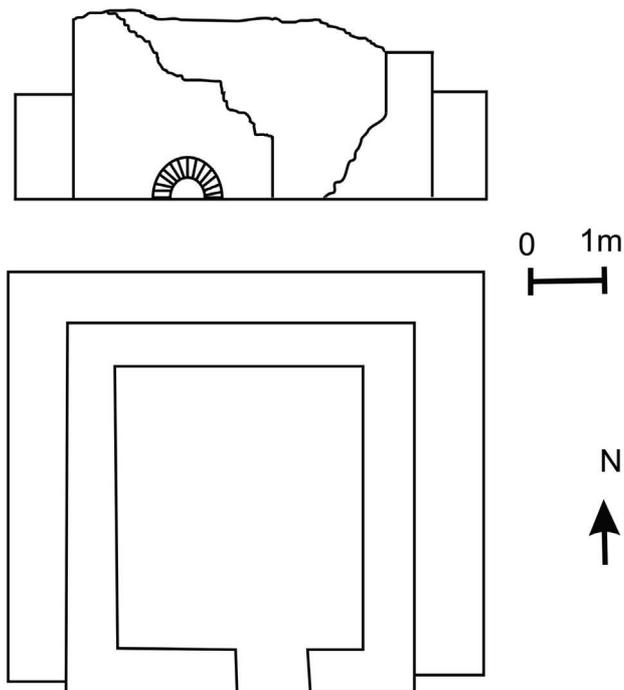


Figura 9 – Praia da Armação – Forno

base da Aviação Naval, cujo campo se localizava nas proximidades da Serra D'Água.

Distante, cerca de 50 metros para Norte desta edificação e a 200 metros do Solar, existe outra construção simples, onde ainda permanece uma caldeira com a inscrição do fabricante - *ARENS IRMÃOS. Rio de Janeiro & Campinas*. Embora haja referências de três caldeiras grandes entre os bens no inventário da Marambaia, estas não apresentam especificações. Ellis (1968:196) também indica caldeiras de ferro avaliadas no inventário da Armação da Ilha do Bom Abrigo (SP). Outro aspecto a ser ressaltado é que os irmãos Arens instalaram sua primeira serraria e ferraria no Rio de Janeiro em 1877, estabelecendo filial em Campinas e atuando como importadores de máquinas e implementos agrícolas. A partir da década de 1880 começaram a produzir suas próprias máquinas (Bianconi. 2002). Assim, a caldeira encontrada não corresponde ao mencionado no inventário, sendo, portanto, posterior ao mesmo. Cabe lembrar que informações documentais indicam que caldeiras a vapor eram utilizadas em padarias e que teria existido uma na área, portanto, parece que este seria o possível local da mesma (Figura 10).

Cabe indicar que a 50 metros em direção ao Sul da edificação que serviu de hospital existe uma ruína do que teria sido a pequena capela de N.S de Soledad da época da aviação naval.

No caminho da fazenda da Armação para a Serra D'Água foi registrado um muro de pedras secas com aproximadamente 700 metros de extensão, coberto em sua maior parte por vegetação espessa. Em alguns pontos apresenta interrupções com 370 cm, definindo passagens, bem como pontos para drenagem de água.

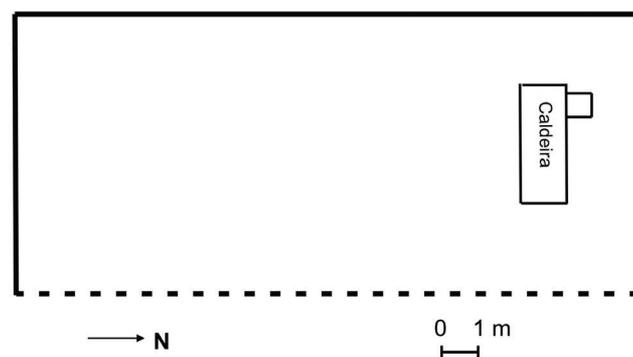


Figura 10 – Edificação da Caldeira

A partir de relatos de moradores, a área corresponderia ao local onde estariam os telheiros de abrigo para os animais. De acordo com o Relatório do Ministério da Marinha (1909:45) havia sido construído local para padaria e para o abate do gado na área da Escola de Aprendiz na Marambaia, ou seja, as estruturas existentes foram melhoradas e reocupadas.

Na área denominada Serra D'Água foi localizada, em meio à vegetação e próxima a um curso d'água, uma construção de aproximadamente 200 m². Esta apresenta apenas parte de parede de pedra no lado Norte, constituindo um estreito corredor, que por não apresentar indicação de entrada, parece corresponder a um reservatório (Figura 11). Estrutura em pedra foi também identificada no lado Oeste, estando ausente no lado Leste e na maior parte do lado Sul. Junto à parede Oeste da construção, identificou-se um reservatório com revestimento interno de lajotas e revestimento externo apenas de argamassa; não muito distante deste encontra-se uma roda de moinho.

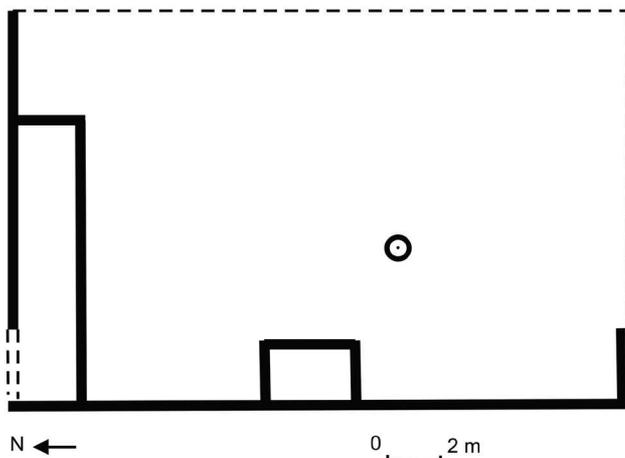


Figura 11 – Edificação na Serra D'Água

A Fazenda do Engenho D'Água

Cabe ressaltar que foi esta área hoje ocupada pelo Centro de Adestramento da Ilha da Marambaia (CADIM) a que mais sofreu intervenções com a implantação do conjunto arquitetônico da Escola de Pesca Darcy Vargas (1941).

Interessante observar que no inventário de 1890 citado anteriormente somente há menção à existência de uma igreja de Nossa Senhora da Conceição e coqueiros

avaliados na área da Fazenda do Engenho D'Água. Ao que parece a estrutura que daria nome à tal fazenda encontrava-se totalmente arruinada, não sendo objeto de avaliação. Entretanto, a mesma ainda apresentava parte de suas paredes, que foram reaproveitadas durante as obras implantadas em 1941. Entrevistas com moradores da ilha confirmaram que a edificação, correspondente ao engenho que teria existido no local, foi totalmente alterada com ampliação para a instalação de refeitório e dormitórios para professores e hóspedes da Escola de Pesca, onde atualmente funciona o refeitório e hotel de trânsito dos oficiais (Figura 12). A antiga igreja de 1751, com o telhado totalmente arruinado, foi demolida por Levy Miranda, construindo-se no local a de N.S. das Dores.

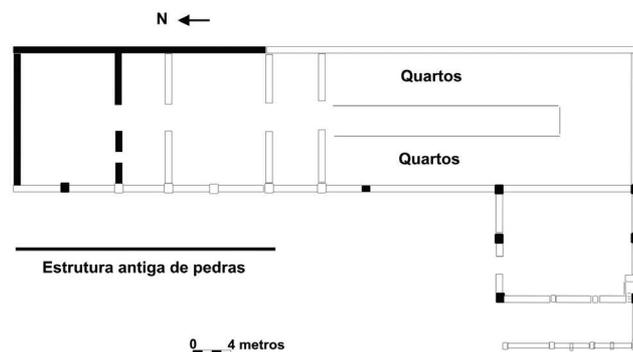


Figura 12 – Engenho D'Água – Hotel

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maioria das edificações existentes em uma armação de baleia, principalmente de pequeno porte, não se diferencia de qualquer outra fazenda no litoral, destacando-se apenas pela presença do engenho de frigar e os tanques para armazenamento do óleo. Entretanto, os tanques para armazenamento do óleo nem sempre estão presentes, podendo o óleo ser armazenado em barris ou situado em outras localidades.

O material utilizado nas estruturas da edificação do solar e do forno demonstra maior antiguidade, confirmando edificação do século XVIII, apontada também nos documentos escritos e cartográficos. A presença de tijolos de fabricação local no forno demonstra que o mesmo foi reutilizado para fins diversos.

Outro aspecto a se ressaltar é que a presença

estratégica de um empreendimento baleeiro na Marambaia desde o início do século XVIII, em conjunto com as fortificações e rede de vigias na baía de Ilha Grande, auxiliaria na comunicação de presença estrangeira que oferecesse perigo para a cidade do Rio de Janeiro. Os portos da Marambaia são mencionados como de fácil desembarque pelas autoridades coloniais e imperiais, o que justificaria a manutenção de uma vigia na área.

Ao mesmo tempo em que esforços são mobilizados para a defesa das vilas e portos paulistas (Camargo. 2002) e do Sul fluminense nas primeiras décadas do século XIX, as armações de baleia estão sendo inventariadas, passando para a Fazenda Nacional (Ellis. 1968), o que indica que a da Marambaia estaria desativada neste período. A reativação da pesca da baleia indicada pela existência da fazenda da Armação seria estimulada não só pelo interesse do novo proprietário, mas também do governo provincial conforme a indicação no Relatório da Presidência da Província do Rio de Janeiro (1855:58). A manutenção da denominação fazenda da Armação, a presença de caldeiras de ferro no inventário de 1890, bem como informações orais na ilha de Jaguanum, parece indicar que a pesca da baleia manteve-se ainda por algum período no século XIX.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio do Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais, em especial ao Almirante Marcelo Gaya Tosta e o Comando do CADIM; ao Laboratório de Antropologia Biológica da UERJ, arqueólogos e historiadores que de alguma forma ajudaram no desenvolvimento do tema. As ideias aqui expressas são de responsabilidade dos autores

FONTES DOCUMENTAIS

Lisboa a 13 de janeiro de 1717. Provisão passada a Paullo Luiz da Gama sobre contrato da pescaria das baleias nas Armações da cidade do Rio de Janeiro e da Marambaia. Arquivo Nacional (AN), Fundo Governadores do Rio de Janeiro, cód. 77 . V. 24.

Rio de Janeiro, 7 de novembro de 1726. Carta do Governador Luiz Vahia Monteiro, sobre a fortificação e construção dos quartéis da Ilha Grande. Publicação

do Arquivo Nacional, volume XV, 1915.

Lisboa, 9 de julho de 1727. Provisão régia pela qual se louvou o Governador Luiz Vahia Monteiro pelas medidas que tinha tomado para defesa das Vilas de Parati e Angra dos Reis. Publicação do Arquivo Nacional, volume XV, 1915.

Carte de l'Isle-Grande et coste de Bresil aux environs. In: Le Petit Atlas Maritime : recueil de cartes et plans des quatre parties du monde / J. N. Bellin. - [Paris : S. Bellin, 1764]. - Vol. II, [mapa] nº 56. Biblioteca Nacional Digital de Portugal, CDU 918.1-13(084.3)

Cartas topographicas da capitania do Rio de Janeiro: mandadas tirar pelo Illmo. e Exmo. Sr. Conde da Cunha Capitam general e Vice-Rey do Estado do Brazil - Leão, Manuel Vieira – 1767 – Biblioteca Nacional (BN) - cart512339

Carta corographica da capitania do Ryo de Janeyro, capital dos estados do Brasil / Por Francisco João Roscio – 1777 - Biblioteca Nacional (BN) - ARC.012,04,006.

Mappa Topográfico da Ilha Grande e da Ilha da Marambaia e de suas enseadas com todas as ilhas de seo recôncavo – s/data – Arquivo Histórico do Exército (AHE), código 15.04.2701

Tombo das cartas de sesmarias do Rio de Janeiro – Sesmarias no Município de Angra dos Reis – Arquivo Nacional - RJ

Relação de algumas cartas de sesmaria concedidas em território da Capitania do Rio de Janeiro – 1714/1808 - Arquivo Nacional - RJ

Documentos da Câmara da Villa de Paraty, com relação aos Fortes, Quartéis e Guarnições Militares, no período de 1823 a 1850, transcritos e organizados por RAMECK, M.J. ; MELLO, D. (org.) na obra *Roteiro Documental do Acervo Público de Paraty, 1801-1883*, Câmara Municipal de Paraty, Instituto Histórico e Artístico de Paraty, 2004.

Almanaque LAEMMERT (dados a partir de 1844) – Arquivo Nacional (AN)

Registro de Terras. Município de Mangaratiba, Freguesia de Sant'Ana de Itacuruça, 1856. Arquivo Público do Estado do Rio de Janeiro.

Relatório da Presidência da Província do Rio de Janeiro, 1855, Arquivo Público do Estado do Rio de Janeiro.

Autos de avaliação do inventário do comendador Joaquim José de Souza Breves. fls. 56, vol.1. 24 de fevereiro de 1890. Acervo família Breves.

Diário Oficial da União de 20 de junho de 1906 - <http://www.jusbrasil.com.br>

Relatório apresentado ao Sr. Vice-Almirante Ministro da Marinha, pelo Capitão-de-Mar-e-Guerra Manoel Inácio Belfort Vieira; Inspetor dos Navios e Estabelecimentos Navais e mais Dependências do Ministério da Marinha. Rio de Janeiro. Imprensa Naval, 1909.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M.R.C. 2000. **.Os Índios Aldeados no Rio de Janeiro Colonial.** Novos Súditos Cristãos do Império Português.. 2000. Tese de Doutorado em Ciências Sociais, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, 245 p.
- ANDRÉN, Anders. 1998. **Between artefacts and texts.** Historical Archaeology in global perspective. New York And London: Plenum Press, 215 p.
- BIANCONI, R. 2002. **Dinâmica Econômica e Formas de Sociabilidade: Aspectos da Diversificação das Atividades Urbanas em Campinas (1870-1905).** Dissertação de Mestrado, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 240 p.
- CAMARGO, P.F.B. 2002. **Arqueologia das Fortificações Oitocentistas da Planície Costeira Cananéia/Iguape.** Dissertação de Mestrado em Arqueologia, Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, 240 p.
- CASAL, M. A.. 1976. **Corografia Brasileira.** Belo Horizonte: Instituto Nacional do Livro, Imprensa Nacional, 342 p.
- CORTESÃO, J. 1961. **Paulicea Lusitana Monumenta Histórica.** Edição Comemorativa do IV Centenário da Fundação da Cidade de São Paulo, Lisboa: Publicações do Real Gabinete Português de Leitura do Rio de Janeiro, vol.II (1609-1658).
- DURAN, L.D. 2008. **Arqueologia Marítima de Um Bom Abrigo.** Tese de Doutorado em Arqueologia, Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, 338 p.
- ELLIS, M. 1968. **A Baleia no Brasil Colonial.** São Paulo: Ed. Melhoramentos/Editora da Universidade de São Paulo, 235 p.
- FREITAS, B. 1987. **Santa Cruz. Fazenda Jesuítica, Real, Imperial: Vice-Reis e Reinado.** Rio de Janeiro: Asa Artes Gráficas Ltda, Vol II, 293 p.
- FUNARI, P.P. A; JONES, S. ; HALL, M.. 1999. **Historical Archaeology: Back from the Edge,** Londres: Routledge, 350 p.
- FUNARI, P. P. ; ZARANKIN. A. (Org.). 2004. **Arqueologia Histórica en América del Sur; Los Desafios del Siglo XXI.** Bogotá: Ediciones Uniandes, 144 p.
- FUNARI, P.P.; OLIVEIRA, N.V. 2005. **Arqueologia em Angra dos Reis.** Campinas: Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Textos Didáticos, 62 p.
- FUNARI, P.P.; ZARANKIN, A.; STOVEL, E. (Orgs.). 2005. **Global Archaeological Theory.** New York: Kluwer, 380 p.
- GUIMARÃES, R. S. 2009. **A Arqueologia em Sítios Submersos: Estudo do Sítio Depositário da Enseada da Praia do Farol da Ilha do Bom Retiro – SP.** Dissertação de Mestrado em Curso de Arqueologia, Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, 241 p.
- HODDER, I. 1988. **Interpretación en Arqueologia. Corrientes actuales.** Barcelona: Editorial Crítica, 236 p.
- MENESES, L. F. T.; PEIXOTO, A.L.; ARAUJO, D.S.D. (2005). **História Natural da Marambaia.** Seropédica: Editora da Universidade Rural, 288 p.
- LEITE, S. 1938. **História da Companhia de Jesus no Brasil. Vol VI.** Lisboa: Portugália, Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro, 440p.
- LUCCOCK, J. 1975. **Notas sobre o Rio de Janeiro e partes meridionais do Brasil.** Belo Horizonte: Itatiaia, 435 p.
- OLIVEIRA, N. V. 2002 **São Barnabé: Lugar e Memória.** Tese de Doutorado em Ciências Sociais, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, 265 p.
- OLIVEIRA, N.V. 2004. **Fortaleza de Piraquara, Angra dos Reis. Mneme,** 5 (13): p 124-139.
- ORSER JUNIOR, C. E.. 1999. **A teoria de rede e a Arqueologia da História Moderna.** In: FUNARI,

- PP.; NEVES, E.G.; PODGORNÝ, I. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia: Anais da I Reunião Internacional de Teoria Arqueológica na América do Sul.** São Paulo: Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, (Suplemento 3), p. 87-101.
- ORSER JUNIOR, C.E. 2004. **Historical Archaeology.** 2. ed. New York: Prantice Hall, 384 p.
- PONDÉ, J. 1997. **Levy Miranda: Apóstolo da Assistência Social no Brasil.** Rio de Janeiro: Fundação Abrigo do Cristo Redentor, 308 p.
- RAMECK, M.J. ; MELLO, D. 2004.. Roteiro Documental do Acervo Público de Paraty, 1801-1883. Câmara Municipal de Paraty, Instituto Histórico e Artístico de Paraty, 147 p..
- SILVA, J.N.S.. 1854. Memória histórica e documentada das aldeias de índios da Província do Rio de Janeiro. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Brazil.** Rio de Janeiro: IHGB, vol. 17: 109–552.





CAPÍTULO X

INTERACÇÕES HOMEM – MEIO EM ZONAS COSTEIRAS: O CASO DE AVEIRO, PORTUGAL





INTERACÇÕES HOMEM – MEIO EM ZONAS COSTEIRAS: O CASO DE AVEIRO, PORTUGAL

J. Alveirinho Dias¹, Maria Rosário Bastos², Cristina Bernardes³,
Joana Gaspar de Freitas⁴ e Virgínia Martins⁵

RESUMO

O litoral entre Espinho e Mira (Portugal), em geral conhecido como costa de Aveiro, onde se localiza a laguna costeira com o mesmo nome, é um exemplo paradigmático de evolução interactiva entre o Homem e o Meio.

Quando o nível médio do mar atingiu a cota actual, há uns 3000 a 5000 anos, esta costa correspondia a uma grande baía aberta à agitação marítima atlântica, muito energética. Até finais do 1º milénio a situação mantinha-se mais ou menos a mesma, encontrando-se o meio em estado quase prístino.

Em finais do 1º milénio, devido, em muito, ao movimento da chamada “Reconquista Cristã” verificado na Península Ibérica e que progrediu no sentido norte-sul, registou-se uma concentração populacional de cristãos a norte do Douro. Tal facto provocou grande expansão da agricultura na região entre-Douro-e-Minho (facilitada pelo Pequeno Ótimo Climático), o que induziu grande ampliação do abastecimento sedimentar com subsequente crescimento rápido de uma restinga arenosa enraizada na zona de Espinho (a sul do estuário do Douro). Devido à direcção de incidência da agitação marítima dominante essa restinga foi crescendo para SSW, convertendo, a pouco e pouco, a grande baía referida numa laguna costeira.

A formação deste meio lagunar propiciou a

criação de novos ambientes. Surgiram, assim, novas oportunidades que permitiram suprir necessidades básicas e secundárias (pescas, salinas, portos, agricultura e incremento do comércio marítimo).

Com a migração, para sul, da barra da laguna, esta começou a perder eficácia hidráulica. Por volta de 1757 a barra estava na sua posição mais meridional de sempre. Os navios, para utilizarem o porto de Aveiro, tinham que seguir um trajecto longo, difícil e perigoso, o que provocou o quase abandono deste porto. A região tornou-se insalubre e a exploração de sal foi muito reduzida. Após algumas tentativas goradas, iniciou-se em 1802 a abertura artificial de nova barra no local onde hoje se encontra, frente a Aveiro, o que propiciou a recuperação económica e social da região.

Ao longo dos últimos séculos o nível de antropização do meio lagunar foi-se progressivamente ampliando (pescas, dragagens, agricultura, pecuária, indústria, expansão urbana, desenvolvimentos turísticos, etc.). Em Estarreja, na margem interna da laguna, instalou-se na década de 30 do século passado, mas sobretudo depois do fim da 2ª Guerra Mundial, um dos mais importantes pólos da indústria química portuguesa, com os impactes inerentes.

A laguna de Aveiro encontra-se hoje fortemente antropizada, com intervenções de tipos e intensidades diversificadas. Nas suas margens, a paisagem é dominada

1. UERJ – Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Professor Visitante), Campus de Maracanã, RJ, Brasil and CIMA – Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, Faro, Portugal. e-mail: jdias@ualg.pt
2. CEPESE – Center of Population, Economy and Society, Portugal and Universidade Aberta, Portugal, and Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Professor Visitante de curta duração), Brasil. e-mail: rbastos@univ-ab.pt
3. Departamento de Geociências & CESAM, Universidade de Aveiro, 3830-193 Aveiro, Portugal. e-mail: cbernardes@ua.pt
4. IELT, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, 1069-061 Lisboa. e-mail: joana.gaspar.freitas@gmail.com
5. Universidade de Aveiro; Departamento de Geociências, Unidade de Investigação GeoBioTec, Laboratório Associado CESAM. e-mail: virginia.martins@ua.pt.

pela geometria do património edificado e pelo contraste das estruturas rodoviárias (pontes, etc.), sobressaindo, nalgumas zonas, as chaminés da indústria química e cerâmica. Na laguna, as estruturas de engenharia portuária e as dragagens alteraram radicalmente os padrões hidrodinâmicos, além de que o substrato sedimentar vai arquivando os registos das diferenciadas actividades antrópicas (entre muitos outros, agroquímicos e contaminação da indústria química).

Na zona da barreira arenosa os molhes do porto de Aveiro induziram, como é normal, grande acumulação sedimentar a barlar e fortíssima erosão a sotamar. Para obviar a tal situação foram construídas grandes obras de protecção costeira no sector a sul da Barra tendo toda a zona evoluído para um litoral fortemente antropizado, em que a linha de costa é, com frequência, materializada pelas estruturas de engenharia costeira.

Palavras-Chave: Interações Homem – Meio; Evolução Costeira; Laguna de Aveiro; impactes antrópicos

ABSTRACT

The littoral between Espinho and Mira (Portugal), generally known as the coast of Aveiro, where the coastal lagoon of the same name is located, is a paradigmatic example of interactive evolution between Man and Environment.

When the average sea level reached the current quota, about 3000 years ago, this coast corresponded to a large bay open to the very energetic Atlantic sea waves. Up till the end of the 1st millennium the situation remained more or less the same, with the environment in an almost pristine condition.

At the end of the 1st millennium, mainly due to the movement of the “Christian Reconquista” observed in the Iberian Peninsula and that progressed from north to south, there was a concentration of Christians in the north of the Douro River. This led to a great expansion of agriculture in the region between Douro and Minho (facilitated by the Little Climate Optimum), which led to a major expansion of sediment supply and the subsequent rapid growth of a sandy area near Espinho (south of the Douro estuary). Due to the incidence direction of the dominant sea waves that sandy area grew towards SSW, converting

the large bay, little by little, into a coastal lagoon.

The formation of this lagoon zone led to the creation of new environments. Therefore, new opportunities emerged allowing to meet basic and secondary needs (fishing, salt mining, ports, agriculture and maritime trade growth).

With the migration, towards south, of the lagoon bar, it began losing hydraulic efficiency. Around 1757, the bar was in its most southerly position ever. To use the port of Aveiro, ships had to follow a long, difficult and dangerous route, leading to the virtual abandonment of this port. The region became insalubrious and the exploration of salt was quite scarce. After some unsuccessful attempts, in 1802 began the artificial opening of a new bar at the place where it is currently located, in front of Aveiro, which allowed the economic and social recovery of the region.

Over the past centuries, the level of human disturbance of the lagoon environment has been gradually increasing (fishing, dredging, agriculture, livestock, industry, urban expansion, tourism development, etc.). In Estarreja, at the inner edge of the lagoon, it was settled, in the 1930s, but especially after the end of World War II, one of the most important centers of the Portuguese chemical industry, with its inherent impacts.

The lagoon of Aveiro is now heavily impacted, with interventions of diverse types and intensities. On its banks, the landscape is dominated by the geometry of buildings and by the contrast of road structures (bridges, etc.), and the chimneys of the chemical industry and ceramics. At the lagoon, harbour structures and dredging radically changed the hydrodynamic standards. Besides, the sedimentary substrate is preserving the records of different human activities (among many others, agrochemical and chemical contamination).

In the area of the sandy barrier, the jetties of the port of Aveiro led, as usual, to a large accumulation of sediments and simultaneously to very strong erosion. To remedy the situation great coastal protection works were undertaken in the area south of the bar, having the whole area evolved into a strong anthropic coast where the coastline is often materialized through coastal engineering structures.

Keywords: Human-Environment Interaction; Coastal Evolution; Lagoon of Aveiro; anthropogenic impacts.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Caracterização sumária

A laguna de Aveiro, impropriamente designada por Ria de Aveiro (pois que rias são vales fluviais inundados, cujo paradigma são as rias galegas), localiza-se no NW de Portugal, entre a cidade de Coimbra e do Porto, mais propriamente entre Espinho e Mira. Desenvolve-se, *grosso modo*, no sentido NNE-SSW (paralelamente ao actual litoral oceânico). Actualmente apresenta comprimento de cerca de 40 km, aproximadamente entre as latitudes 40°52'N e 40°31'N, tendo largura máxima, no sector central, de cerca de 8 km (Figura 1). Está separada do mar por um cordão arenoso de largura variável, com máxima de quase 2,5 km e mínima inferior a 200 m.

A “Ria de Aveiro” corresponde a um estuário meso-mareal (Davies 1964), sendo a amplitude da maré de 3,2 m em maré de sizígia e 0,6 m em marés mortas (Dias *et al.* 2000). A circulação no interior da lagoa é dominada pela maré.

O sistema lagunar ocupa área da ordem dos 110 km². Nas marés cheias a área submersa varia entre 83 km² em maré viva e 66 km² em maré morta (Dias *et al.* 1999). A laguna distribui-se por quatro braços (canais) principais: S. Jacinto, Mira, Espinheiro e Ílhavo. Apresenta topografia complexa caracterizada por grandes depósitos aluvionares recentes que formam, por vezes, ilhas e ilhotas, das quais se destacam, pela área que ocupam, as de Testada e de Monte Farinha. A profundidade média é de cerca de um metro podendo atingir os 4 m nos canais de navegação e os 8 m nas zonas dragadas das áreas portuárias (Borrego *et al.*, 1994).

O sistema hidrográfico da “Ria de Aveiro” é dominado pelo rio Vouga (comprimento: 148 km; bacia hidrográfica: 3 635 km²) que debita para a laguna um fluxo médio anual de 25 m³.s⁻¹ (Borrego *et al.* 1994). O Vouga, juntamente com outros pequenos rios, como o Antuã, o Caster, o Levira, o Boco e o Fontão, introduzem no sistema lagunar um caudal total de água doce estimado em 40 m³.s⁻¹ (Vicente 1985).

As trocas hídricas com o oceano processam-se através de uma barra artificial (a Barra de Aveiro), cujo canal tem cerca de 1,3 km de comprimento e 350

m de largura e 20 m de profundidade. O prisma de maré na embocadura é, em condições de maré viva máxima, de 136,7x10⁶ m³ e de 34,9x10⁶ m³ em maré morta mínima (Dias *et al.* 2000).

A região onde se instalou a laguna de Aveiro é caracterizada, na parte periférica do lado de terra, pela presença de rochas ígneas e metamórficas de idade proterozóica a paleozóica pertencentes ao Maciço Antigo, e por rochas sedimentares mais recentes que fazem parte da Orla Meso-Cenozóica. A separação entre estas duas grandes unidades é estabelecida por uma estrutura tectónica de primeira ordem no contexto peninsular: a faixa de cisalhamento Porto-Tomar - Ferreira do Alentejo (Ribeiro *et al.* 1979). A zona sobre a qual se desenvolveu a laguna (no passado e no presente) é caracterizada pela presença de sedimentos não consolidados, de idade pleistocénica e holocénica.

Actualmente, parte significativa da laguna está ocupada por salinas (embora apenas meia dúzia esteja ainda em laboração), instalações portuárias e industriais, pisciculturas (com frequência aproveitando antigas salinas), estradas, pontes e aterros, etc., que são responsáveis por modificações profundas na sua morfologia natural.

1.2. Trabalhos anteriores

A laguna de Aveiro, na generalidade ou na especificidade, tem vindo a ser objecto de estudo pelo menos desde o século XVIII. Todavia, os trabalhos que efectuam uma análise integrada da evolução espacial e socioeconómica surgem apenas no início do século XX.

O primeiro trabalho a chamar a atenção, de forma coerente, para as grandes modificações verificadas na configuração da zona costeira ocupada pela laguna de Aveiro foi o de Lucci (1918). Com base numa criteriosa análise geológica e geomorfológica, o autor deduziu, de forma notável, como se teria processado a evolução costeira da região: a grande baía amplamente exposta aos processos oceânicos foi progressivamente sendo confinada pelo crescimento de uma restinga arenosa que acabou por definir o corpo lagunar. Embora socorrendo-se de algumas informações de cariz histórico, a consubstanciação historiográfica acaba por apresentar debilidades evidentes.



Figura 1 – Mapa de localização (modificado de Bastos 2009)

A tese de doutoramento de Girão (1922), na parte referente à evolução costeira, aproveitando o trabalho e as ideias de Lucci (1918), complementou-as significativamente e imprimiu-lhes maior coerência e substância, tanto na análise geológica e geomorfológica, como na consubstanciação por dados arqueológicos e por documentação histórica escrita e cartográfica. Entre outros aspectos interessantes, não escapou a este investigador a relevância do condicionamento tectónico, designadamente em partes do traçado dos rios Vouga e Caima, bem como a importância da cartografia geológica cuidada como forma de deduzir a configuração paleogeográfica regional (Figura 2).

O tema foi retomado no ano seguinte por Souto (1923), que complementou e pormenorizou, com novos dados, o quadro anteriormente esboçado por Lucci (1918) e por Girão (1922).

Muitos são os trabalhos que, desde então, foram produzidos. Porém, retomando o cenário inicialmente traçado pelos autores pioneiros aludidos, apenas o aprofundam e pormenorizam localmente (*e.g.*: Neves 1935; Girão 1941; Martins 1947), ou dele se servem para enquadrar trabalhos específicos de outra índole (*e.g.*: Cunha 1930; Abecasis 1955; Oliveira *et al.* 1982). Por outro lado, os muitos trabalhos de cariz historiográfico entretanto produzidos (Mattoso *et al.* 1989; Silva 1991; Amorim 1997) tendem a ignorar a evolução secular do meio físico.

Neste contexto, ressalta, já no século XXI, o trabalho de Bastos (2006) que, embora tendo sempre subjacente o cenário de evolução física traçado pelos referidos autores do início do século XX, consegue, com base em aturada pesquisa histórica, traçar em pormenor o possível contorno do litoral pré-lagunar da Idade Média.

1.3. Objectivos

Do que se referiu conclui-se que o vasto número de trabalhos existentes que, de uma ou de outra forma, incidem na laguna de Aveiro, o fazem de forma parcelar, ressaltando, entre outros, os aspectos geomorfológicos, ou económicos, ou de dinâmica costeira, ou historiográficos, ou portuários, ou ecológicos. Por outro lado, se alguns desses trabalhos abordam o sistema com base na análise diacrónica, baseando-se essencialmente em dados geológico-geomorfológicos, mas tentando socorrer-se, simultaneamente, de informações de índole arqueológica,

económica e historiográfica (sendo de relevar, neste tipo de análise, a produção dos autores do primeiro quartel do século XX), a esmagadora maioria dos artigos produzidos até à actualidade apresenta resultados de análises sincrónicas focalizadas em aspectos específicos (*e.g.*: portos, pescas, salinicultura, poluição, ecologia, conservação ambiental, turismo, etc.).

Neste contexto, afigurou-se relevante ensaiar um trabalho de síntese, baseado nos conhecimentos existentes sobre a evolução ambiental e sócio-económica da laguna de Aveiro, tentando integrá-los de forma consequente. Procurou-se, assim, através de raciocínios lógico-dedutivos, perceber como e porquê esta zona costeira começou a evoluir rapidamente, qual a influência das actividades antrópicas nessa evolução, quais foram os factores de atractividade que esse ambiente em transformação apresentou para suscitar a densificação da ocupação humana, como é que a exploração dos recursos naturais provocou modificações no próprio meio e como é que as sociedades locais reagiram a essas transmutações. Por outras palavras, tentou-se perceber como e porquê se desenvolveu no sistema um processo de retro-alimentação (*feed-back*), em que os valores ambientais foram intensivamente explorados pelo Homem, exploração essa que modificou as características ambientais, as quais tiveram como consequência a adopção de novas forma de exploração do ambiente, as quais induziram novas alterações no meio. Define-se, assim, uma sequência interminável, ou que apenas terminará, porventura, com a total artificialização do sistema, isto é, com o absoluto domínio do Homem sobre o Meio com total perda dos valores ambientais naturais.

Fundamentalmente, tentam-se perceber as interações Homem-Meio na laguna de Aveiro, questão de ónus e de bónus, deduzindo quais os factores que se traduziram, efectivamente, em bónus, e quais os ónus que, por isso, a sociedade teve que suportar.

2. EVOLUÇÃO HISTÓRICA

2.1. A Baía de Aveiro

2.1.1. Até finais da dominação muçulmana

Quando o nível médio do mar atingiu aproximadamente a cota actual, há uns 3000 a 5000 anos (*e.g.*, Dias 1985), a costa entre Espinho e o Cabo

Mondego correspondia a uma grande baía, que neste trabalho será designada por “Grande Baía de Aveiro”, amplamente aberta à agitação marítima atlântica, muito energética. Com efeito, a rápida elevação do nível de base tinha tido como consequência a inundação dos vales fluviais, transformando-os em corpos estuarinos, e o alagamento das zonas costeiras mais baixas. Tal como sugerido por Lucci (1918), Girão (1922) e Souto (1923), o possível contorno da linha de costa da altura pode ser deduzido, na região, pelo actual contacto entre as acumulações sedimentares modernas (pleistocénicas e holocénicas) e as formações mais antigas, de idade mesozóica (Figuras 2 e 3). O litoral seria, então, muito recortado e predominantemente rochoso pois que, estando os estuários em desequilíbrio com o novo nível de base, eram essencialmente receptores sedimentares, sendo pequena a quantidade de sedimentos grosseiros que exportavam para o litoral oceânico. Na grande baía de Aveiro atrás aludida definia-se na altura profundo golfo (talvez com algumas semelhanças com as rias galegas) onde desaguava o rio Vouga. Nestas condições, este rio não podia fornecer sedimentos suficientes para propiciar grandes acumulações no litoral, isto é, para que pudessem constituir-se praias tendentes a rectificar a linha de costa coeva. Mais a norte, fora da área onde se viria a constituir a laguna, os estuários do grande rio Douro e dos outros rios do Minho, que viriam, mais tarde, a constituir-se como abastecedores sedimentares essenciais para a constituição e crescimento da restinga que acabou por separar o espaço lagunar do ambiente oceânico, encontravam-se, também, ainda em desequilíbrio, não sendo contribuintes de grande relevância para a deriva litoral. (Figura 3)

Com a histerese da sedimentação estuarina (tempo que o estuário demora a entrar em equilíbrio com o novo nível base) correspondente a este novo nível de base, cuja duração foi variável de estuário para estuário, dependendo da profundidade do vale em que o mesmo estava instalado e da quantidade de sedimentos que aí afluíam (provenientes das respectivas bacias hidrográficas), foi-se progressivamente atingindo o equilíbrio. Assim, após esta fase, que em vários casos se teria prolongado até finais do primeiro milénio, caracterizada pelo assoreamento estuarino, começaram os aludidos estuários a debitar para o litoral quantidades grandes de sedimentos grosseiros, os

quais, pouco a pouco, transportados em deriva litoral, foram progressivamente modificando a configuração dos trechos costeiros a sotamar. Reforçou-se, então, a tendência para rectificação do litoral, com progressiva erosão das partes salientes (cabos e afloramentos rochosos), e preenchimento das partes reentrantes (baías e enseadas).

Os vestígios arqueológicos e alguma documentação escrita revelam que as zonas marginais da grande baía de Aveiro foram, desde início, exploradas pelo Homem. Desde a pré-história que ocupações várias se sucederam no entorno deste acidente geomorfológico. São de relevar os “*Itinerarium Antonini*” (e.g.: Parthey & Pinder 1848; Centeno, 1983), espécie de descrição da rede viária tardi-romana, presumivelmente do início do século III, em que se indica que o caminho entre *Bracara Augusta* (Braga) e *Olissipo* (Lisboa) contornava a grande baía aludida.

Contudo, até finais da Alta Idade Média, as consequências da exploração dos recursos naturais decorrentes da existência desta extensa zona costeira foram praticamente irrelevantes. Assim, até quase finais do primeiro milénio, a componente ambiental evoluiu principalmente devido a factores naturais, de onde avultam os de ordem climática. Pode dizer-se que, até à dominação da região pelos muçulmanos, os níveis de antropização eram muito reduzidos.

2.1.2. O Condado Portucalense

Em 711 toda a Península Ibérica foi conquistada por muçulmanos, com excepção de pequena zona montanhosa das Astúrias, no Norte da Península, onde os Visigodos cristãos se acantonaram e resistiram, passando rapidamente ao ataque num movimento que historiograficamente se designa por “Reconquista Cristã” (e.g.: Marques 1982). Esta Reconquista, iniciada em 722, prolongou-se por 8 séculos, terminando apenas em 1492 (Figura 4) com a conquista do Reino de Granada, no sul da Península (e.g.: Fernández 2005).

No final do 1º Milénio, na fachada atlântica da Península, a fronteira estava estabilizada no rio Douro. Porém, a região a sul, onde se situava a Grande Baía de Aveiro, era zona de conflito mais ou menos permanente, sendo frequentes os avanços e recuos dos beligerantes. Assolados pela guerra, muitos lugares devem ter vivido, pelo espaço de algumas gerações, na insegurança das

peças e dos bens. Compreende-se que, neste contexto de guerra, a população cristã se tenha radicado, essencialmente, na zona já pacificada, isto é, a norte do Douro. Esta tendência ter-se-ia eventualmente reforçado com a constituição, em 1095, do Condado Portucalense (de *Portus Cale* = Porto), oferecido pelo rei Afonso VI de Leão e Castela a Henrique de Borgonha, que tinha vindo auxiliá-lo na Reconquista (*e.g.*: Marques 1982).

Tal estará, porventura, na origem da concentração das “bases” da nobreza nesta região já pacificada, mantendo-se a tendência quando se instituiu o Reino de Portugal, situação esta que fez com que, como reconhece Barros (1947), os solares da nobreza, com as suas terras privilegiadas e os encargos que pesavam sobre a população rural, se situassem principalmente no Entre-Douro-e-Minho.

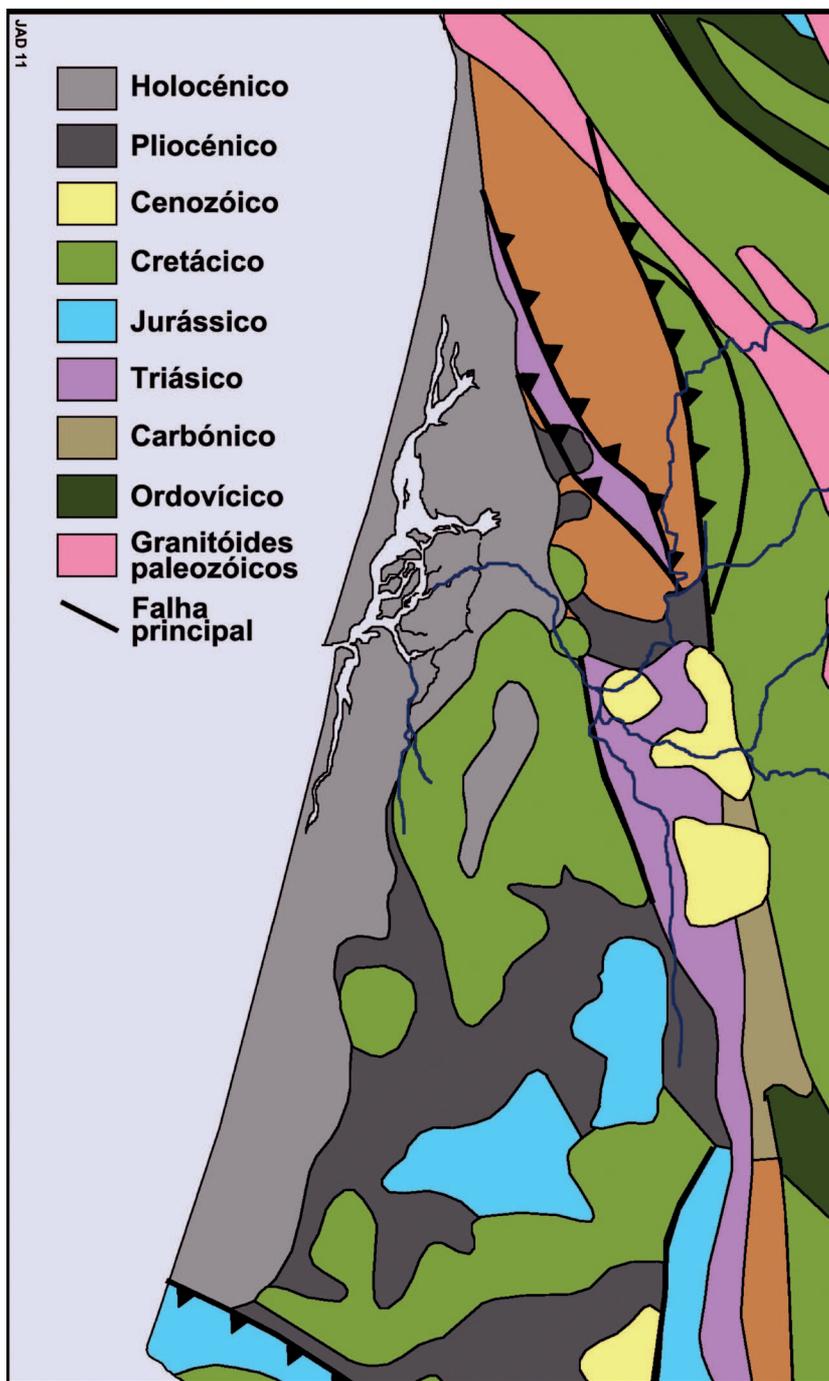


Figura 2 – Esboço geológico esquemático da região de Aveiro (adaptado de várias cartas geológicas)

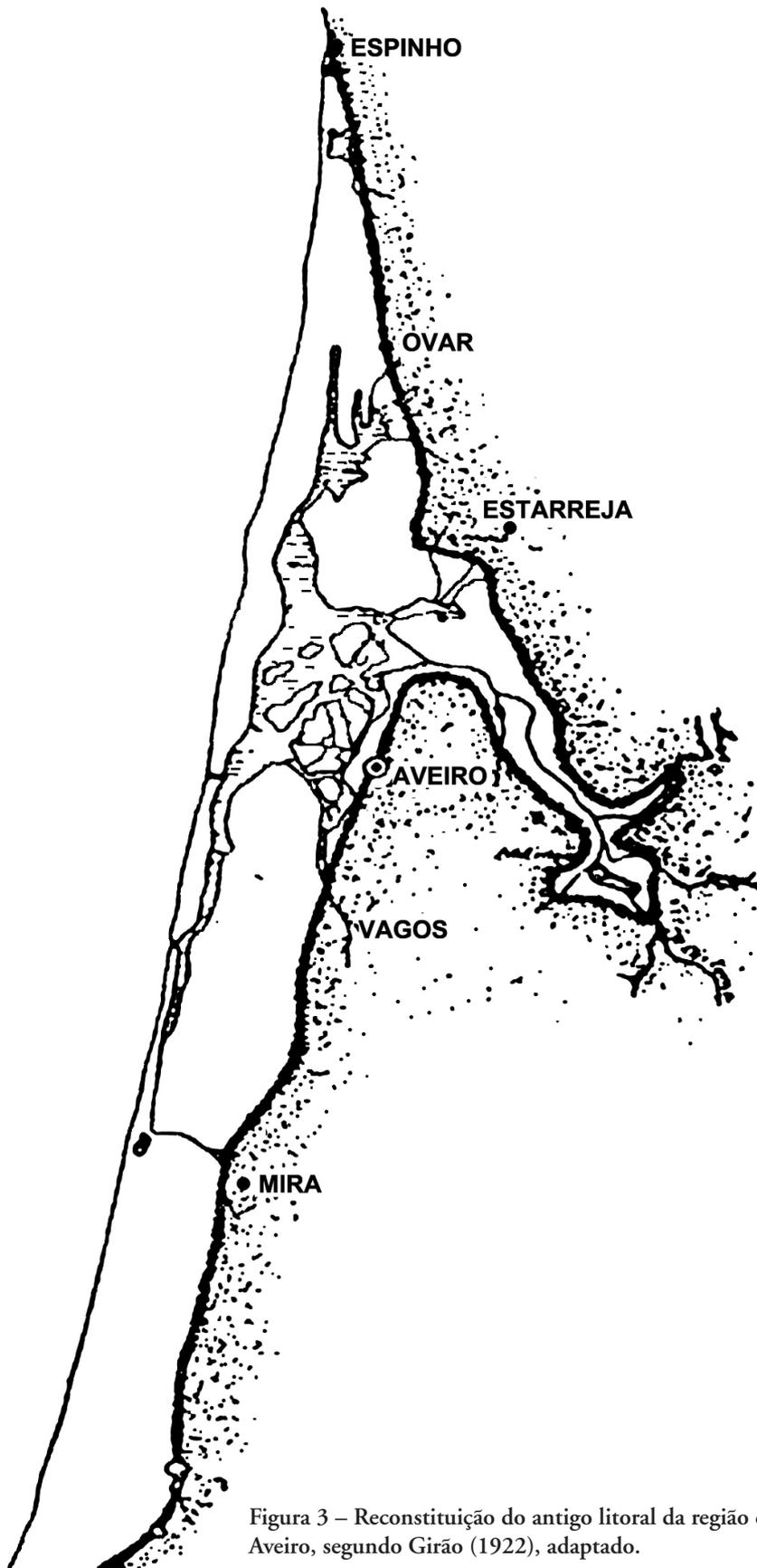


Figura 3 – Reconstituição do antigo litoral da região de Aveiro, segundo Girão (1922), adaptado.



Figura 4 – A Reconquista Cristã da Península. Adaptado de Marques (1982)

O aludido excesso populacional (Coelho & Homem, 1996) provocou, logicamente, a intensificação do consumo de bens básicos, o que levou à criação de novos campos agrícolas e ao aumento da produção de madeira e de lenha (o principal combustível da altura). Em consequência, procedeu-se a grandes desflorestações e desmatações, deixando o solo menos protegido da precipitação atmosférica e da escorrência superficial, o que significou forte aumento do transporte sedimentar fluvial. Este era ainda mais incrementado devido às técnicas agrícolas coevas, conducentes, de forma genérica, a rápida perda de solo, sobretudo numa zona topograficamente acidentada como é a de Entre-Douro-e-Minho.

O fornecimento sedimentar ao litoral em partículas grosseiras (principalmente areias) teve, nessa altura, forte incremento, o que ocasionou grande fortalecimento da deriva litoral e determinou, conseqüentemente, a ampliação da tendência de rectificação da linha de costa.

Tendo como principal força transportadora a energia da onda, que provém de forma dominante do quadrante de NW, a deriva litoral tem, em toda a fachada oeste ibérica, *grosso modo*, sentido Norte-Sul. Assim, as areias debitadas pelos estuários do Douro e outros rios do Minho, deslocam-se para sul, ao longo da costa, cuja orientação é, em geral, NNW-SSE. Na altura, estes sedimentos foram, a pouco e pouco, colmatando as zonas reentrantes, sendo os depósitos assim constituídos condicionados pela disposição dos afloramentos rochosos. Chegadas à zona onde actualmente se localiza Espinho, os afloramentos rochosos costeiros dispõem-se numa orientação NW-SE, divergindo para o interior do continente. Sem o condicionamento imposto pelas aludidas rochas consolidadas, a disposição das acumulações arenosas ficou definida apenas pela onda dominante, dispondo-se-lhe mais ou menos ortogonalmente, ou seja, com direcção aproximada NNE-SSW. O resultado foi o crescimento de uma

restinga arenosa enraizada na zona de Espinho, que progressivamente foi protegendo a parte setentrional da Grande Baía de Aveiro da actuação directa da forte agitação marítima oceânica (Figura 5).

Dados relativamente recentes e em grande parte

ainda não publicados permitem questionar um pouco o cenário acima traçado. Evidências várias indicam, por exemplo, a existência de vegetação arbórea no sector norte da restinga aludida, cuja idade, por vezes, remonta ao período interglaciário anterior ao actual.

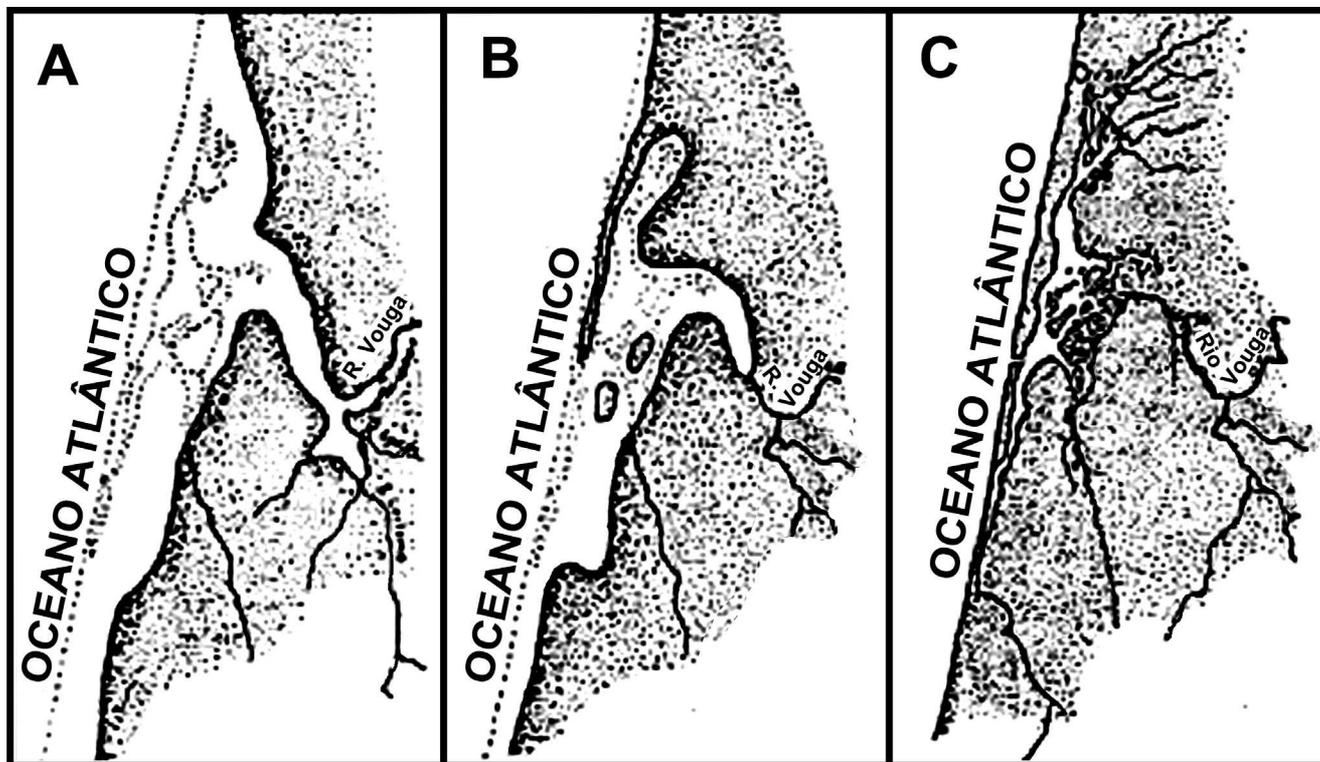


Figura 5 – Evolução da zona costeira de Aveiro: conversão de uma baía em laguna. Segundo Girão (1941), adaptado.

É possível que, no passado, em estádios de mar alto, se tenham desenvolvido na região, devido às suas especificidades geológico-tectónicas, outros corpos lagunares com algumas semelhanças com o actual, de que restariam alguns indícios ainda insuficientemente estudados. Por outro lado, além da herança geológica, sendo a baía referida caracterizada presumivelmente por baixas profundidades, não seria de estranhar que fosse, desde que o nível médio do mar atingiu aproximadamente a cota actual, lugar privilegiado de acumulação sedimentar, principalmente de partículas finas, que acabariam por formar depósitos vasosos submersos. Embora o Vouga seja um pequeno rio no âmbito regional, o seu contributo local para a constituição de tais depósitos poderá ter sido relevante. Acresce que os estuários funcionam como filtros

relativamente eficazes no transporte sedimentar: na fase de histerese estuarina as partículas grosseiras tendem a ficar retidas no estuário, mas as finas passam facilmente, em suspensão, para o ambiente marinho. Parte da carga sedimentar em suspensão debitada pelo rio Douro e outros rios mais a norte pode ter sido transportada para sul, acabando parcialmente por se acumular nesta baía devido aos menores níveis energéticos hidro-sedimentares aí existentes (precisamente por ser uma reentrância costeira). São questões em aberto que reforçam a ideia de que o panorama evolutivo estabelecido no início do século XX constitui, apenas, uma primeira abordagem à complexidade de processos que originaram a laguna de Aveiro.

Apesar da zona costeira considerada estar em profunda transformação de cariz morfodinâmico,

e de se situar em zona perpassada pelos rigores da guerra entre cristãos e muçulmanos, a atractividade dos recursos naturais conduziu, mesmo assim, à sua exploração. Esta era facilitada pelo facto das principais operações militares a norte do Mondego serem separadas por longos períodos de acalmia, o que favorecia uma certa estabilidade da vida rural (Ribeiro 1987). Neste contexto de exploração de recursos naturais ressaltava a exploração de sal, matéria-prima essencial durante toda a Idade Média (e mesmo posteriormente). Nesta região existem referências à exploração de sal durante o século X, com especial incidência na parte norte (Ovar), precisamente a zona mais protegida da incidência directa da onda devido à restinga arenosa em crescimento. A referência mais antiga parece ser a de 929, que regista a venda de salinas sitas no actual concelho de Ovar (Bastos, 2006), o que pressupõe uma exploração já consolidada, eventualmente vinda já do século IX. Aliás, a mesma dedução se pode fazer com base noutros registos, dos quais o mais conhecido é, porventura, o da doação de salinas localizadas em Aveiro que a Condessa Mumadona Dias fez em 959 ao mosteiro de Guimarães, sendo também referidas no seu testamento, datado de 997 (Lobo 1793). É provável que estas Salinas se localizassem na zona de Esgueira, próximo de Aveiro, em zonas em que o relevo conferia protecção da incidência directa da agitação marítima oceânica, pois que a zona de sombra conferida pela restinga arenosa não atingia ainda, provavelmente, este sector.

Da informação historiográfica pode-se concluir que, mesmo não estando a região pacificada, a exploração dos recursos naturais intrínsecos à grande baía de Aveiro era persistente e, possivelmente, em fase de intensificação. Mencionou-se o sal, mas depreende-se que a utilização de determinados locais como portos, bem como a actividade pesqueira eram, entre outras, formas importantes de exploração do Meio.

2.2. A Baía em Confinamento

2.2.1. Da fundação de Portugal à Estabilização das Fronteiras

No século XI a restinga arenosa que viria a isolar a baía de Aveiro do oceano continuou a crescer (Figura 6), para o que seguramente contribuiu o excesso populacional na zona Entre-Douro-e-Minho, mas em

que os factores climáticos tiveram também, por certo, importância relevante. Com efeito, desde meados o século X que se tinha começado a fazer sentir um período de amenidade climática, com verões mais longos, conhecido pela designação de Período Quente Medieval (Lamb 1965), ou por Pequeno Ótimo Climático, o qual favorecia, de forma geral, a agricultura.

Em problemáticas deste tipo é sempre difícil estabelecer relações de causa e efeito, mas o certo é que, por toda a Europa, se verificou, nesta altura, forte crescimento demográfico e grande expansão da agricultura. É de considerar, também, a evolução tecnológica, designadamente nas práticas agrícolas, como a verificada nos arados. O resultado global traduziu-se no aumento das desflorestações e desmatamentos para criação de campos agrícolas. Estima-se que, quando terminou o Período Quente Medieval (dando lugar à Pequena Idade do Gelo), por volta do século XIII, metade das florestas que cobriam quatro quintos da Europa Ocidental e Central antes deste período tinham desaparecido (Fagan 2008). Embora não haja informações específicas para a região considerada, é expectável que a situação tivesse sido semelhante.

Com o forte abastecimento sedimentar decorrente da intensificação da agricultura, a restinga arenosa continuava a crescer rapidamente. Tal significa que, ao longo dos séculos XI e XII, toda a metade setentrional da baía de Aveiro foi ficando protegida da incidência directa das ondas do Atlântico, e progressivamente se transformou, convertendo-se, a pouco e pouco, num ambiente semi-confinado. Era a laguna de Aveiro a nascer.

Em simultâneo, verificaram-se na região modificações sócio-políticas altamente estruturantes. Coimbra, que os cristãos tinham reconquistado e perdido por algumas vezes, foi reconquistada de forma definitiva em 1064 (*e.g.*, Almeida 1967). A linha de fronteira passou a ser delimitada pelo curso do rio Mondego, o que significou que toda a região envolvente da baía aludida passou a estar pacificada, servindo de “válvula de escape” para o excesso populacional existente em Entre-Douro-e-Minho (Coelho & Homem 1996). Este fluxo migratório foi seguramente amplificado não só pelas oportunidades existentes numa área recém-conquistada, mas também pelas potencialidades dos novos ambientes costeiros abrigados que se encontravam em plena constituição.

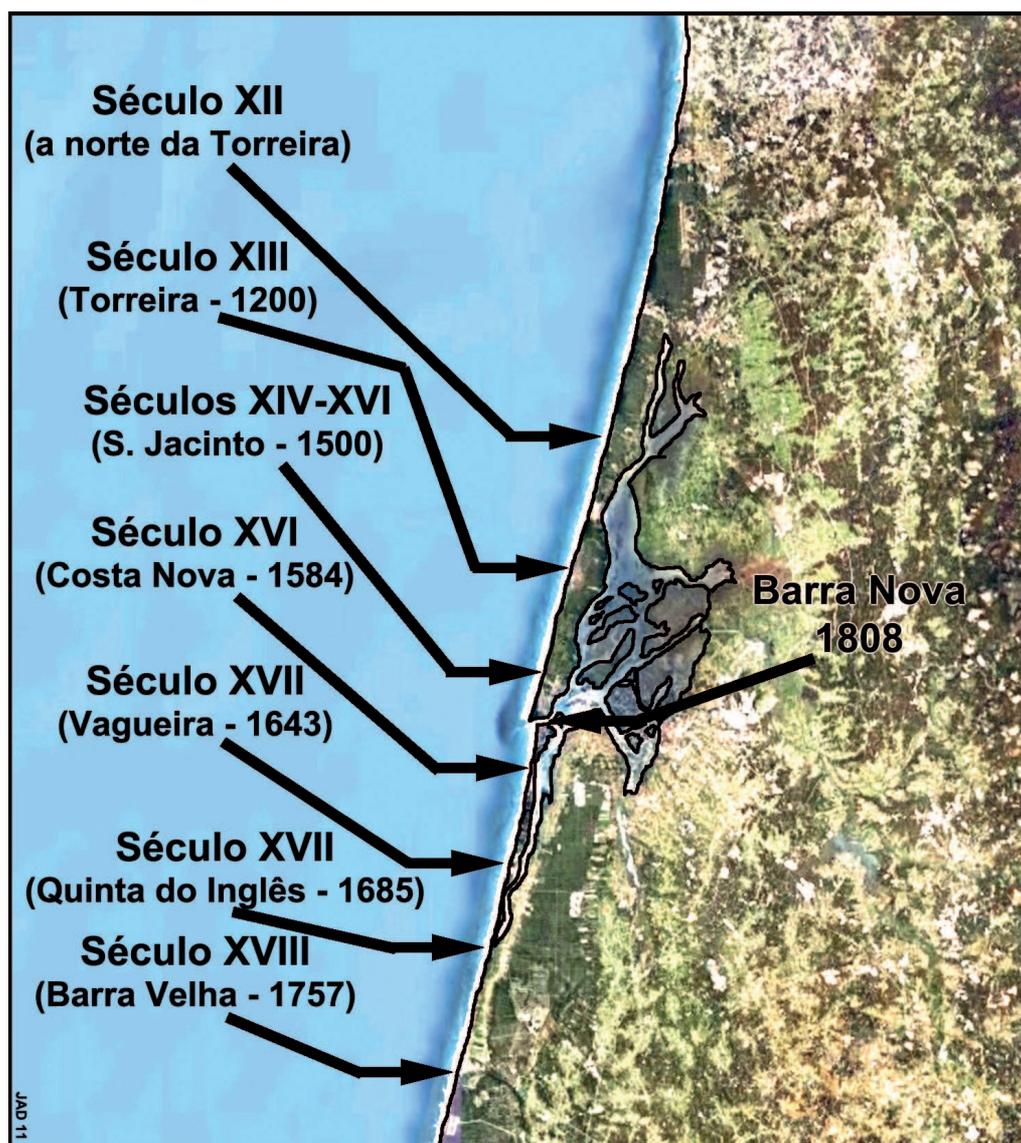


Figura 6 – Diferentes localizações da Barra de Aveiro (adaptado de Lamy 2001)

Em 1143, com o Tratado de Zamora, foi reconhecida a independência de Portugal, ao mesmo tempo que, com a conquista de cidades importantes, como Santarém e Lisboa, a nova fronteira permanente se deslocou mais para sul, fixando-se no rio Tejo. Desta forma, a zona de combate afastou-se definitivamente da região de Aveiro. À medida que o território português se ia definindo, a baía de Aveiro ia ficando cada vez mais confinada, progredindo para a constituição de um corpo lagunar, e os novos ambientes que se iam formando eram alvo de crescente exploração pelas populações que aí se radicavam. Como foi reconhecido por Oliveira (1998), “a Ria de Aveiro e Portugal formaram-se ao mesmo tempo”.

Com o rápido crescimento da restinga, a baía ia progressivamente aumentando o grau de confinamento, sendo cada vez maior a área que ficava na zona de sombra dessa restinga, isto é, em que as ondas oceânicas deixavam de chegar directamente. Por volta de 1200 a restinga prolongava-se já até à zona da actual Torreira (Oliveira, 1988), a NW de Aveiro e a cerca de 30 km de Espinho. Era todo um sistema em rápida transformação, que não só viabilizava uma exploração mais fácil dos seus recursos, mas que também ofertava novos ambientes e novas oportunidades que rapidamente iam sendo aproveitadas pelo Homem.

Na altura, muitos foram os recursos intensivamente

explorados, de onde ressaltam o sal (beneficiando da abundância de água salgada mas sem forte agitação marítima), os portos (que tiravam proveito de uma entrada fácil para o sistema onde encontravam ampla zona abrigada), as pescas (tanto a fluvial, como a que se desenvolvia no interior da baía e a que se fazia em mar aberto), e a agricultura (aproveitando as margens da baía e as ilhas recentemente formadas). Não é, portanto, de estranhar que se tenha verificado nítida propensão para o crescimento populacional na região.

Entre os recursos referidos ressalta o sal. O norte da Europa não dispõe de boas condições, principalmente de índole climática, para produzir este produto, pelo que essas populações vinham abastecer-se ao sul da Europa. A zona do Mediterrâneo era boa produtora de sal, mas o trajecto para os países do norte não era fácil: ou exigia longo transporte por terra, o que aumentava muito os custos e era perigoso pois que, na época, abundavam os salteadores; ou era exportado por mar, diminuindo sobremaneira os custos, mas correndo o risco dos temporais e, pior ainda, dos ataques dos corsários a serviço dos muçulmanos que dominavam o sul da Península e todo o norte de África. Nestas condições, a fachada atlântica da Península Ibérica em poder dos cristãos impunha-se como local privilegiado de abastecimento. Assim, no século XII, a expansão e comércio do sal português abrangia não só a Inglaterra e a Flandres, mas também regiões marginais do Mar do Norte e do Báltico (Rau, 1984).

O sal desde há muito que era produzido nos estuários do norte de Portugal, em particular nos dos rios Minho, Lima, Cávado e Leça. Disso há amplas evidências arqueológicas e documentais (*e.g.*: Lobo 1793; Silva & Figueiral 1986; Almeida 1989; Costa & Cleto 2008). Quando a fronteira estável entre cristãos e muçulmanos se localizava no rio Douro, era seguramente o sal produzido nestes estuários que supria as necessidades. Com a deslocação da fronteira para sul e pacificação da região de Aveiro, não só a exploração de sal foi fortemente intensificada, como ficou disponível para todo o mundo cristão. As condições para a produção de sal são aqui significativamente melhores do que as existentes a norte porque: as zonas marginais são baixas e extensas, em contraste evidente com as dos estuários encaixados do norte, com margens estreitas que rapidamente se elevam; o nível das águas apresenta

apenas pequenas variações na região de Aveiro, ao invés do que se verifica nos estuários nortenhos afectados, por vezes, por cheias violentas; a salinidade das águas é (era) quase invariante, ao contrário do que se verifica nos estuários aludidos, em que a salinidade está muito dependente dos caudais fluviais; a insolação e a temperatura atmosférica são maiores na região de Aveiro, ao mesmo tempo que a pluviosidade é bastante menor; a extensão da área potencialmente produtora de sal é muito mais vasta na região que viria a transformar-se em laguna do que a das existentes nas margens estuarinas no norte, relativamente exíguas.

Por consequência, a pacificação definitiva da região permitiu que Aveiro rapidamente se tenha imposto, nos contextos nacional e internacional, como grande centro salineiro, remetendo para plano secundário e, mesmo, aniquilando, as zonas produtoras a norte do rio Douro. No século XIII o sal de Aveiro atingiu a plenitude, transformando-se num grande centro abastecedor europeu (*e.g.*: Rau 1984; Bastos 2006).

Foi, quiçá, o primeiro período de grande antropização da região. Nessa altura, a paisagem começou a caracterizar-se pela rígida geometria das salinas e pelo branco gritante dos montes de sal, ao mesmo tempo que, no plano de água, pontilhavam as pequenas embarcações (utilizadas, entre outras, para as pescas, para o transporte de sal, para a apanha de vegetação aquática destinada a adubar terrenos agrícolas e para o transporte de pessoas e gado), e ressaltavam os navios que propiciavam o intenso comércio com outras regiões próximas ou longínquas. Nalguns pontos, a relativa harmonia era quebrada pelas estruturas de apoio às actividades portuárias e pelo burburinho e agitação a elas inerentes. Complementarmente, em determinadas áreas sobressaía o volume do madeirame e demais materiais envolvidos na construção naval, surgindo aqui e ali os esqueletos de navios em diversificados estádios de construção. Simultaneamente, nas aluviões marginais e nas ilhas recentemente criadas pelas acumulações sedimentares impunha-se o colorido das actividades agrícolas necessárias para prover de alimentos a população em expansão e, mesmo, para exportação. Não será descabido pensar que, um pouco mais afastado do meio hídrico, apareciam as manchas profundas provocadas pelas desflorestações e desmatações, quer para criar novos terrenos agrícolas, quer para abastecer

os núcleos urbanos em madeira e em lenha. A sócio-economia regional era possante. A paisagem tinha-se transformado de forma radical. Neste contexto, apenas a restinga arenosa continuava sem ocupação e quase sem utilização (Bastos & Dias, este volume).

Foi este o início claro das profundas alterações dos processos e da evolução natural que viriam a caracterizar a laguna de Aveiro. Por exemplo, o assoreamento, ainda que resultado de processos naturais, começou na altura a ser fortemente ampliado pelas actividades acima aludidas. Salinas localizadas mais no interior, como as de Alquerubim, Sá, S. João de Loure e Cacia, situadas no grande golfo onde desaguava o rio Vouga, e que eram bastante activas entre os séculos XI e XIII (Bastos 2006), rapidamente deixaram de laborar. Mesmo as que se localizavam nas margens lagunares começaram, provavelmente, a ter problemas funcionais devido ao assoreamento.

2.2.2. Da Estabilização das Fronteiras às Descobertas

Em 1249 os muçulmanos acabam por ser expulsos definitivamente do Algarve (*v.g.* Marques 1982), ficando Portugal com as fronteiras estabilizadas na mesma configuração, *grosso modo*, que tem actualmente. Com o território a sul do Tejo pacificado, surgem novos centros salineiros (por exemplo, no Tejo, no Sado, no Algarve) que concorrem activamente com o sal de Aveiro, acabando por lhe retirar a supremacia.

Na Idade Média (e até finais do século XIX) o sal era mercadoria essencial na estruturação de grande parte das actividades económicas, sendo utilizado em grandes quantidades. Não apenas era, talvez, o mais importante meio de conservação de alimentos (quer peixe, quer carne), como era também intensamente utilizado em várias actividades artesanais, de onde ressaltam os curtumes. Assim, havia, quer nacional, quer internacionalmente, grande apetência por este produto, que alimentava vários circuitos de negócios. Constituindo poderosa arma económica, não é de estranhar que tenham surgido estratégias e pressões várias (quer da Coroa, quer de municípios, quer de ordens religiosas) conducentes ao domínio da comercialização do sal. Entre os vários autores que referem casos específicos sobre este assunto, citam-se os trabalhos de Lobo (1793; 1812).

A produção de sal em Aveiro, até pela proximidade, não era indiferente às estratégias e dinâmicas marítimas desenvolvidas no Porto. Por exemplo, em 1392 o Bispo do Porto conseguiu permissão do Rei para desmantelamento do complexo de salinas existente na zona entre o Leça e o Douro (Basto 1937), passando a cidade a ser abastecida pelo sal da região de Aveiro. Esta estratégia, muito provavelmente negociada com os armadores e mercadores do Porto, que a terão pressionado, resultou na formação de um extenso mercado de sal, projectado e gerido a partir daquela cidade, que desde logo se tornou um dos mais importantes centros distribuidores desta matéria prima para todo o norte do reino e, ainda, para alimentar o seu comércio internacional (Barros 2008). Transformando-se em importante entreposto de sal, tal significava o pagamento de avultados direitos à governação da cidade. Além de que a supremacia no comércio deste produto se reflectia em vários outros sectores, como o das pescas, pois que a principal forma de exportação do pescado era através da conservação em sal. Neste contexto, não surpreende que muitas salinas de Aveiro tivessem como proprietários comerciantes do Porto, o que é bem explícito em várias documentação notarial desta cidade até aos séculos XVI e XVII (Barros 2008). Aliás, são evidentes as tentativas de monopolização deste comércio, criando-se estratégias para afastar ou eliminar a concorrência. Aponta-se, apenas a título exemplificativo, uma resolução da Vereação, de 1449, que estipulava que apenas os moradores (vizinhos) do Porto estavam autorizados a trazer sal para a cidade (Ferreira 1980). Esta associação de interesses e dependências entre o Porto e a região de Aveiro perdurou longo tempo, de tal modo que, mesmo quando o sal de Setúbal (estuário do Sado) se tornou preponderante no comércio e as condições de produção / exportação em Aveiro se começaram a deteriorar, na área nortenha este continuou a ter mais peso do que aquele (Barros 2008).

Todas as actividades directa ou indirectamente ligadas à zona costeira de Aveiro, de que se fez alusão no ponto anterior, continuaram a desenvolver-se até ao século XVI. Foi o longo período áureo da região. Os impactes dessas actividades foram-se progressivamente ampliando, em particular o assoreamento, levando, por vezes, à adopção de estratégias adaptativas e/ou a deslocalizações.

Entretanto, a restinga arenosa (e a barra respectiva) continuava a avançar para sul, localizando-se frente a Aveiro por volta de 1500. O ritmo de progressão parece ter começado a abrandar mais ou menos nessa altura, não estando bem estabelecidas as razões para tal, embora provavelmente os factores climáticos, designadamente os primeiros impulsos da Pequena Idade do Gelo, tenham tido importância relevante (Dias *et al.* 2000).

Nos séculos XIV e XV verificou-se, também, notável desenvolvimento da pesca longínqua. Desde há muito que os pescadores de Aveiro tinham conhecimento dos pesqueiros do norte da Europa, onde abundava o bacalhau. O contacto frequente com marinheiros dessas regiões, que frequentavam os portos de Aveiro, nomeadamente para carregar sal, ter-lhes-ia permitido aceder, desde cedo, a essas informações. No século XIV já os portugueses iam pescar aos mares europeus setentrionais, existindo mesmo acordos que lhe davam o necessário enquadramento legal, como é o caso do Tratado de Comércio, estabelecido em 1353 entre os moradores do Porto e de Lisboa e o rei Eduardo III de Inglaterra, segundo o qual podiam esses pescadores portugueses fazer as suas pescarias nas costas de Inglaterra e da Bretanha (Lobo 1812).

Na região de Aveiro conjugavam-se todas as condições necessárias para o desenvolvimento da pesca longínqua, principalmente no que respeita à pesca e conservação do bacalhau: havia intensa actividade de construção naval e, por consequência, era fácil arranjar os navios apropriados; havia pescadores e marinheiros experientes para levarem os navios até aos pesqueiros e proceder à pesca; havia abundância de sal (que ia nos navios) para conservar o pescado; havia bons portos para proceder à descarrega do pescado conservado em sal; havia diariamente (no Verão) forte e longa insolação e precipitação atmosférica mínima para secar o peixe ao Sol; havia espaços amplos onde este processamento podia ser desenvolvido a baixos custos; havia intensa navegação de cabotagem que permitia exportar o peixe salgado e seco. Em decorrência destas convergências, Aveiro transformou-se num dos principais (porventura o principal) pólo bacalhoeiro português. Com as descobertas, esta actividade amplificou-se fortemente. Pouco após a descoberta da ilha da Terra Nova, em 1497, já os portugueses iam aí proceder à pescaria do bacalhau, como consta de um Alvará de 1506 (embora

incidindo no Entre Douro e Minho) que manda arrecadar o dízimo desse pescado (Lobo 1812).

Esta era mais uma actividade que, beneficiando das condições naturais da região, se encontrava em franco desenvolvimento entre os séculos XI e XVI. Tal como as outras a que se tem feito alusão, também esta, directa e indirectamente, induzia impactes no meio, contribuindo para a sua progressiva modificação.

2.3. A constituição plena do meio lagunar

2.3.1. Do esplendor ao declínio de Aveiro

Aveiro atingiu o apogeu nos séculos XIV e XV, quando a barra se localizava frente à cidade, permitindo acesso fácil ao seu porto e amplas trocas hídricas com o oceano. No século XVII já a barra se tinha deslocado para a zona de Vagos (Amaral 1968), a SW da cidade de Aveiro, continuando a migrar para sul. Progressivamente foi ocupando posição cada vez mais excêntrica no sistema, perdendo eficácia hidráulica, em resultado do que, por vezes, ficava bastante assoreada. Por outro lado, a renovação das águas no interior da laguna era dificultada. Além dos navios terem dificuldade em passar pela barra, o trajecto até ao porto de Aveiro começava a ser difícil e perigoso. Todas as actividades que, desde há muito, se desenvolviam na região e beneficiavam da exploração do meio natural começaram a entrar em crise devido a modificação desse mesmo meio (em parte decorrente dos impactes induzidos por essas mesmas actividades).

No século XVIII a barra continuou a migrar para sul, revelando-se insuficiente para manter o regime de marés necessário à salubridade da zona e à navegação segura, havendo períodos em que ficava completamente assoreada. Simultaneamente, o assoreamento do meio lagunar era cada vez mais pronunciado, de que é testemunho exemplificativo o que se escreve numa memória de 1759 “há pouco mais de 50 anos as embarcações ordinárias que entravam pela barra, a saber, *hiates, patachos, e caravelas, iam dar fundo ao cais de Aveiro, defronte da Alfândega, [agora, 1759] acha-se entupido*” (Amorim 2008). O tecido económico da região, dependente na maior parte da exploração do meio lagunar e das exportações, entrou em colapso. Sem renovação das águas, toda a região se tornou insalubre. Sempre que a barra fechava ocorria o alastramento das

epidemias de peste e de malária. Verificou-se então grande êxodo populacional. Aveiro atingiu o seu ponto mais depressivo.

Desde a primeira metade do século XVIII que se efectuaram tentativas várias para abrir e estabilizar a barra, embora sem sucesso ou com sucessos efémeros. Uma dessas aberturas concretizou-se em 1757, quando a barra estava praticamente colmatada e as águas represadas na laguna chegavam aos primeiros andares das casas de Aveiro. Nesse ano, abriu-se um “regueirão na areia”, na zona da Vagueira, com o objectivo das águas escoarem para o mar, propósito este que foi conseguido com a ajuda de uma grande tempestade que então ocorreu. Ficou a barra profunda e fácil de praticar. No entanto, nesse mesmo ano, começou a assorear rapidamente, ficando, de novo, quase obstruída (Dias *et al.*, 1994).

Em 1777, a barra encontrava-se errante, já nos areais de Mira, a quase 20 km a sul de Aveiro, na posição mais meridional que ocupou. Tinha terminado todo um longo processo, com nove séculos de duração, que conduziu à constituição da laguna de Aveiro. Um processo conducente à ascensão, à afirmação plena, e depois à decadência e quase colapso de Aveiro e da região envolvente.

A região era insalubre, sendo a malária (*sezões*) endémica e frequentes outras doenças epidémicas, como o tifo. Muitas das actividades paralisaram. Devido ao estado da barra e sua posição longe do porto de Aveiro, os navios foram rareando de ano para ano. Se no século XVI, apenas para comércio e para a pesca do bacalhau, eram aí aparelhados 150 navios, não contabilizando as numerosas embarcações estrangeiras que demandavam o porto, em meados do século XVIII o movimento de navios foi ínfimo, registando-se, por exemplo, apenas 5 navios entre 1736 e 1740, 9 entre 1741 e 1744, e zero entre 1745 e 1750 (Sampaio, 1966). Nos períodos de pluviosidade elevada, como a barra não dava saída às águas, verificavam-se cheias violentas, com grandes inundações dos terrenos ribeirinhos, paralisação da agricultura e destruição de salinas. O estado a que tinha chegado o meio lagunar está bem expresso numa memória de 1807, em que se diz: “*as terras lavradas estão fora de estado de cultura; os prados submergidos; as salinas todas cobertas; more o gado que vive das ervas, adoce muita gente em Aveiro e na Marinha; e alguns médicos dizem que o peixe que vai pastando plantas que*

não são aquáticas e que apodrecem debaixo da água, vem a ser muito nocível [...]; já ninguém em Aveiro quis comprar peixe da Ria” (Amorim 2008). Como se referiu anteriormente verificou-se grande êxodo populacional. A população de Aveiro que, em 1422, era de 2 769 almas e que tinha crescido notavelmente, atingindo as 14 000 no século XVI, devido aos problemas impostos pela morfodinâmica (principalmente os associados à barra) decaiu para 3 000 no princípio do século XIX (Sampaio, 1966), isto é, valores análogos aos de 4 séculos antes.

Dada a necessidade urgente da existência de uma barra eficaz, foram apresentados, ao longo do quarto quartel do século XVIII, vários projectos de abertura da barra que, ou tiveram resultados efémeros, ou em que os trabalhos foram abandonados sem que se tivesse obtido qualquer êxito, ou que pura e simplesmente nunca foram concretizados.

A situação apenas começaria a ser resolvida com a abertura da barra artificial de Aveiro, em 1808, no local onde se encontra actualmente, o que está mais pormenorizadamente descrito em Bastos & Dias (este volume).

2.3.2. A Recuperação de Aveiro

A situação calamitosa em que se encontrava a laguna (e toda a região dela dependente) só começou a ser revertida no início do século XIX. Os trabalhos realizados entre 1802 e 1808, dirigidos por Gomes de Carvalho, possibilitaram que, em 1808, o molhe sul (hoje central) ficasse concluído e se abrisse artificialmente a nova barra, na mesma posição em que se encontra actualmente. A comunicação com o mar estava “definitivamente” restabelecida, o que viabilizou o saneamento da região e a recuperação da navegação. Logo em 1809 entrou na laguna um comboio de 48 navios mercantes ingleses (Sampaio 1966).

Porém, os problemas da barra (elemento estruturante que, em última análise, tipifica o corpo hídrico como corpo lagunar e não lacustre) estavam apenas minorados mas não completamente resolvidos. A largura e a profundidade não persistiram por muito tempo. Como nada de relevante se concretizou para continuar as obras encetadas (regularização e guiamento das correntes de vazante, etc.), e face à ausência de obras de manutenção eficazes, começou a acentuar-se a ruína do molhe e conseqüente degradação do estado da barra (Dias *et al.* 1994). No Inverno de 1837/1838 um

temporal destruiu a estrutura de engenharia perto da Gafanha e reabriu uma “barreta” a quase 10km a sul da barra artificial, mais ou menos onde, anteriormente, se localizava a antiga barra natural da Vagueira (Loureiro 1904). Esta “barreta”, além de provocar inundação de grandes áreas de terrenos baixos, veio pôr em risco a face meridional do molhe e induzir forte assoreamento da barra aberta em 1808, tornando-a muito perigosa e quase inoperacional. Apesar de intenções várias para fechar a “barreta” da Vagueira, nos anos subseqüentes pouco ou nada se fez.

Com a progressiva deterioração da situação, a barra de Aveiro constituía uma preocupação constante. Entre 1823 a 1858 pouco ou nada se fez de relevante, deixando-se arruinar o que existia. Foi um período de marasmo, de inacção, de abandono (Sampaio 1996). Em 1859 procedeu-se a obras de recuperação e de construção de novas estruturas, cujos bons resultados foram imediatos, embora não duradouros. Com efeito, em 1873, a barra estava de novo praticamente fechada, sendo outra vez aberta artificialmente. Objecto de intervenções esporádicas, a barra continuou, em maior ou menor grau, a apresentar problemas até ao início do século XX, ora permitindo que fosse praticada por navios, ora ficando em avançado estado de assoreamento. Em 1925 era calamitoso o estado a que chegara a barra e o molhe sul estava em ruínas. Toda a economia da região se ressentia (uns anos mais, outros menos) desta situação. Refira-se, a título de exemplo, que os navios bacalhoeiros regressados da Terra Nova não podiam, muitas vezes, entrar no porto de Aveiro, e iam descarregar ao porto de Leixões, a norte do Porto.

Em 1932 iniciaram-se novas obras, com resultados animadores, às quais se sucederam outras, entre 1949 e 1958, que foram absolutamente decisivas para a manutenção de uma barra praticável com relativa facilidade.

2.4. O Corpo Palustre Adiado

2.4.1. O melhoramento da barra

Como se referiu, as novas obras de melhoramento da barra iniciaram-se em 1949 e consistiram no aumento de comprimento para 690m do molhe norte e na construção de um novo, mais a sul, com 780m de comprimento e ligeiramente convergente com o

anterior. As obras terminaram em 1958, verificando-se já, antes desta data, grande melhoria da situação da barra. Os problemas da barra de Aveiro estavam, na sua maior parte, resolvidos, embora com gravíssimas consequências a sotamar. Com efeito, o prolongamento deste molhe interrompeu a deriva litoral, evitando que as areias nela envolvidas continuassem a assorear a barra. No entanto, esta interrupção da deriva litoral provocou forte deficiência sedimentar a sul, de onde resultou assinalável recuo da linha de costa. Segundo Oliveira *et al.* (1982), os recuos máximos registados terão atingido 10m/ano no período de 1958/73.

O molhe norte da barra de Aveiro interrompeu, como é normal, a deriva litoral, que é da ordem de 1 a 2 milhões de m³/ano. Em consequência, acumulou-se grande volume de areias na parte setentrional. Vinte e cinco anos após o prolongamento do molhe Norte, encontrava-se este já quase colmatado, passando a ser pouco eficaz na retenção da deriva litoral, verificando-se agravamento no assoreamento da barra. Assim, e na sequência de um conjunto de obras interiores de correcção dos canais, foi o molhe Norte prolongado mais 500m, entre 1983 e 1987. Esta nova intervenção veio melhorar as condições da barra mas, em simultâneo, agravou ainda mais os graves problemas de erosão costeira a sotamar (Dias *et al.* 1994). Progressivamente, esses problemas propagaram-se em direcção a sul, atingindo nos dias de hoje cerca de dois terços do trecho costeiro entre Aveiro e o Cabo Mondego.

2.4.2. A Laguna rejuvenescida

No primeiro quartel do século XX escrevia Girão (1922) que a laguna “*está inevitavelmente condenada a desaparecer*”. Tinha este autor em consideração a evolução natural destes corpos hídricos, que a certa altura transitam para uma fase palustre e, com a continuação do assoreamento e crescimento da vegetação, se transformam, finalmente, em terra firme. Num sistema com fortes impactes das actividades antrópicas, designadamente no que se refere a incremento do assoreamento, a velocidade destas transformações é muito amplificada. Entre o século XVIII e início do século XX o sistema estava claramente a transitar da fase lagunar para a palustre. A abertura artificial da barra, em 1808 e, de forma muito mais substantiva, as obras aí realizadas em meados do século XX, criaram uma

abertura com elevada eficiência hidráulica, propiciando amplas trocas hídricas entre o meio lagunar e o oceano. Foi a fase palustre a ser adiada através da reanimação da fase lagunar.

Consequentemente, como o volume de água salgada que entrava para a laguna aumentou bastante e a circulação interna foi reactivada, verificou-se a recuperação de muitas actividades económicas, entre as quais a indústria salineira, a pesca lagunar e costeira, a construção naval e as actividades relacionadas com a pesca do bacalhau.

A partir de 1951 a pesca longínqua voltou a desenvolver-se e as empresas armadoras aumentaram o número de unidades. Em 1932 o bacalhau proveniente da pesca longínqua entrado em Aveiro resumia-se a apenas 1420 toneladas. Porém, em 1951, esse valor ascendia já às 14805 toneladas (Sampaio 1996). Simultaneamente, a indústria salineira, que entrara em colapso com os problemas derivados do fecho da barra, registava recrudescimento notável: na safra de 1965, as 268 salinas activas produziram já 95,5 mil toneladas de sal (Sampaio 1966).

Em consequência, verificou-se importante crescimento demográfico associado a movimentos migratórios atraídos pela grande dinâmica económica e social de Aveiro. Com efeito, existiu forte diversificação das actividades, designadamente com densificação do tecido industrial. Se muitas dessas actividades dependiam directamente do meio lagunar, como a construção naval, a indústria salineira, a pesca longínqua e costeira, em muitas outras a laguna apenas surge subsidiariamente, como acontece com as indústrias do papel, químicas, metalomecânicas, de cerâmica e faiança, do calçado, da cortiça, de madeiras e dos lacticínios. Em meados da década de 60 o número de estabelecimentos fabris era já bastante elevado: cerca de 5 500 (Sampaio 1966).

2.4.3. A Laguna Poluída

Neste contexto industrial ressalta a indústria química, instalada principalmente em Estarreja. Esta actividade teve o seu início na década de 30 do século XX, quando aí foi instalada uma unidade de produção de cloro e soda, mas foi após a II Guerra Mundial, com o início da produção de amoníaco em Portugal, que Estarreja surgiu como um dos mais importantes pólos da indústria química portuguesa, a qual prosseguiu, em 1952, com o

arranque das novas unidades do Amoníaco Português. A intensificação deste tipo de indústria continuou na segunda metade do século XX com instalação, entre outros, de complexos adubeiros, petroquímica de aromáticos, fabrico dos poliuretanos (Nunes 2005). Estas e outras actividades contaminantes induziram, logicamente, fortes impactes no ambiente lagunar.

Um dos muitos indicadores dessa forte contaminação é expresso pela acumulação de metais pesados em enguias (*Anguilla anguilla*), *ex-libris* da região de Aveiro, pois que são muito apreciadas do ponto de vista gastronómico e constituem recurso económico bastante significativo. Segundo Eira *et al.* (2009), os parasitas das enguias *Proteocephalus macrocephalus* (Cestoda) e *Anguillicola crassus* (Nematoda) revelaram ser bioacumuladores respectivamente de crómio, níquel, chumbo e zinco, e de cobre, crómio e chumbo. Embora os dados revelem que as enguias podem continuar a ser consumidas sem risco desde que devidamente limpas dos órgãos internos, o facto em si é revelador do estado em que se encontram algumas zonas do meio lagunar, representando um risco real para o ecossistema e para as aves migratórias.

Entre muitos outros exemplos a que se poderia fazer alusão, refere-se o caso dos foraminíferos bentónicos, organismos reconhecidos pela sua importância na avaliação da qualidade ambiental, em função da toxicidade dos sedimentos. Nas zonas protegidas de correntes de maré muito intensas, em que os sedimentos estão menos contaminados, a abundância e diversidade destes organismos tende a ser relativamente grande; porém, nas áreas em que existe contaminação média, as biocenoses de foraminíferos tendem a ser dominadas pelas espécies *Haynesina germanica*, e *Ammonia tepida*, conhecidas pela sua tolerância à poluição química, e codominadas por *Quinqueloculina seminulum* e *Elphidium* spp.; nas áreas mais contaminadas, onde as concentrações de metais pesados, como arsénio, cádmio, cobre, níquel, chumbo e zinco, são mais elevadas os organismos vivos são raros ou ausentes, embora possa ser elevada a abundância de carapaças vazias, o que sugere elevada mortalidade dos indivíduos que para aí são transportados pelas correntes de maré (Martins *et al.* 2010). A situação mais drástica, onde a abundância de indivíduos vivos e mortos é mais reduzida, verifica-se no Largo do Laranja, onde os efluentes industriais da

zona Estarreja entram na Ria de Aveiro, e onde, além do cocktail concentrado de metais referidos, também são encontrados teores elevados de Mercúrio.

2.4.4. A Laguna Assoreada

A apanha de moliço na laguna constituía uma das actividades mais características e importantes ligadas à agricultura, onde era utilizado como fertilizante das terras de cultura. Durante o período dramático em que as trocas hídricas com o oceano eram mínimas, nos séculos XVII e XVIII, a salinidade das águas baixou drasticamente e o moliço não só começou a escassear, como perdeu muito das suas qualidades como adubo. Porém, quando a barra recomeçou a funcionar com alguma regularidade, no século XIX, esta actividade readquiriu pujança. É interessante reter, até por revelar o forte assoreamento a que a laguna estava sujeita, o que se diz no Relatório Oficial do Regulamento da Ria, de 1912: “O moliço (...), *requerem naturalmente terreno quase permanentemente alagado, e hoje grande parte dos leitos que antigamente se mantinham inferiores ao nível das maiores baixa-mares, emergem já a pouco menos de meia maré, havendo muitos que se elevaram de modo a só serem banhados pelas preia-mares de águas vivas e alguns pelas dos equinócios. (...) A exploração extremamente intensa que se tem exercido pela extracção continuada, (...) representa, se não o aniquilamento da vegetação, que é muito potente, pelo menos o depauperamento da produção*” (Lopes 1968).

Entretanto, esta actividade decaiu e acabou por ser proibida. Em consequência, o assoreamento ampliou-se pois que a vegetação aquática constitui forte elemento indutor da sedimentação das partículas em suspensão. Por outro lado, na agricultura passaram a utilizar-se fertilizantes químicos, o que teve como consequência o incremento significativo da contaminação do meio lagunar.

3. CONCLUSÕES

A “Ria de Aveiro” constitui exemplo paradigmático de como o Homem aproveita os recursos naturais, e de como a evolução do meio físico cria novas oportunidades para as populações. É, também, bom exemplo de como, muitas vezes, os impactes induzidos pela aludida exploração dos recursos naturais provocam modificações

ambientais, que podem mesmo conduzir à perda desses recursos, ou ao aparecimento de outros. Geram-se, desta forma, mecanismos de retro-alimentação (*feedback*), em que: as características ambientais propiciam a utilização dos recursos; estas actividades antrópicas induzem respostas de adaptação do meio; a amplitude e/ou o tipo dos recursos é alterado o que exige respostas adaptativas da população, de modo a prosseguir-se com a exploração do sistema; tal provoca novas modificações nesse ambiente ...

Estes processos de retro-alimentação, se não houver o conhecimento científico e a sagesa necessárias, acabam por conduzir a completa artificialização do sistema natural, o qual fica dependente das continuadas acções do Homem. Foi o que se verificou na laguna de Aveiro, actualmente mantida no estado lagunar exclusivamente devido às intervenções antrópicas. É o que se poderia designar por uma antro-po-laguna.

Do caso da “Ria de Aveiro” colhem-se muitos ensinamentos úteis que podem e devem ser utilizados na gestão de outros sistemas que ainda não atingiram este estado de artificialização, como é o caso da baía de Sepetiba, no estado do Rio de Janeiro, Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABECASIS, C.K.. 1955. The history of a tidal lagoon inlet and its improvement (the case of Aveiro, Portugal). *Proceedings of the Fifth Conference on Coastal Engineering*, p.329-363.
- ALMEIDA, C.A.B.. 1989. Salinas Medievais entre o Cávado e o Neiva. *Revista Bracara Augusta*, Tomo XXXII – Fasc. 75-76 (87-88), Braga
- ALMEIDA, F.. 1967. *História da Igreja em Portugal*, nova edição preparada e dirigida por Damião Peres. Vol. I, Porto, Portucalense Editora.
- AMARAL, D.A.. 1968. “A laguna: vida, morte e ressurreição de Aveiro”. *Aveiro e o seu Distrito*, nº 6, Aveiro, pp. 34-45.
- AMORIM, I.. 1997. *Aveiro e a sua Provedoria no séc. XVIII (1690-1814). Estudo económico de um espaço histórico*. Ed. da Comissão de Coordenação da Região Centro.
- AMORIM, I.. 2008. Recursos e infra-estruturas portuárias – gestão e funcionalidade de um porto:

- Aveiro (1756 – 1857). *Revista da Faculdade de Letras: História*, III Série, 9:141-167, Porto.
- BARROS, A.J.M.. 2008. O Porto, o monopólio do sal e a estruturação da economia mercantil (séculos XIII-XV). *A articulação do sal português aos circuitos mundiais: antigos e novos consumos: past and new consumption trends*, pp.27-43, Universidade do Porto, Instituto de História Moderna, Porto.
- BARROS, H.G.. 1947. *História da Administração Pública em Portugal nos Séculos XII a XV*, 2.^a ed., t. IV, Lisboa.
- BASTO, A.M.. 1937. *Vereações. Anos de 1390-1395*. Câmara Municipal, Gabinete de História da Cidade, Porto
- BASTOS, M.R.C.. 2006. O Baixo Vouga em tempos medievos: do preâmbulo da monarquia aos finais do reinado de D. Dinis. Tese de doutoramento, 285p., Universidade Aberta, Lisboa.
- BASTOS, M.R.C.; DIAS, J.A.. no prelo. Um teste de resiliência nas relações homem-meio: o caso da restinga arenosa da laguna de Aveiro. Este volume
- BORREGO, C., LUÍS, A. & MARGALHA, J.. 1994. - Estudo da avaliação da vulnerabilidade da capacidade de recepção das águas e zonas costeiras em Portugal – Bases para um estatuto de protecção da Ria de Aveiro: 9-55; IDAD - Instituto de Ambiente e Desenvolvimento.
- CENTENO, R.. 1983. A Dominação Romana. In: Saraiva, J.H. (dir.), *História de Portugal. Origens – 1245*, pp.149-212, Publicações Alfa, Lisboa
- COELHO, M.H.C. & HOMEM, Armando Luís de Carvalho (Coord.). 1996. *Portugal em Definição de Fronteiras. Do Condado Portucalense à crise do Século XIV*. Vol. III de *Nova História de Portugal* (dir. de Joel Serrão e A. H. de Oliveira Marques), Lisboa, Editorial Presença.
- COSTA, P. e CLETO, J.. 2008. O sal do esquecimento: salinas e comercialização de salgados na foz do rio Leça. *A articulação do sal português aos circuitos mundiais: antigos e novos consumos: past and new consumption trends*, Universidade do Porto, Instituto de História Moderna, Porto.
- CUNHA, S.R.R. e. 1930. *Relance da História Económica de Aveiro: Soluções para o seu problema marítimo a partir do século XVII*. Edição do autor, tipografia Imprensa Universal, 62p., Aveiro.
- DAVIES, J.H.. 1964. A morphogenetic approach to world shorelines. *Zeit. Geomorphol.*, 8: pp 27-42.
- DIAS, J.A.. 1985. Registos da Migração da Linha de Costa nos últimos 18 000 anos na Plataforma Continental Portuguesa Setentrional. *Actas da 1ª Reunião do Quaternário Ibérico*, 1:281-295, Lisboa.
- DIAS, J.A.; BOSKI, T.; RODRIGUES, A.; MAGALHÃES, F.. 2000. Coast line Evolution in Portugal since the Last Glacial Maximum until Present – A Synthesis. *Marine Geology*, 170:177-186. ISSN: 0025-3227. Doi: [10.1016/S0025-3227\(00\)00073-6](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(00)00073-6)
- DIAS, J.A.; FERREIRA, Ó; PEREIRA, A.R..1994. *Estudo Sintético de Diagnóstico da Geomorfologia e da Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros entre Espinho e Nazaré*. Esamin / Instituto de Conservação da Natureza, 261p., Lisboa.
- DIAS, J.M.; LOPES, J.F. & DEKEYSER, I.. 1999. Hydrological characterization of the Ria de Aveiro, Portugal in early Summer. *Oceanologica Acta*, 22, 473-495.
- DIAS, J.M.; LOPES, J.F. & DEKEYSER, I.. 2000. Tidal propagation in the Aveiro lagoon, Portugal. *Physics and Chemistry of the Earth (B)*, 25(4), 369-374.
- EIRA, C.; TORRES, J.; MIQUEL, J.; VAQUEIRO, J.; SOARES, A.M.V.M.; VINGADA, J.. 2009. Trace element concentrations in *Proteocephalus macrocephalus* (Cestoda) and *Anguillicola crassus* (Nematoda) in comparison to their fish host, *Anguilla anguilla* in Ria de Aveiro, Portugal. *Science of The Total Environment*, 407(2):991-998. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2008.10.040](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.10.040).
- FAGAN, B.. 2008. *The Great Warming: Climate Change and the Rise and Fall of Civilizations*. 304p., Bloomsbury Press, New York. ISBN: 978-159691392
- FÉRNANDEZ, M.G.. 2005. “Sobre la alteridad en la frontera de Granada.(Una aproximación al análisis de la guerra e la paz, siglos XIII-XV)”. *Revista da Faculdade de Letras: História*, serie III, 6:,213-235. Porto.
- FERREIRA, J.A.P.. 1980. *Vereações. Anos de 1401-1449*. Câmara Municipal do Porto, Gabinete de História da Cidade, Porto.
- GIRÃO, A.A.. 1922. *Bacia do Vouga. Estudo*

- Geográfico*. Dissertação de Doutoramento, 196pp., Universidade de Coimbra, Imprensa da Universidade, Coimbra.
- GIRÃO, A.A.. 1941. *Geografia de Portugal*. Portucalense Editora, 479p., Porto.
- LAMB, H.H.. 1965. The early medieval warm epoch and its sequel. *Palaeogeogr Palaeoclim Palaeoecol* 1:13–37
- LAMY, A.. 2001. *Monografia de Ovar. Freguesias de S. Cristóvão e de S. João de Ovar (922 – 1865)*. 2.^a Edição, revista, actualizada e aumentada, Vol. 1 (922-1865), Edição da Câmara Municipal de Ovar. Ovar, Portugal.
- LOBO, C.B.L.. 1793. *Memória Sobre a Historia das Marinhas de Portugal*. In: *Memorias de litteratura portugueza*, Tomo V, pp.264-296, Academia das Ciências de Lisboa, Lisboa.
- LOBO, C.B.L.. 1812. *Memória sobre a decadência das Pescarias de Portugal*. Memorias Económicas, tomo IV, pp.312-383, Academia Real das Sciencias de Lisboa.
- LOPES, A.S.. 1968. O problema do moliço na Ria de Aveiro. *Aveiro e o seu Distrito*, 5:23-33, Aveiro.
- LOUREIRO, A.. 1904. *Os portos marítimos de Portugal: Porto de Aveiro*, v.2, Lisboa, Imprensa Nacional.
- LUCCI, L.F.L.S.. 1918. *Alterações litorais. A Ria de Aveiro*. Typographia do Annuario Commercial, Lisboa.
- MARQUES, A. H. de Oliveira. 1982. *História de Portugal*. Vol I – *Das Origens ao Renascimento*, 10.^a edição, Lisboa, Palas Editores.
- MARTINS, F.. 1947. A configuração do litoral português no último quartel do século XIV - Apostila a um mapa. *Biblos*, XXII (I):163-197, Coimbra.
- MARTINS, M.V.A.; DIAS, J.A.; MAHIQUES, M.M.; FIGUEIRA, R.C.L.. 2010. Prediction of sediments toxicity using consensus based sediment quality guidelines and benthic foraminifera in the Ria de Aveiro (Portugal). Workshop Antropicosta Iberoamericana, Cananéia, Abril 2010, São Paulo. (publicado em CD).
- MATTOSO, J.; KRUS, L. e ANDRADE, A.. 1989. *O Castelo e a Feira. A Terra de Santa Maria nos séculos XI a XIII*, Lisboa, ed. Estampa.
- NEVES, F. F.. 1935. Breve história da Barra de Aveiro. *Arquivo do Distrito de Aveiro*, 1: 219-238, Aveiro.
- NUNES, C.P.. 2005. O Complexo Químico de Estarreja - A conquista da competitividade global, *Ingenium*, 87:28-31, Lisboa.
- OLIVEIRA, I. B. M., VALLE, A. J. S. F. & MIRANDA, F. C. C. 1982. “Litoral Problems in the Portuguese West Coast”, in *Coastal Engineering*, vol. III. pp. 1951-1969.
- OLIVEIRA, O.. 1988. Origens da Ria de Aveiro. Aveiro, Câmara Municipal de Aveiro.
- PARTHEY, G.; PINDER, M.. 1848. *Itinerarium Antonini Avgvsti et Hierosolymitanvm: ex libris manuscriptoris*. 403p., Carolo Benedicto Hasio Editores.
- RAU, V.. 1984. *Estudos sobre a história do sal português*. Editorial Presença, Lisboa.
- RIBEIRO, A.; ANTUNES, M.T.; FERREIRA, M.P.; ROCHA, R.B.; SOARES, A.F.; ZBYSZEWSKI, G.; ALMEIDA, F.M.; CARVALHO, D. & MONTEIRO, J.H.. 1979. Introduction à la géologie generale du Portugal. 114 pp., Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa,
- RIBEIRO, O.. 1987. *A Formação de Portugal*. 48p., Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Lisboa. <http://cvc.instituto-camoes.pt/hlp/biblioteca/formportugal.pdf>
- SAMPAIO, A.. 1966. O Porto de Aveiro e a sua influência no crescimento económico da região. *Aveiro e o seu Distrito*, 2:xx-xx, Aveiro
- SILVA, F.A. P. & FIGUEIRAL, I.. 1986. Escavações arqueológicas em Lavra: as salinas romano-medievais da praia de Angeiras. *Boletim da Biblioteca Pública de Matosinhos*, nº 30, Matosinhos.
- SILVA, M.J.V.B.M.. 1991. *Aveiro Medieval*. Aveiro, Edição da Câmara Municipal de Aveiro.
- SOUTO, A.. 1923. *Origens da Ria de Aveiro (Subsídio para o estudo do problema)*. Livraria João Vieira da Cunha Editora, Tipografia Minerva, Aveiro.
- VICENTE, C.M. 1985. Caracterização hidráulica e aluvionar da Ria de Aveiro – utilização de modelos hidráulicos no estudo de problemas; *Jornadas da Ria de Aveiro*; Volume III: 41-58; Câmara Municipal de Aveiro





CAPÍTULO XI

UM TESTE DE RESILIÊNCIA NAS RELAÇÕES HOMEM-MEIO: O CASO DA RESTINGA ARENOSA DA LAGUNA DE AVEIRO





UM TESTE DE RESILIÊNCIA NAS RELAÇÕES HOMEM-MEIO: O CASO DA RESTINGA ARENOSA DA LAGUNA DE AVEIRO

Maria Rosário Bastos¹ & J. Alveirinho Dias²

RESUMO

A evolução do litoral português foi forçada não apenas pelos processos naturais, mas também, com amplitude crescente, pelos impactes das actividades antrópicas, sobretudo a partir do final do Primeiro Milénio d.C.. Devido à conjugação de processos (naturais e antrópicos) verificou-se uma evolução bastante rápida de algumas zonas costeiras, de que é exemplo paradigmático o trecho onde veio a formar-se a laguna de Aveiro (entre Espinho e Mira).

Serve este estudo de caso para, ao expor as incúrias cometidas no cordão litorâneo da laguna de Aveiro, ressaltar práticas e comportamentos que poderão e deverão servir de advertência e exemplo do que não se deverá fazer noutros litorais ou, se quisermos pontualizar, noutras restingas arenosas, como é o caso da Restinga de Marambaia, na baía de Sepetiba, actualmente preservada da exploração antrópica massiva (turística), até porque ciosamente administrada pela Marinha Brasileira.

Palavras-Chave: Laguna de Aveiro; restinga arenosa; impactes antrópicos; turismo

ABSTRACT

The evolution of the Portuguese littoral was forced not only by natural processes but also, in an increasing scale, by the impacts of the anthropogenic activities, especially from the end of the First Millennium A.D. Due to the combination of processes (natural and

anthropogenic ones), it was verified a quite rapidly evolution in some of the coastal areas, like the paradigmatic example of the stretch that came to set in, in the Aveiro lagoon (between south of Espinho and Mira).

This study is an example of what should be avoided in the occupation of the coastal zones. As in Aveiro's Lagoon, Sepetiba's Bay also as a sandy spit call Marambaia. Fortunately, this is still preserved the holding massive anthropogenic. It is carefully managed by the Brazilian Navy and we hope that it will not the same fate as Aveiro's sandy spit.

Keywords: Aveiro's Lagoon; sandy spit; anthropogenic impacts; tourism

INTRODUÇÃO

A laguna de Aveiro está situada no NW de Portugal, entre o Porto e Coimbra (Figura 1). Estende-se, paralelamente ao mar, do qual está separada por uma restinga arenosa, por cerca de 45 quilómetros. A largura máxima actual do corpo lagunar é de uns 8 quilómetros.

Não é possível compreender a formação e ocupação da restinga arenosa da laguna de Aveiro sem tomar em devida nota a formação e evolução deste espaço histórico-hidrográfico tendo em consideração os seus aspectos naturais, económicos, sociais e políticos. Na verdade, a formação do cordão litoral que separa a laguna de Aveiro do mar esteve na base da ocupação e

1. Depto. de Ciências Sociais e de Gestão, Área de História, Universidade Aberta – Delegação do Porto - Portugal, Centro de Estudos da População, Economia e Sociedade (CEPESE), Porto - Portugal, Professora Visitante de Curta Duração da UERJ - Brasil rbastos@univ-ab.pt

2. CIMA – Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Faro, Portugal, Professor Visitante de Curta Duração da UERJ - Brasil jdias@ualg.pt



Figura 1 – Localização da área de estudo

exploração dos recursos naturais do território lagunar. Num período de pré-formação e posterior afirmação de Portugal como reino independente, a população que se fixou na região que viria a ser a da laguna foi mobilizada por uma série de transformações relativamente rápidas da zona costeira, cuja evolução viria necessariamente condicionar os níveis de ocupação do território e as formas de desenvolvimento económico (e relações político-sociais) aí estabelecidas. A construção de uma nova linha de costa ficou a dever-se ao crescimento de uma restinga arenosa enraizada na zona de Espinho (e, conseqüentemente, afastada dezenas de quilómetros da existente originalmente, que desenhava uma ampla baía), e subsequente assoreamento sedimentar que viria a preencher não só o amplo estuário do Vouga (e os de outros rios), mas também de vastas zonas lagunares, transformando muitas vezes em terrenos emersos áreas que, outrora, correspondiam a mar aberto (Figura 2).

A formação deste novo litoral criou condições favoráveis para a fixação das populações que aí podiam encontrar um ambiente propício à exploração de recursos naturais, designadamente sal e pescas, bem como o aproveitamento do abrigo conferido pela restinga que funcionava como porto natural e, com ele, a facilidade de desenvolvimento da navegação/comércio marítimo.

Concomitantemente, detectam-se circunstâncias político-militares que concorrem, a par com os factores naturais, para a ocupação do território. Assim, o chamado processo de Reconquista Cristã, que visava a expulsão dos muçulmanos que haviam invadido a Península Ibérica em 711, faz-se de norte para sul e a verdade é que em 1064 Coimbra fora definitivamente conquistada (Almeida 1967), pelo que a linha de batalha estava já a sul do Mondego. Dessa forma, o território onde viria a implantar-se a laguna de Aveiro era já pacificado e, com isso, passível de constituir um pólo atractivo para uma sobrepopulação enraizada no Entre-Douro-e-Minho (Coelho e Homem 1996). Ou seja, simultaneamente dá-se a criação de um novo litoral, abrigado, pacificado e passível de uma exploração altamente rentável – como o foi – especialmente pela prática da salicultura.

Existem obras que versam a formação geológica da laguna de Aveiro, mas que se afiguram de carácter parcelar, uma vez que não tomam em devida conta a documentação histórica (mormente a escrita). Paralelamente, encontramos monografias de âmbito

local ou regional que, entrando em consideração com os diplomas históricos marginalizam, a mais das vezes, os dados de cariz geográfico e/ou geomorfológico ou então, na melhor das hipóteses, reproduzem ideias há muito veiculadas e repisadas, não almejando a sua reinterpretação à luz dos informes inclusos nas fontes escritas.

Em 1904, Adolfo Loureiro, a propósito da descrição do porto de Aveiro, traça uma rápida panorâmica histórica de Aveiro desde os tempos romanos até final do século XIX (Loureiro 1904), abstendo-se, no entanto, de entrar em quaisquer lucubrações sobre a origem e autenticidade das fontes que suportam o seu texto. No que concerne à evolução geomorfológica dos terrenos em apreço, não podemos deixar de assinalar o trabalho pioneiro de Schwalbach Lucci intitulado *Alterações Litorais. A Ria de Aveiro*, dado à estampa no longínquo ano de 1918, no qual se esboça já uma caracterização dos terrenos, acompanhada da análise da evolução dos mesmos e respectivo impacte na configuração do litoral. Trata-se, todavia, de uma abordagem basicamente de índole geológica, geomorfológica e geodinâmica. Este mesmo estudo acabou por ser “respigado” e referido nessa autêntica tese de referência para todos quantos se interessem pela Bacia do Vouga e, conseqüentemente, pela formação da laguna de Aveiro (implantada na secção terminal desta Bacia Hidrográfica), da autoria de Amorim Girão (1922). Aqui o Autor apresenta uma abordagem mais global e integrada da área em estudo, chegando a reportar-se, ainda que vagamente, à documentação histórica escrita (e arqueológica), designadamente quando aborda a “Ria de Aveiro” no seu passado “pré-histórico”, “proto-histórico” e “histórico”. Imediatamente no ano seguinte foi publicado o trabalho de Alberto Souto (1923), onde é aprofundada a questão da formação e desenvolvimento da laguna aveirense, muito embora centre a sua análise em matérias de cariz geomorfológico, caracterizando a rede hidrográfica circundante, descrevendo e datando os solos onde se formou a laguna, ao que aduz as diferentes fases e mecanismos conducentes à eclosão deste acidente litoral. Trata-se, em nosso entender, de um trabalho extremamente valioso que surpreende pela precocidade imposta, quer no que respeita às hipóteses aí aventadas, quer no que respeita às próprias teorias que propõe. Os atrás mencionados estudos de Amorim Girão e Alberto

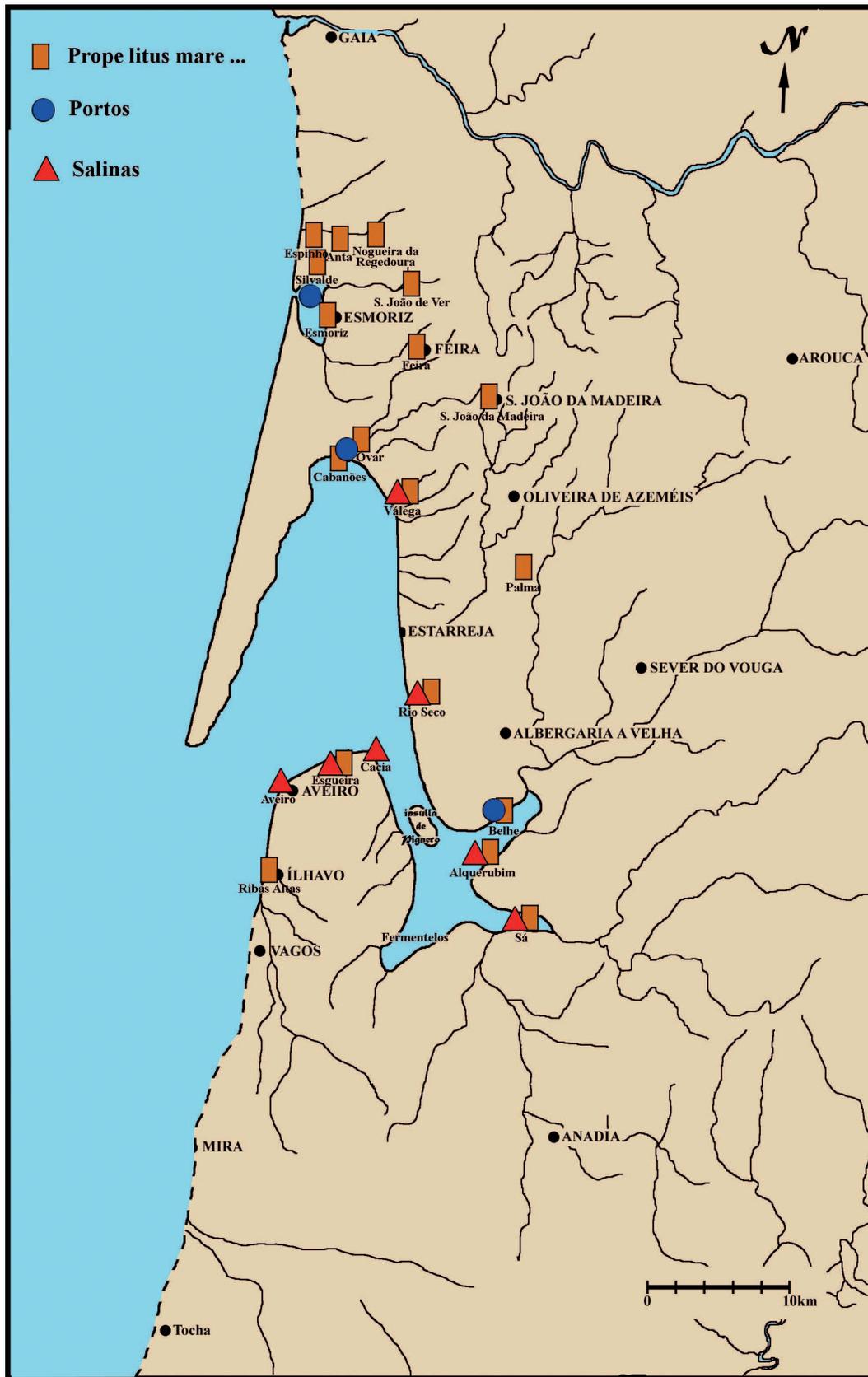


Figura 2 – Provável linha de costa (séculos IX a XIV)

Souto, embora remontem ao primeiro quartel do século XX, têm sido sistematicamente utilizados (de forma explícita ou implícita) sempre que se aborda a matéria da formação e desenvolvimento da laguna de Aveiro ou de questões que lhe estão adstritas como sejam a migração da barra natural e construção do porto de Aveiro. Com efeito, os estudos e monografias subsequentes não aduzem muito ao que ficara já explicitado nos anos 20 do século passado.

Como quer que seja, reiteramos: os estudos a que temos vindo a aludir centram-se sobretudo em questões de carácter geográfico, geológico e geomorfológico, negligenciando o contributo (ou, ao menos, o contributo aturado e submetido a uma metodologia crítica) da análise da documentação histórica. No entanto, é de realçar que a História pode e deve suportar, tanto quanto possível, as induções de carácter geofísico geomorfológico, ao expressar ideias e fenómenos que pela sua monumentalidade, estranheza ou relevância, ficaram gravados na Memória Escrita (e não só, se bem que admitimos que a valência deste trabalho se consubstancie, sobretudo, na reinterpretação dos diplomas históricos à luz dos dados provenientes de outros ramos científicos e vice-versa).

Do ponto de vista da abordagem histórica, é evidente que não trabalhámos a partir do completo vazio editorial. De entre as obras de que lançamos mão destacamos os trabalhos de Mattoso *et al.* (1989) sobre *O Castelo e a Feira*, de Silva (1991) sobre *Aveiro Medieval*, assim como o de Amorim (1997) sobre *Aveiro e a sua Provedoria no Séc. XVIII (1690-1814). Estudo económico de um espaço histórico*. Em todas estas obras constatamos uma preocupação criteriosa no enquadramento das matérias versadas no meio natural coevo, reservando mesmo algumas páginas exclusivas à descrição do mesmo. No entanto (abra-se excepção para o trabalho *O Castelo e a Feira* atrás referenciado), não se nos afigura claro que com o desenvolvimento dos respectivos estudos se tenha, sempre que possível, feito o contraponto entre os comportamentos humanos e o espaço circundante à época, atendendo em que medida os mesmos interagiram e se inter-influenciaram. Além destes, salientem-se inúmeros artigos e pequenas monografias históricas, com especial destaque para o trabalho de Oliveira (1967) sobre *Ovar na Idade Média*. Nestes registamos uma assaz completa exposição das

fontes históricas (escritas), contrastante com uma total ausência de referências às características e evolução do espaço físico. O certo é que não conseguimos descortinar um estudo que caracterizasse o espaço físico do Baixo Vouga e seu *hinterland* (o qual integra, obviamente, a zona ocupada pela laguna de Aveiro e respectiva restinga arenosa), tomando em consideração, simultaneamente, dados integrados provenientes da Geologia, da Geomorfologia e da História.

Assim, constituem-se como objectivos do presente trabalho a análise da história da ocupação e exploração dos recursos naturais da restinga de Aveiro, feita através de uma abordagem, tanto quanto possível, de cariz interdisciplinar. Para tanto, compilou-se a informação disponível, procedendo-se ao cruzamento dos dados com vista a perceber até que ponto as informações geomorfológicas eram suportadas ou refutadas pelas fontes históricas documentais e vice-versa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A laguna de Aveiro implantou-se numa grande baía então existente situada entre o norte de Ovar (Cabanões, à época) e as proximidades do Cabo Mondego, cuja formação e respectiva delimitação se ficou a dever ao desenvolvimento de um cordão arenoso ou restinga que a separou da costa marítima então existente. Esta restinga arenosa, enraizada a sul de Espinho, começou a evidenciar-se por volta do século X. Aliás, só assim se explica que já em 929 existissem marinhas em Válega, actual freguesia do concelho de Ovar (P.M.H., *Diplomata et Chartae*, doc. 35), cuja exploração pressupunha que aí chegassem as águas marinhas mas, paralelamente, que estivessem ao abrigo da acção directa da forte agitação marítima característica da região. Tal facto só poderia decorrer da protecção conferida pela restinga arenosa atrás mencionada.

O crescimento da restinga ficou a dever-se, em grande medida, ao débito dos sedimentos transportados pelo Douro e por outros rios nortenhos para as respectivas embocaduras, sedimentos esses que foram carregados para sul mercê, sobretudo, da deriva litoral induzida pela onda dominante, do quadrante NW. Alberto Souto (1923) advertia para a circunstância ao afirmar:

“Entretanto mais areias se alinhavam do norte para o sul e se juntavam formando uma plataforma costeira que a pouco e pouco se estendia para o mar, descendo tão suavemente como a inclinação das camadas margosas e calcareas submersas. E as restingas crescem, formadas pelas areias provenientes não só da desagregação e fragmentação das rochas das altas montanhas da bacia hidrográfica, mas das terras ribeirinhas e da corrente do Douro”.

E, ainda a propósito da formação da restinga, esclarece o mesmo Autor que:

“... nos pontos em que a costa é baixa as ondas começam a rebentar mais ao largo, e portanto a demenir de intensidade, vindo afinal amortecer-se na areia ou cascalho da praia. O resultado é que, em vez de atacarem a margem, depositam junto dela os detritos que traziam em suspensão, e lhe tinham servido de instrumento demolidor em outros pontos. Este material é o que o próprio mar tinha arrancado em pontos distantes, ou que os cursos de água lhe tinham levado do interior das terras. [...] Os detritos que o mar transporta ao longo das costas depositam-se a jusante das partes salientes, ou nas partes em que o fundo é baixo, tendendo em qualquer dos casos a alinhar-se com a corrente. O depósito forma assim uma espécie de cordão paralelo à costa. Daqui o nome de cordão litoral” (Souto 1923).

Na verdade, a costa localizada a sul de Espinho, sendo baixa e arenosa, reunia as condições propícias à deposição dos sedimentos fornecidos pelo rio Douro (e outros rios do Minho) e transportados pelo mar por acção das ondas, cuja acumulação originou a formação do dito cordão litoral ou restinga, de orientação NNE-SSW. É evidente que o crescimento deste cordão litoral foi proporcional ao aumento da deposição sedimentar nesse mesmo litoral. Poder-se-á, ainda, conjecturar que, nos primeiros séculos portugueses, o Pequeno Ótimo Climático associado ao crescimento demográfico então verificado (e especialmente sensível numa zona

sobrepopoada como era, e ainda é, o Entre-Douro-e-Minho) e consequente ampliação das áreas agricultadas, provocou um aumento da quantidade de sedimentos debitados pelo Douro e rios minhotos a barlamar, o qual se repercutiu necessariamente no crescimento da restinga para sul, a sotamar (Dias *et al.*, 2000). Os estudos geomorfológicos apontam para o facto de, por volta de 1200, o cordão litoral ter já alcançado a zona da actual praia da Torreira (Amaral 1968), onde teria permanecido a maior parte do século XIII (Oliveira 1988).

À medida que avançamos no tempo, alarga-se a panóplia de informações alusivas à evolução do trecho costeiro no qual se implantou a laguna de Aveiro e respectiva restinga. Esta prosseguiu a sua marcha em direcção ao sul atingindo, no século XV, a região perto da qual se situa, ao presente, a ermida de Nossa Senhora das Areias, sensivelmente em frente à actual praia de S. Jacinto. Estamos convictos que a curtíssima distância percorrida pela restinga entre o século XIII (localizada em frente à actual praia da Torreira) e o século XV (localizada em frente à actual praia de S. Jacinto) deve ter estado relacionada com o agravamento das condições climáticas, especialmente acutilante no século XIV.

Tal facto teria contribuído de forma decisiva para a emergência da conhecida trilogia das “fomes, pestilências e guerras” *trecentistas*, as quais ao levarem a um decréscimo na demografia e, conseqüentemente, ao desincentivo das actividades antrópicas, o que provocou uma redução da erosão dos solos e, portanto, uma diminuição dos sedimentos carreados pela rede fluvial, posteriormente transportados pelo mar.

A arqueologia náutica parece ter vindo a consolidar o traçado da deslocação da barra natural no que respeita à sua localização e cronologia. Assim, a descoberta de um navio datado do século XIV, afundado junto à actual zona do terminal *Roll on - Roll of* do porto de Aveiro (Alves *et al.* 2005), pode indiciar a existência de um porto natural em frente a S. Jacinto, ao largo do qual se dera o naufrágio. A análise sedimentológica das relíquias arqueológicas encontradas no fundo da laguna pode datar os ritmos de assoreamento interno da laguna de Aveiro. Uma premissa nos parece evidente: a partir de finais do século XIV e, sobretudo, nos séculos seguintes, a restinga arenosa que delimita externamente a laguna era caracterizada por uma evolução morfodinâmica rápida, constatável na já referida migração da barra natural.

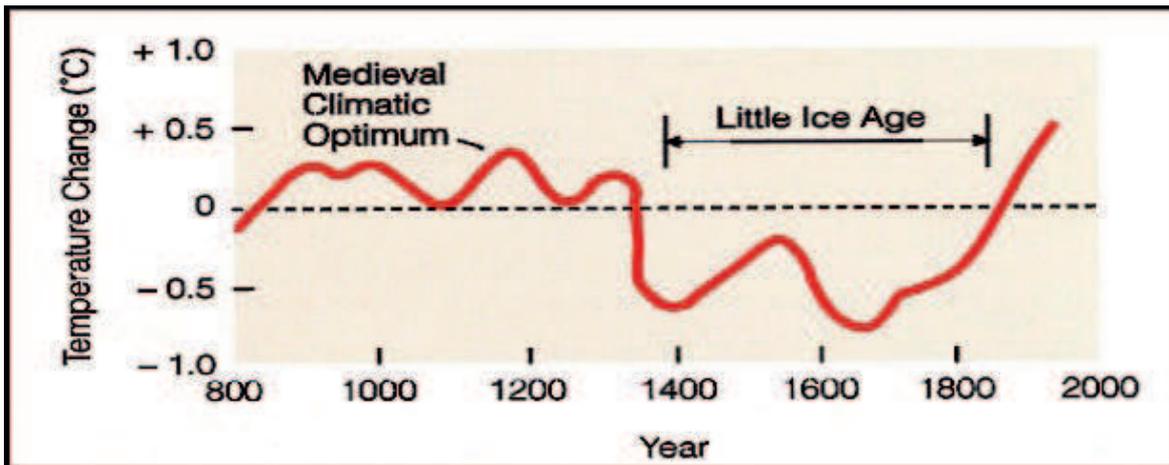


Figura 3 – A evolução climática

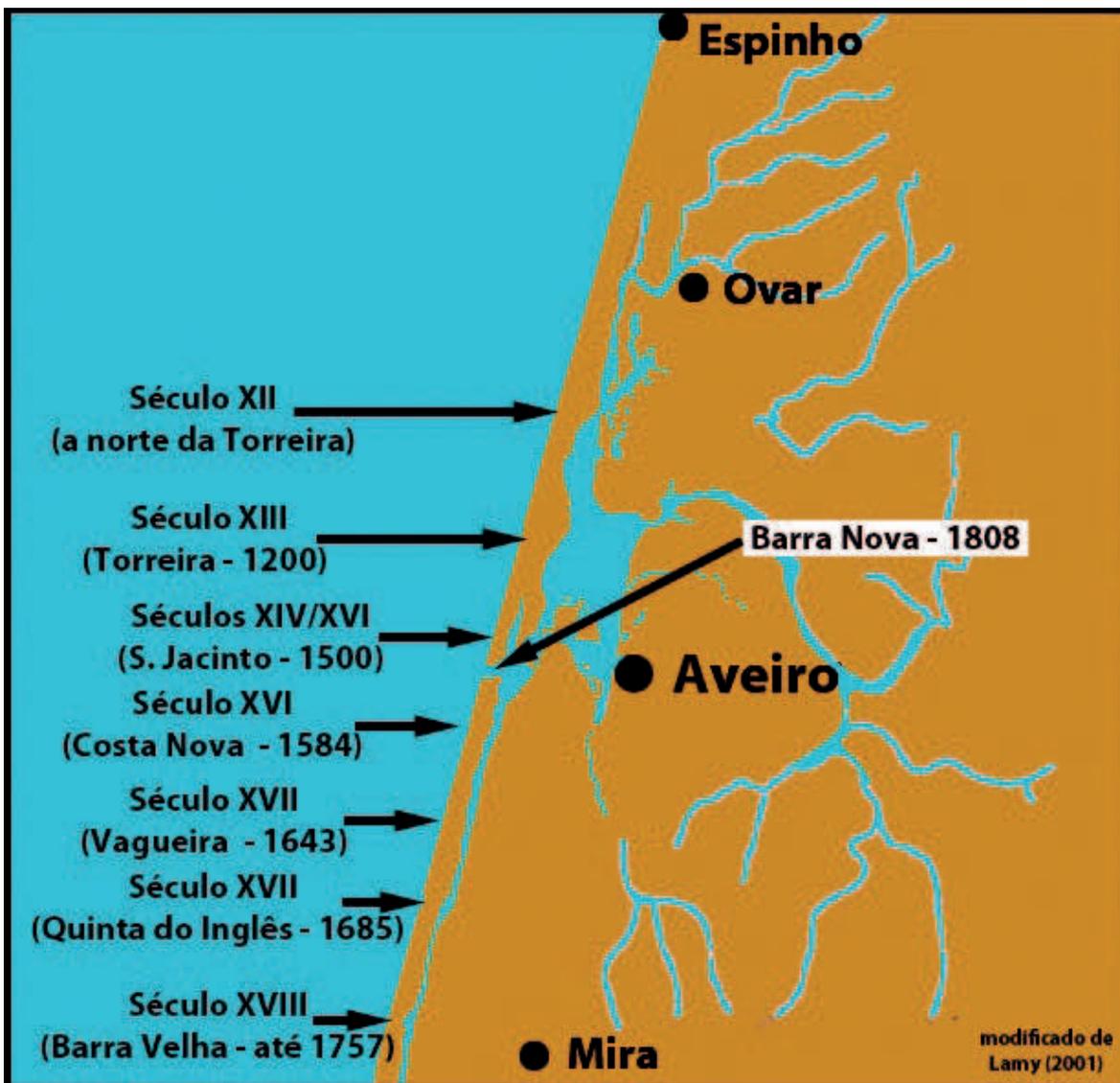


Figura 4 – Evolução da barra natural

Na década de 40 do século XVII a barra natural estaria por terras da actual Vagueira (Amaral 1968). A partir do momento em que a barra atinge os areais de Mira a história da região afigura-se trágica, assistindo-se ao entupimento cíclico da mesma, o que, quando acontecia, transformava toda a área “num vasto pântano onde as marés mal se faziam sentir, resultando daqui a impossibilidade da agricultura e do fabrico do sal, e o aparecimento de graves epidemias” (Neves 1956).

Depois de várias tentativas falhadas, a questão só foi ultrapassada em 1808 com a construção da barra artificial, implantada no local onde ainda permanece (Oliveira, 1988). A empresa foi entregue pelo Príncipe Regente ao Eng. Reinaldo Oudinot e a seu genro o Eng. Luís Gomes de Carvalho que, em 1802, dirigiram as obras da barra do Douro e que ficavam, igualmente, incumbidos de “realizarem um projecto para abertura e estabilização da barra de Aveiro” (Oliveira 1988).

Podemos afirmar que a abertura da “barra nova de Aveiro” foi o primeiro elemento estruturante de antropização na restinga de Aveiro. Até então a ocupação/utilização deste território era escassa. O mais antigo documento histórico que encontramos alusivo ao espaço em análise data de 4 de Fev. de 1283, quando o rei D. Dinis afora (arrenda) a um particular (Pedro Bermudes) o monte “que jaz no termo de Cabanões (Ovar) e se chama Gelfã [restinga], com a condição de que o possua em sua vida e me pague anualmente cinco libras em dinheiro pelo montado de coelhos e pastagem de gados” (T.T., *Chancelaria de D. Dinis*, Livro 1, fl. 64). Depois deste particular, foi o mosteiro de Grijó (Gaia) o locatário seguinte da restinga que, mediante o pagamento da mesma verba (cinco libras), recebeu da Coroa portuguesa a gelfa “e lá trazia a pastar numerosas cabeças de gado, éguas, bois vacas e porcos”, como se pode atestar por um documento de 1354 (T.T., *Tombo do Mosteiro de Grijó*, Livro I, fls. 242-245).

Ou seja, podemos constatar que este novo litoral lagunar em formação (e mais propriamente a língua de areia que se vinha desenvolvendo de norte para sul) como terra nova que era pertencia à coroa. Porém, o seu valor seria muito baixo porquanto a renda anual paga em 1283 por cerca de 25 Km de restinga era de apenas 5 libras e não foi actualizada aquando do novo arrendamento feito ao mosteiro de Grijó. Para termos uma ideia da ordem de grandeza desta renda assinala-se

que o mesmo monarca, D. Dinis, em 1311, concedeu a João Macieira a isenção do pagamento da renda de 50 libras (valor anual) para que este pudesse refazer duas marinhas de sal abandonadas em Aveiro (*Milenário de Aveiro*, vol. I, doc. 59). Depreende-se, assim, que para além de praticamente sem antropização (terrenos de pastagens), o valor patrimonial da “gelfa” era irrisório (a reconstrução de 2 marinhas, no início do século estimava custar 10 vezes mais).

Em meados do séc. XIV, a restinga fora já invadida por gados não pertencentes ao mosteiro de Grijó. Os habitantes da zona talvez começassem a considerá-la logradouro comum, conforme documento de 1354 em que o mosteiro de Grijó e Rui Coelho chegaram a um acordo de divisão “meio por meio” das pastagens existentes nos lugares de “Reelva e Estromeira, Porrida e vimas e em todo los outros lugares dela fos de Vouga ataa o Furadoiro que era no julgado de Cananões (...)” (T.T., *Tombo do Mosteiro de Grijó*, Livro I, fls. 242-245). Esta é, de facto, a primeira referência conhecida à localidade do Furadouro, primeiro núcleo piscatório marítimo da faixa costeira lagunar. Os documentos de Cabanões (actualmente Ovar, no extremo norte da Laguna de Aveiro) falam já em pesca de mar para a Idade Média, pois “nem se pode facilmente admitir a vinda de baleias a uma ria, embora diferente da actual e com largas entradas marítimas” (Oliveira 1967). Todavia, esta actividade de pesca em mar alto não seria relevante em termos de ocupação da restinga. Ainda no século XVI a situação seria similar já que a primeira referência à pesca da sardinha, que tão importante viria a ser para a região, data de 1501 (Oliveira 1967). A apanha da sardinha fazia-se com as artes pequenas ou chinchorros (pequenas embarcações) que não permitiam aos pescadores afastarem-se muito da costa, agitada e perigosa. Ou seja, para além da pastagem de gado, a pesca marítima foi um dos elementos da fraquíssima ocupação/utilização da restinga arenosa da laguna de Aveiro. Serviu como de base de partida para a pesca de mar, incrementada posteriormente com a arte xávega (pesca de arrasto praticada no grande areal) e potenciada pela implementação da indústria conserveira, designadamente com a fábrica de conserva de sardinha que, em 1776, o francês João Pedro Mijoule instala no Furadouro (Lamy & Rodrigues 2001). Sublinhe-se que, ainda mais que as ondas, os marítimos temiam

a pirataria, sobretudo argelina que, por exemplo, em Julho de 1738 e, novamente, em Abril e Maio de 1754, fizeram grandes destruições por toda a costa em análise, sobretudo em Ovar (Oliveira 1967). Este factor, aliado à falta de condições para a agricultura (campos dunares) constitui por si só (como aconteceu na generalidade dos litorais expostos) explicação suficiente para o desinteresse na ocupação do território.

Uma outra forma de intervenção antrópica, também ela sem grande impacte, foi a florestação da restinga com a sementeira do chamado “Pinhal de Ovar” (1723-1893), com vista à fixação das areias dunares (Lamy 2001, vol. 1). Todavia, logo em finais do século XIX (1893) foi vendido o primeiro talhão da estrumada, como então se chamava ao Pinhal de Ovar (1723-1893). Esta política de venda da área recém-florestada foi fortemente incrementada, de tal forma que, em apenas 13 anos (1893-1906), foi dizimada toda a mata municipal (Lamy 2001, vol. 2) e só entre 1920 e 1938 as dunas de Ovar voltaram a ser arborizadas (Lamy 2001, vol. 3).

Pelo exposto se comprova que, na verdade, até aos inícios do século XX, os impactes antrópicos na restinga de Aveiro foram muito incipientes ou praticamente nulos. Mesmo a abertura da barra artificial em 1808 (que, como atrás deixamos expresso, foi o primeiro elemento estruturante de antropização na restinga de Aveiro), só posteriormente, com as obras de melhoria da referida barra e, nomeadamente, as de construção e prolongamento dos molhes de entrada, a transformaram no principal factor de antropização, ainda que indirecta, de todo este litoral (muito em especial na parte localizada a sotamar da mesma).

Com efeito, a antropização massiva da restinga e com fortes impactes ambientais surgiu na segunda metade do século XX e esteve directamente relacionada com a democratização da praia e a vulgarização da prática da vilegiatura marítima (Corbin 1989), bem como da melhoria das acessibilidades, designadamente com a construção de pontes que ligam a margem interior lagunar à restinga e, através dela, à praia oceânica. É certo que a moda de “ir a banhos” é bastante anterior e era recomendada e praticada em Portugal pelo menos desde meados do século XIX (Freitas 2007). No entanto, ir para a praia implicava, necessariamente, a existência de meios de comunicação que permitissem o acesso fácil

à mesma, o que não era objectivamente o caso das praias localizadas ao longo da restinga de Aveiro. Assim, foi a construção de pontes que, ao facilitar a acessibilidade às estâncias balneares, contribuiu decisivamente para a alteração da paisagem da restinga. Estas foram:

1. Ponte da Varela que liga as freguesias do Bunheiro (c. da Murtoza) e Torreira foi inaugurada a 22 de Junho de 1964 (Assembleia da República, *Diários das Sessões da Assembleia Nacional*, Legislatura 8, Sessão Leg. 8, nº 152, sessão de 18.11.1964). Até então a travessia fazia-se de barco entre o cais da Béstida - Murtoza e a Torreira (Couto 2009);
2. Ponte da Vagueira, em madeira, edificada pelos próprios moradores da região em 1966. Pôs fim à tradicional travessia da laguna, sustentada em dois batelões encimados com pranchas de madeira, de forma a que os carros passassem de uma margem para outra (informação pessoal de Nelson Costa, testemunha da ocorrência). Posteriormente esta ponte foi substituída por uma ponte de betão, construída entre 1987 e 1989 (Câmara Municipal de Vagos, 1989).
3. Ponte da Barra que começou a ser construída em Outubro de 1972 e só ficaria concluída após o Verão de 1975, ligando o centro urbano à beira-mar e, assim, substituindo a centenária ligação de madeira do Forte da Barra (Câmara Municipal de Ílhavo, 2008).

A partir de meados do século XX e com especial acutilância desde a década de oitenta até ao presente, a restinga de Aveiro tem sido alvo de uma intensa antropização consubstanciada, sobretudo, na construção de habitações de veraneio e empreendimentos turísticos. Tentando corresponder as exigências da procura, as edificações são feitas o mais próximo possível do mar ou da laguna, de modo a proporcionarem excelentes vistas. Isto implica construção em zonas de risco máximo, até porque, muitas vezes, os empreendimentos ocupam a duna primária. A construção de edifícios nestas zonas, num contexto de erosão costeira generalizada, fará com que, a breve trecho, tal como se verifica em várias outras regiões, o litoral entre em colapso, isto é, que acabe por ser completamente artificializado, perdendo a sua função ecológico-protectiva, e exigindo grandes

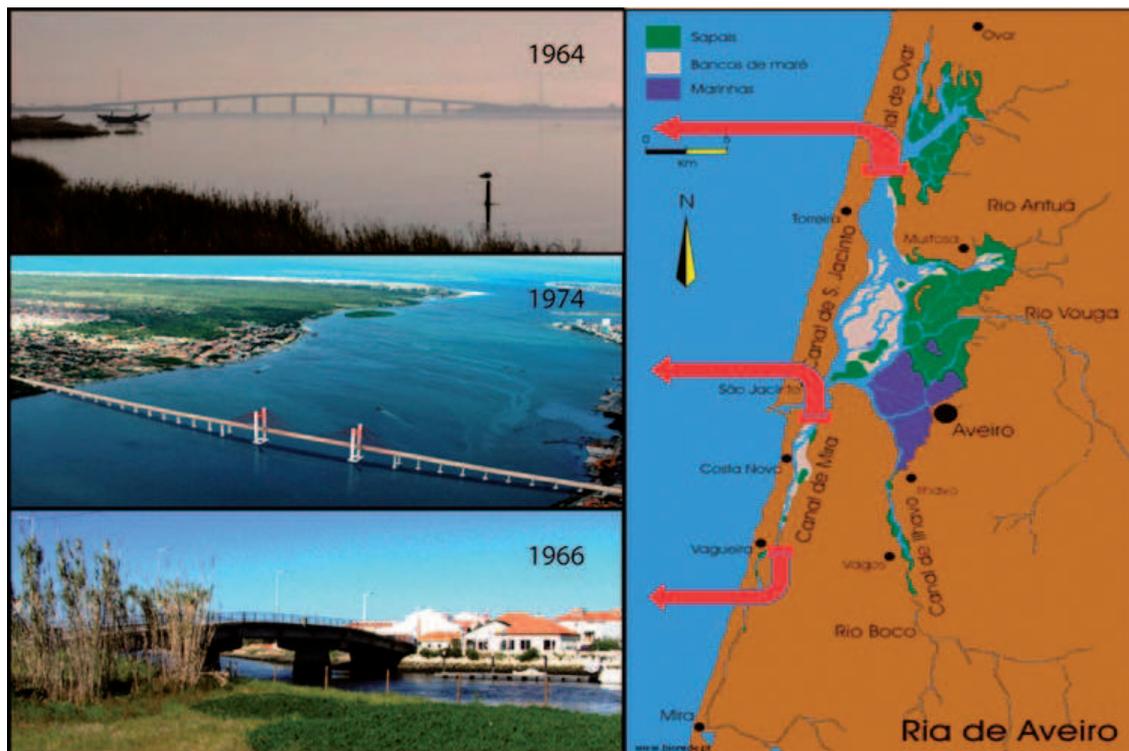


Figura 5 – As pontes da restinga de Aveiro

investimentos continuados para manutenção dessa linha de costa artificial (Dias 2005). Obviamente que este facto, para além dos evidentes prejuízos ambientais, leva a que em épocas de temporais (sobretudo no Inverno) se verifiquem galgamentos (quer no litoral marítimo como no lagunar), os quais colocam em risco pessoas e bens. Para obviar a esta situação têm vindo a ser construídas estruturas de defesa (enrocamentos e esporões) que, recorrentemente, carecem de reconstrução e ampliação, transformando-se em autênticos sorvedouros de dinheiro dos contribuintes e que, objectivamente, não resolvem a situação mas apenas adiam o previsível.

CONCLUSÕES

Em síntese, podemos afirmar que a rápida evolução geomorfológica dos terrenos lagunares nos alvares da nacionalidade e durante os primeiros séculos de Portugal, expressa pelo crescimento de uma restinga enraizada a sul de Espinho, permitiu a criação de um trecho litoral protegido e favorável ao desenvolvimento de actividades económicas altamente

lucrativas (pesca, navegação, comércio marítimo e salicultura). Paralelamente, a amenização climática consubstanciada no “Pequeno Ótimo Climático Medieval” e associada ao crescimento demográfico então verificado (em parte resultante daquela), conduziram à necessidade de ocupação de novos terrenos para fazer face ao aumento da procura de bens essenciais. Com a conquista definitiva de Coimbra pelos cristãos em 1064, estavam criadas as condições de pacificação e segurança do litoral norte, o que terá produzido enorme impacto ao nível da atracção para uma zona costeira recém-formada (ou melhor, ainda em formação).

Não obstante, a antropização da zona da laguna de Aveiro fez-se sentir ao nível do seu litoral interno uma vez que a restinga, *per se*, era demasiado exposta e portanto vulnerável a perigos naturais e humanos. Assim se explica que até meados do século XX este território tenha permanecido praticamente no seu estado natural. Porém, a apetência crescente para o usufruto das praias, associada à construção de novas acessibilidades (pontes), conduziu a uma alteração substantiva da paisagem. Actualmente, a restinga de Aveiro afigura-se bastante

antropizada onde pontuam as construções hoteleiras e habitações de veraneio localizadas sem respeito pelos valores ambientais, e sem se acautelarem as normas mínimas de segurança face a eventos meteorológicos extremos (que ocorrem, com frequência, durante o Inverno).

Serve este exemplo para alertar para outras situações que, por não terem sido ainda alvo de aproveitamento e exploração massiva, podem e devem ser salvaguardadas. É o caso da restinga da Marambaia, na Baía de Sepetiba (situada no litoral do estado do Rio de Janeiro), a qual se encontra, ainda, praticamente no seu estado prístino. É um território sujeito à administração da marinha brasileira que a utiliza tão só como campo de treino para o exército, onde só se pode entrar com autorização das entidades competentes. Porém, dada a sua beleza paisagística esta restinga, à semelhança do que se verificou com a de Aveiro, pode ser alvo de interesses especulativos que a desvirtuem por completo. O litoral deve ser usufruído pelo Homem mas também deve ser por ele respeitado. Compete a todos, Academia, poderes políticos, organismos de gestão e população em geral, pugnar por esse difícil mas inultrapassável imperativo de viver as zonas costeiras com bom senso e parcimónia.

FONTES E BIBLIOGRAFIA

a) Fontes Históricas

- Assembleia da República. 1964. *Diários das Sessões da Assembleia Nacional*, Legislatura 8, Sessão Leg. 8, nº 152, sessão de 18.11.(Portugal).
- Câmara Municipal de Vago. 1989. – *Auto de Recepção Provisória. Empreitada de Conceção – Execução da Ponte da Vagueira*, Processo 6.2.2 – 1/87 (Portugal).
- Milenário de Aveiro*, Colectânea de Documentos Históricos. 1959. org., leitura e revisão de António Gomes da Rocha Madahil. 1º vol., Aveiro, Câmara Municipal de Aveiro (Portugal).
- Portugaliae Monumenta Historica a saeculo octavo post Christum usque ad quintumdecimum iussu Academiae Scientiarum Olisiponensis Edita. Diplomata et Chartae*. 1867. Vol. I, Olisipone (Portugal).

- T.T., *Chancelaria de D. Dinis*, Livro 1, fl. 64 (Portugal).
- T.T., *Tombo do Mosteiro de Grijó*, Livro I, fls. 242-245 (Portugal).

b) Referências Bibliográficas

- AHRENS, C. 1999. *Meteorology Today. An Introduction to Weather, Climate, and Environment*. 6th Edition, U.S.A., Brooks/Cole.
- ALMEIDA. 1967. *História da Igreja em Portugal*, nova edição preparada e dirigida por Damião Peres. Vol. I, Porto, Portucalense Editora.
- AMARAL. 1968. “A laguna: vida, morte e ressurreição de Aveiro”. *Aveiro e o seu Distrito*, nº 6, Aveiro, pp. 34-45.
- AMORIM. 1997. *Aveiro e a sua Provedoria no séc. XVIII (1690-1814). Estudo económico de um espaço histórico*. Ed. da Comissão de Coordenação da Região Centro.
- COELHO & HOMEM. 1996. *Portugal em Definição de Fronteiras. Do Condado Portucalense à crise do Século XIV*. Vol. III de *Nova História de Portugal* (dir. de Joel Serrão e A. H. de Oliveira Marques), Lisboa, Editorial Presença.
- CORBIN. 1989. *O território do vazio. A praia e o imaginário ocidental*. S. Paulo, Companhia das Letras.
- DIAS, J. A.; BOSKI T.; RODRIGUES A. & MAGALHÃES, F. 2000. “Coast Line Evolution in Portugal since the Last Glacial Maximum until Present: a Synthesis”, in *Marine Geology*, 170, pp. 177-186.
- DIAS, J. 2005. Evolução da Zona Costeira Portuguesa: Forçamentos Antrópicos e Naturais. *Encontros Científicos - Turismo, Gestão, Fiscalidade*, 1:7-27. ISSN: 1646-2408.
- GIRÃO, A. 1922. *Bacia do Vouga. Estudo Geográfico*. Coimbra, Imprensa da Universidade.
- LAMY e RODRIGUES. 2001. *Furadouro: uma terra com passado e com futuro*. Ovar, Comissão de melhoramentos do Furadouro.
- LAMY. 2001. *Monografia de Ovar. Freguesias de S. Cristóvão e de S. João de Ovar (922 – 1865)*. 2.^a Edição, revista, actualizada e aumentada, Vol. 1 (922-1865), Vol. 2 (1865-1916), Vol. 3 (1919-1959), Ovar, Edição da Câmara Municipal de Ovar.
- LOUREIRO. 1904. *Os Portos Marítimos de Portugal*

- e Ilhas Adjacentes*. Vol. II, Lisboa, Imprensa Nacional.
- LUCCI, de. 1918. *Alterações litorais. A Ria de Aveiro*. Lisboa, Typographia do Annuario Commercial.
- MATTOSO; KRUS e ANDRADE. 1989. *O Castelo e a Feira. A Terra de Santa Maria nos séculos XI a XIII*. Lisboa, ed. Estampa.
- NEVES, F. . 1956. “Documentos relativos à abertura da actual barra de Aveiro”. *Sep. do Arquivo do Distrito de Aveiro*, vol. XXII, Aveiro.
- OLIVEIRA. 1988. *Origens da Ria de Aveiro*. Aveiro, ed. Câmara Municipal de Aveiro.
- OLIVEIRA, Pe. A. de. 1967. *Ovar na Idade Média*. Ovar, ed. Câmara Municipal de Ovar.
- SILVA. 1991. *Aveiro Medieval*. Aveiro, Edição da Câmara Municipal de Aveiro.
- SOUTO.1923. *Origens da Ria de Aveiro (Subsídio para o estudo do problema)*. Aveiro, Livraria João Vieira da Cunha Editora, Tipografia Minerva.

c) Webgrafia

- ALVES, F. ; BLOT, P.; RODRIGUES, Paulo J.; HENRIQUE, Rui; ALVES, João G.; DIOGO, A. M. Dias e CARDOSO, João P. Cardoso (2005) – *Vestígios de naufrágios da antiguidade e da época medieval em águas portuguesas*. In http://www.ipsiis.net/site_docs/naufragios_cnans.pdf (consultado em Maio de 2011).
- CÂMARA MUNICIPAL DE ÍLHAVO (2008) – *Ílhavo 110 - Restauração do Município – 1898-2008*. Portal internet da Câmara Municipal de Ílhavo, http://www.cm-ilhavo.pt/getfile.php?id_file=4087 (consultado em Junho de 2011).
- COUTO. 2009. *Memória Histórica. O cais da Béstida*. In http://www.arquivodoportodeaveiro.org/paFiles/pa_documentos_10762.pdf (consultado em Maio de 2011).
- FREITAS, J.G. 2007. “O Litoral Português, percepções e transformações na época contemporânea: de espaço natural a território humanizado”. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 7(2):105-115. In http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci7f2_3_gaspardefreitas.pdf (consultado em Maio de 2011).



CAPÍTULO XII

OS NOVOS EMPREENDIMENTOS NA BAÍA DE SEPETIBA E O PASSIVO AMBIENTAL DA CIA MERCANTIL E INDUSTRIAL INGÁ





OS NOVOS EMPREENDIMENTOS NA BAÍA DE SEPETIBA E O PASSIVO AMBIENTAL DA CIA MERCANTIL E INDUSTRIAL INGÁ

Francisco Dourado¹, Jorge Cunha², Adriana Lima³ e Nely Palermo¹

RESUMO

A Baía de Sepetiba, situada no principal eixo econômico do país (Rio – São Paulo), possui 447 km² de área, recobrando 11 municípios fluminenses e está dividida em 3 sub-bacias. No século passado foi um importante ponto regional de pesca e coleta de mariscos e crustáceos e atualmente a principal vocação econômica da região continental no entorno da mesma é industrial. Hoje, diversos empreendimentos estão ou serão desenvolvidos no seu entorno como, por exemplo: terminais portuários com capacidade de escoamento de diferentes produtos (*containers*, carros, graneleiro de minério, chapas de aço, etc.), estaleiros (um civil e outro militar) e uma usina siderúrgica. A região é geograficamente estratégica para o desenvolvimento da produção do petróleo do Pré-Sal e é onde está sendo construído o trecho inicial do Arco-Metropolitano, obra que facilitará o tráfego de cargas pesadas que precisem atravessar o estado, contornando a Avenida Brasil e a Ponte Rio-Niterói, evitando que os caminhões passem pelo eixo rodoviário da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Esses investimentos, juntos com o aquecimento da economia brasileira, aumentaram a demanda por matéria prima para a construção civil. Atualmente, os principais insumos minerais produzidos na região são a areia e brita. A extração de areia tem gerado um importante passivo ambiental e que necessita de uma especial atenção. Outro importante

passivo ambiental ligado à mineração é o terreno onde funcionava a Cia Mercantil Industrial Ingá, fabricante de zinco e outros metais.

Palavras-chave: Sepetiba; passivo; investimentos e desenvolvimento.

ABSTRACT

The Sepetiba Bay, situated on the main economic axis of the country (Rio – São Paulo) has 447 km², covering 11 municipalities of Rio de Janeiro State and is divided into 3 sub-basins. In the last century was an important regional fishing and collecting shellfish and crustaceans and currently the main economic vocation of continental region surrounding it is industrial. Today, many businesses are or will be developed in its surroundings as, for example: port terminals with flow capacity of different products (containers, cars, ore bulk carrier, steel plates, etc.), yards (one civilian and one military) and a steel mill. The region is geographically strategic for the development of oil production in the pre-salt and is where being built the initial leg of the arc-metropolitan, work that will facilitate the heavy traffic that traverse the State, bypassing the Avenida Brasil and the Rio-Niteroi Bridge, preventing the trucks to pass by the metropolitan area of Rio de Janeiro. These investments, together with the heating of the Brazilian

1. Departamento de Geologia Aplicada/Faculdade de Geologia/Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524 / sala 2019 / bloco-A. Maracanã - Rio de Janeiro – RJ - CEP 20550-900, fdourado@uerj.br / nely@uerj.br

2. Secretaria Estadual de Desenvolvimento Econômico, Energia, Indústria e Serviços, Av. Rio Branco 110 - 20º, 21º e 22º andares. Centro - Rio de Janeiro - RJ. CEP 20040-001, jcunha@desenvolvimento.rj.gov.br

3. Instituto Estadual do Ambiente/Secretaria Estadual do Ambiente, Av. Venezuela 110, Praça Mauá, Rio de Janeiro, RJ – CEP: 20081-312, alima@inea.rj.gov.br

economy, increased the demand for raw materials for civil construction. Currently, the main mineral inputs produced in the region are sand and gravel. The extraction of sand has generated an important environmental liabilities and that needs an attention. Another important environmental liabilities linked to mining is the land where he worked the Cia Industrial Merchant, manufacturer of zinc and Inga other metals.

Key-words: Sepetiba; environmental passive; investment and development

INTRODUÇÃO

A Baía de Sepetiba (Figura 1) é um estuário semiaberto com 447 km² de área, localizada a cerca de 60 km a oeste da Cidade do Rio de Janeiro (Barcellos 1995). Limita-se à nordeste pela Serra do Mar, ao norte pela Serra de Madureira, a sudeste pelo Maciço

da Pedra Branca e ao sul pela Restinga da Marambaia. Comunicando-se com o oceano Atlântico por meio de duas passagens, na parte oeste, entre os cordões de ilhas que limitam com a ponta da restinga e, na porção leste, pelo canal que a conecta com Barra de Guaratiba.

A bacia da Baía de Sepetiba é composta por 3 sub-bacias: a bacia do rio Guandu, a bacia do rio da Guarda e a bacia do rio Guandu Mirim. E fazem parte do território dos municípios de Itaguaí, Japeri, Miguel Pereira, Nova Iguaçu, Paracambi, Paulo Frontin, Pirai, Queimados, Rio Claro, Rio de Janeiro, Seropédica e Vassouras. O território da bacia abriga cerca de 1,2 milhão de habitantes, numa área de 2.065 km².

Já foi um importante ponto regional de pesca e coleta de mariscos e crustáceos (Zborowski & Loureiro 2008). Atualmente a atividade industrial, principal vocação econômica da região, encontra-se concentrada nos distritos industriais dos municípios de Queimados, Itaguaí, Campo Grande e Santa Cruz.



Figura 1 – Localização da baía de Sepetiba

A definição da Região da Baía de Sepetiba como o mais importante pólo de desenvolvimento econômico da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro remonta à década de 1970. O planejamento do então Porto de Sepetiba atual Porto de Itaguaí se desenvolveu na segunda metade dessa década, sendo que suas atividades iniciaram em 1982.

OS INVESTIMENTOS NA REGIÃO DO ENTORNO DA BAÍA DE SEPETIBA

O Porto de Itaguaí em razão de suas características especiais, como disponibilidade de área retroportuária e profundidade do canal marítimo de acesso, está se transformando no único porto concentrador de cargas (*hub port*) do continente sul-americano. Este porto opera com contêineres, carvão, carros, alumínio e minério de ferro. Estão previstos seis novos terminais portuários: Petrobras, Usiminas, CSN, LLX, Gerdau e Docas. Na região portuária, em área que pertencia à Cia Docas do Rio de Janeiro, encontra-se em implantação o estaleiro da Marinha do Brasil destinado à construção de submarinos.

Investimentos públicos e privados previstos para a região projetam, para os próximos anos, a transformação do Porto de Itaguaí no segundo “*hub*” logístico da região Sudeste, superado apenas pelo Porto de Santos. Da mesma forma, a retro-área do Porto projeta-se como a nova fronteira para a indústria de base do Estado do Rio de Janeiro. São exemplos desses investimentos presentes e futuros: a NUCLEP, o Arco-Metropolitano do Rio de Janeiro, o estaleiro de submarinos da Marinha do Brasil, a base do Pré-Sal da PETROBRAS, a duplicação da GERDAU/COSIGUA, o Projeto Siderúrgico da CSN/USITA, o Porto do Sudeste (LLX), o terminal da USIMINAS, a ampliação do Sepetiba TECON, a ampliação do terminal de minérios da CSN, a licitação para a área do meio no Porto de Itaguaí, a TKCSA, os projetos para UTÊs (usinas termelétricas) que aguardam o leilão da ANEEL, a instalação da fábrica de turbo geradores da Rolls Royce, além de inúmeros estabelecimentos na área de serviços como shoppings e hotéis.

Localizada no município de Itaguaí/RJ, a NUCLEP - Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. foi criada em meados da década de 70 para servir de complementação

ao Programa Nuclear Brasileiro. É uma indústria produtora de bens de capital, tendo diversificado suas atividades até integrar-se definitivamente na indústria de base brasileira. Em suas instalações são fabricadas tubulações para plataformas de produção de petróleo, construção de suportes para sustentar emissários submarinos, construção dos cascos resistentes que serão utilizados no primeiro submarino nacional, além da produção de componentes diversos para as indústrias nos setores de mineração, química e petroquímica, siderurgia e automobilística. Também ali são fabricados diversos componentes hidromecânicos para hidrelétricas, carcaças pesadas para as indústrias termoeletricas e componentes pesados para as indústrias *offshore* e de petróleo e gás.

O terminal da NUCLEP tem uma enorme importância estratégica para empresa e para a região. Graças a sua existência, as obras para a construção do terminal da LLX e o estaleiro da marinha estão viabilizando a intensa movimentação de peças e equipamentos utilizados nas obras.

Construção do Pólo Siderúrgico, localizado no limite entre os municípios de Santa Cruz e Itaguaí, é composto pelos projetos da Gerdau e da TKCSA, uma parceria entre a ThyssenKrupp e a VALE. Além de ser o maior investimento privado no país (Projeto Plurianual do Estado do Rio de Janeiro 2008-2011) com mais de 9 bilhões de Reais investidos, o pólo transformará o estado do Rio de Janeiro no maior produtor de aço da América Latina.

Construção do Arco-Metropolitano com previsão de término em 2014 é considerada estratégica para o estado, pois irá desviar da Avenida Brasil o tráfego de cargas pesadas vindo de Espírito Santo, Bahia, Belo Horizonte e São Paulo, além de facilitar o acesso, especialmente de contêineres, ao Porto de Itaguaí.

ATIVIDADE MINERAL NA REGIÃO

Na região, a produção de minérios se limita basicamente a produção de areia e brita estando paralisadas as extrações de argila, caulim e saibro. Os municípios de Seropédica e Itaguaí possuem importante participação na produção desses insumos e no Produto Mineral do Estado. Com o aquecimento da economia do país e o aumento da demanda da construção civil e a criação de diversos projetos estruturantes no estado,

estes insumos tem sofrido grande pressão de aumento, tanto dos preços como da produção.

Segundo Erthal *et al.* (2008) a região produz quase dois milhões de metros cúbicos de areia por ano, o que corresponde a quase 60% da produção do estado, sendo o município de Seropédica o principal produtor do estado e a mais importante fonte para a Região Metropolitana

A areia é explorada desde o Município de Seropédica até Itaguaí. Na região são encontradas várias pequenas empresas que retiram o minério dos cordões fluviais antigos da bacia do Rio Guandu e seus afluentes e da Bacia do Rio Mazomba

Em geral, os areais pertencem a pequenas empresas, muitas vezes familiares. Aglomeradas e muito próximas umas das outras (Figura 2) formam cavas quase contíguas, utilizando dragas mecânicas para extração e silos para a armazenagem. A atividade causa um impacto visual muito forte e é alvo constante de fiscalização dos órgãos ambientais preocupados com a exposição do lençol freático, assoreamento e turbidez da água do sistema fluvial do rio Guandu. Em 2008 foi estabelecido pelo Ministério Público Estadual um Termo de Ajuste de Conduta (TAC) que permitiu a continuidade das atividades mediante ações mitigadoras por parte dos produtores.



Figura 2 – Visão aérea dos areais de Itaguaí e Seropédica, Imagem de satélite, Google Earth 08/05/2008

Estão presentes na região duas grandes empresas de extração de brita: a Mineração Santa Luzia e a Mineração Sepetiba, cujas pedreiras estão localizadas respectivamente na porção noroeste e sul do município. A Mineração Santa Luzia, na porção noroeste do município, fica na encosta da serra do Couto e esta em atividade desde 1999. A produção é de 648 mil m³/ano de brita (Mello & Calaes, 2006) escoando sua produção para as obras de duplicação da BR-101 (Rio-Santos) e para a construção da

siderúrgica da CSA.

A Mineração Sepetiba (Figura 3) encontra-se na parte sul do município, na Ilha da Madeira, ao lado da massa falida da CMI Ingá. Possui produção de 480 mil m³/ano de brita (Mello & Calaes 2006) e atualmente faz parte do conglomerado do empresário Eike Batista, que segundo informações da mídia especializada deverá utilizar o espaço aberto pela mina para construir parte da infraestrutura de um porto, que ainda está em fase de estudo.

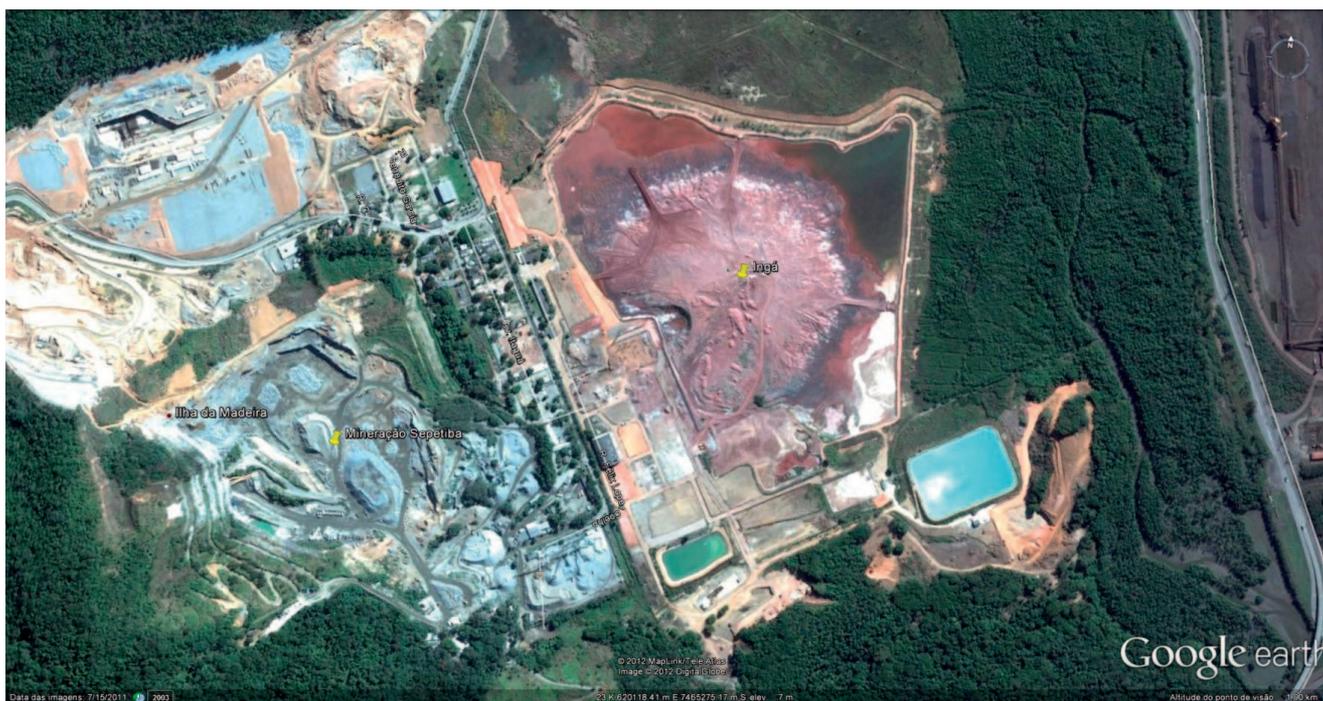


Figura 3 – Visão aérea da Mineração Sepetiba e Ingá Mineração. Foto de satélite, Google Earth 08/05/2008

OS PASSIVOS AMBIENTAIS NA BAÍA DE SEPETIBA

As questões de passivo ambiental estão retratadas em diversos trabalhos realizados na região que demonstram a contaminação dos sedimentos e biota da Baía de Sepetiba como consequência das diversas atividades industriais da região, destacando-se aqui o passivo da Companhia Mercantil e Industrial Ingá localizado na Ilha da Madeira. Além dos efluentes industriais, a ocupação urbana desordenada provoca o lançamento de grande carga de esgoto doméstico e lixo nas redes de drenagem. Segundo o último censo demográfico do IBGE adaptado pelo PERH Guandu de 2005, de um contingente de aproximadamente 1 milhão de pessoas que residem nas áreas compreendidas pela Bacia dos três rios, menos de 10% é servida por rede do tipo separador absoluto e, menos de 1% dos esgotos sanitários produzidos sofre algum tipo de tratamento, sendo o restante lançado *in natura* nos corpos d'água. Vale ainda ressaltar que nas últimas décadas vem ocorrendo o lançamento de rejeitos da atividade de mineração de areia nos leitos e planícies aluvionares, causando assoreamento dos mesmos.

Desde os tempos coloniais, com a expansão da lavoura canavieira e instalação de portos fluviais e

marítimos, têm ocorrido grandes intervenções estruturais na Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim que desembocam na Baía de Sepetiba. O Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim (ANA 2005) apresenta uma descrição detalhada dos parâmetros mais críticos nessas bacias, que ameaçam a preservação desse importante ambiente costeiro e de seus sistemas vivos adjacentes. No presente trabalho, o histórico do passivo da Cia Mercantil e Industrial Ingá será apresentado em detalhe.

CIA MERCANTIL E INDUSTRIAL INGÁ

Em 1962, a Companhia Mercantil e Industrial Ingá iniciou suas atividades de processamento de minério para a produção de zinco de alta pureza na Ilha da Madeira (Baía de Sepetiba). O processo de produção de zinco era feito através da eletrólise de cádmio e zinco. Durante este processo eram gerados rejeitos sólidos (Figura 4) e efluentes os quais eram descartados no ambiente com elevadas concentrações de metais (Cd, Fe, Mn, Pb, Cr dentre outros) e com baixo pH. Este rejeito misturou-se com o material utilizado no aterramento da área quando da construção do Porto de Itaguaí.



Figura 4 – Visão aérea do depósito de rejeito da Indústria INGÁ em 2002

Na década de 80, a empresa construiu um “dique argiloso de contenção no perímetro da área de deposição dos resíduos” (Figura 5) para a acumulação da solução neutralizada após sua utilização na eletrólise. Em 1996 houve um acidente de maiores proporções, com transbordo do efluente do dique que atingiu o Rio da Guarda e Baía de Sepetiba. Em 1998 foi decretada falência da Cia. Ingá deixando na época um passivo ambiental que contribuiu para a contaminação, por zinco e cádmio na Baía de Sepetiba.

No ano de 2003 por meio de uma ação civil pública foi determinado que fosse iniciado o processo de descontaminação o qual foi assumido e conduzido pelo síndico da massa falida. Em 2007, a FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente), atual INEA (Instituto Estadual do Ambiente), juntamente com a

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e PUC Rio (Pontifícia Universidade Católica) em conjunto com a COPPE/UFRJ formataram a instrução técnica para remediação da área, neste mesmo ano foi selado protocolo de compromisso incluindo o Estado do Rio de Janeiro, Estado de Minas Gerais, União, Prefeitura e Massa Falida, definindo as condições e compromissos para início do processo de descontaminação.

Em leilão público realizado em 27 de junho de 2008 a Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais – USIMINAS - adquiriu a propriedade da Massa Falida da Cia. Mercantil e Industrial Ingá e assumiu o compromisso de implementar a solução definitiva do passivo ambiental. A empresa possui projeto de utilização da área através de instalação na área de pátio de estocagem e embarque de minério, parte do Projeto Minas-Rio.

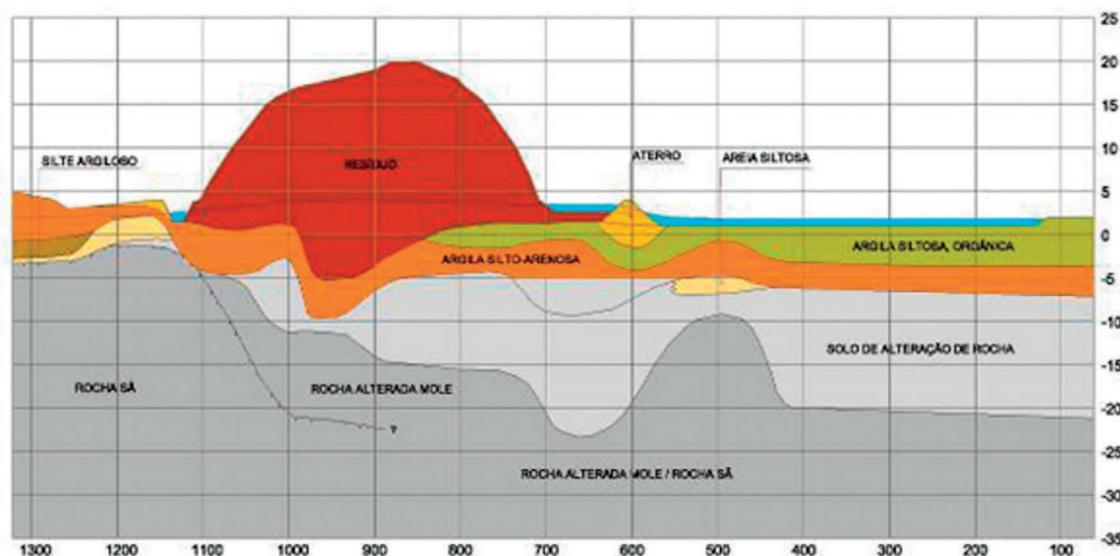


Figura 5 – Modelo conceitual da disposição dos resíduos

Para execução dos estudos ambientais a USIMINAS em parceria com a ARCADIS Hidro Ambiente desenvolveu o diagnóstico ambiental e avaliou os conceitos de remediação que permitissem permitir a implementação do projeto funcional e, portanto o uso econômico da área de forma ambientalmente segura e adequada. Como resultado deste projeto, a ARCADIS apresentou o conceito de SOLUÇÃO INTEGRADA compatibilizando as necessidades do projeto de remediação com o projeto funcional: terminal portuário da USIMINAS. A partir dos dados coletados e tratados por modelamentos geofísicos, geotécnicos e hidrodinâmicos foram constatados contaminantes no solo por antimônio, arsênio, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, níquel e vanádio e água subterrânea por arsênio, bário, cromo, ferro, zinco, manganês, prata, antimônio, boro, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, níquel e vanádio. Também se verificou altos níveis de toxidez em amostras de vegetação do mangue localizado a leste da área e concentrações de boro e zinco acima das listas orientadoras vigentes.

De acordo com o diagnóstico Ambiental a alternativa mais viável de Recuperação da área é o confinamento geotécnico do rejeito (controle das fontes) associado à implantação de barreira hidráulica/trincheiras para contenção da água subterrânea. Este conceito consiste em uma obra de engenharia utilizada no controle da migração de contaminantes para o meio

ambiente, mediante a contenção do rejeito, com a finalidade de evitar a contaminação das águas superficiais, da água subterrânea e do subsolo. Isto se dá através do espalhamento do material, de forma adequada, visando o controle ambiental do rejeito.

As atividades serão realizadas em sequência por cada célula, ou seja, enquanto uma célula já está realizando as atividades de fundação, a célula adjacente onde já foram realizados os preparativos da fundação recebe a camada drenante. Assim, enquanto uma célula está na fase de preparação de fundação, a adjacente está executando a camada drenante, a ao lado desta está recebendo o rejeito misturado ao material reativo, à outra está sendo preenchida com rejeito, uma está sendo fechada com a manta impermeável e a primeira a ser iniciada neste ciclo está sendo finalizada com o solo de cobertura.

O grande diferencial do modelo adotado neste caso está no fato do Estado do Rio de Janeiro ter tido a iniciativa de construir uma plataforma institucional sustentada pelos seguintes pilares:

- Ambiental: promover a solução do passivo deixado na área da antiga Ingá;
- Econômico: promover o desenvolvimento socioeconômico da região como parte do Projeto Minas – Rio;
- Social: resgatar a função social da área;
- Legal: promover a implantação da solução definitiva.

Todo o projeto que envolve a solução definitiva como compromisso da Usiminas foi acompanhado desde o início pelo INEA o qual participou e fiscalizou todas as etapas permitindo que o mesmo fosse apreciado de forma dinâmica possibilitando a celeridade da implementação das ações pela USIMINAS. Para a análise do Projeto Integrado pelo INEA foi formado um Grupo de Trabalho multidisciplinar constituído por profissionais de vários Setores dentro do Órgão Ambiental, o que possibilitou um entendimento mais preciso de todos os aspectos relacionados aos impactos ambientais inerentes ao projeto. Todo gerenciamento institucional será realizado por meio de Licenças ambientais específicas instituídas pelo Decreto Estadual 42.159/2009, como a LAR (Licença Ambiental de Recuperação) emitida para a fase de remediação da área e LP (Licença Prévia) emitida após análise do EIA/RIMA do Terminal Portuário.

BASE DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DO PRÉ-SAL

O Porto de Itaguaí tem posição estratégica para o desenvolvimento do Pré-Sal brasileiro, pois está localizado em média a duzentos quilômetros dos mais promissores blocos exploratórios do Pré-Sal (Figura 6).

Itaguaí supera seus principais concorrentes, o Porto de Santos e o Porto de Macaé devido à proximidade dos blocos, da saturação de atividades dos concorrentes e da falta de outros pontos no litoral para construção ou ampliação de portos. Esta falta de opções para a construção de novos portos se dá por dois motivos: a) não haver regiões com condições oceanográficas (profundidade adequada, dinâmica sedimentar, correntes, etc.). b) maior parte do litoral apresenta restrições ambientais – regiões de proteção ambiental.

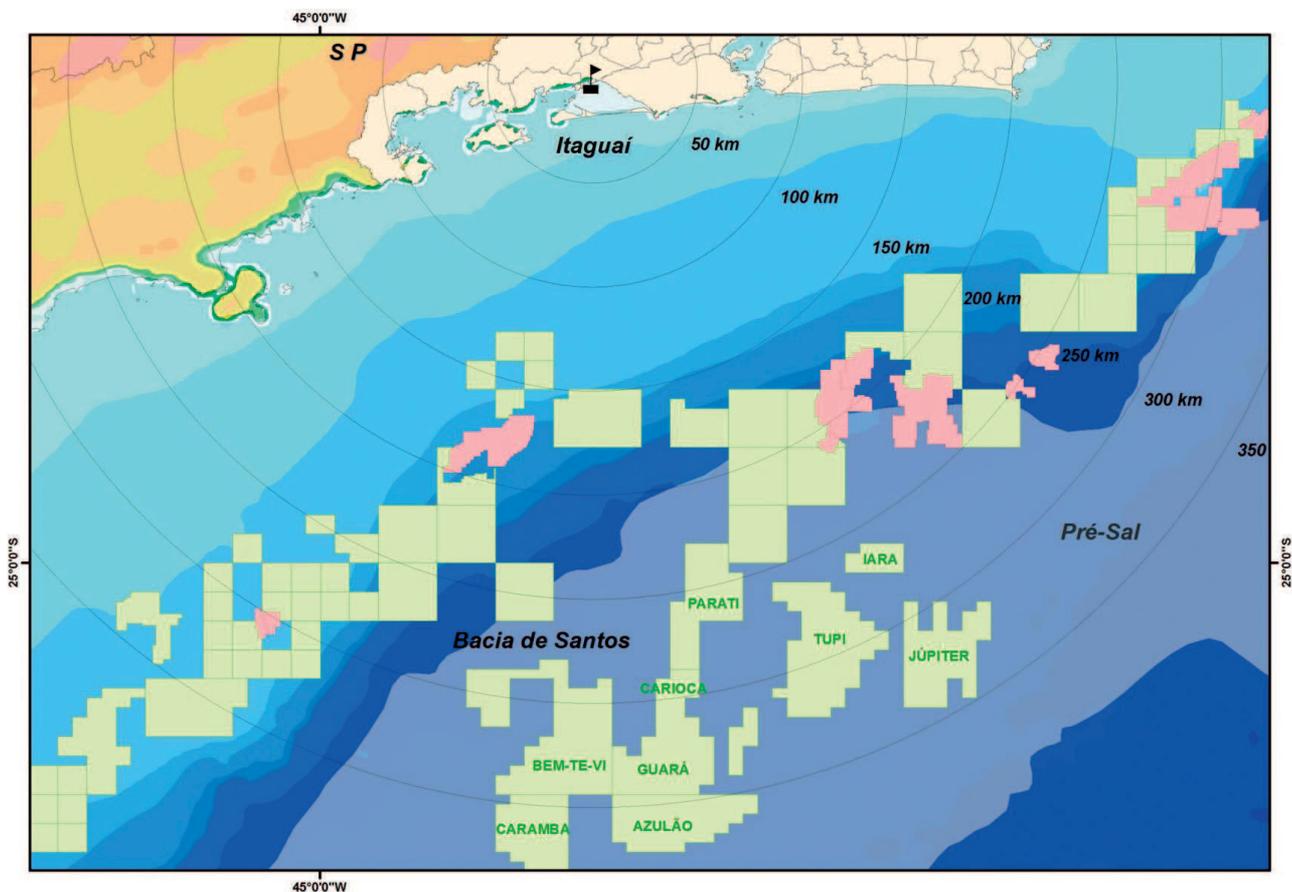


Figura 6 – Localização do Porto de Itaguaí em relação aos blocos do Pré-Sal

Além do apoio logístico gerado pelo porto, na região está planejado a instalação de estaleiros para construção de barcos de apoio às atividades *off-shore*. A instalação desses estaleiros traz uma opção de continuidade de atividades econômicas na região mesmo após o término da produção de hidrocarbonetos do Pré-Sal.

DISCUSSÃO

A área continental nos arredores da Baía de Sepetiba tem sido uma das regiões de grande interesse para investimentos industriais, visto a posição geográfica estratégica no que se refere a infraestrutura de transporte, seja terrestre localizada entre os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, seja marítimo com a revitalização do Porto de Itaguaí. Essas iniciativas privadas e públicas aceleraram o crescimento de atividades de prestação de serviços e o comércio em geral, com a chegada de mão de obra especializada e a necessidade de infraestrutura (hotelaria, restaurantes, moradias, etc.) para atender a essa demanda. Além disso, haverá demanda para a matéria prima mineral utilizada na construção civil, o que poderá ser suprido localmente caso haja um estudo do potencial mineral da região.

Nesse sentido, faz-se importante o estudo integrado do impacto ambiental dessas atividades no contexto das bacias hidrográficas que suprem a Baía de Sepetiba.

É importante salientar que o planejamento do desenvolvimento dessa região segue preceitos que não são recentes – ou pertinentes a esse ou àquele Governo – mas sim a um projeto metropolitano de longo prazo, um plano de Estado com mais de 35 anos de maturação.

É lícito discutir a pertinência desse plano – o Estado se desenvolve na direção desse grande plano logístico e industrial, ou se privilegia as atividades tradicionais, como a pesca artesanal e a agricultura (ambas em declínio desde a década de 1960, conforme identificado pelo Macroplano de Saneamento Ambiental da Região da Bacia Drenante à Baía de Sepetiba, (SEMADS 1998).

Certamente, o novo perfil da Região criou áreas de restrição de pesca e tende a estabelecer mudanças de uso do solo – com a conversão de terrenos rurais em áreas portuárias, industriais, comerciais, serviços e de expansão urbana. Como consequência, é inexorável a transformação do perfil de emprego e renda local, com a substituição progressiva de atividades ligadas ao setor

primário tradicional por empregos formais nos setores de logística, indústria, comércio e serviços. Por outro lado, vale lembrar que tais mudanças acarretaram a instalação na Região de novas unidades de atendimento à saúde da população, um novo Batalhão da Polícia Militar, unidades de Corpo de Bombeiro, escolas de 2º grau, escolas profissionalizantes e fundamentalmente a abertura de inúmeros postos de trabalho para atender ao vertiginoso crescimento populacional ocorrido. São escolhas que se impõem para acompanhar o desenvolvimento de uma sociedade harmônica e dinâmica.

CONCLUSÕES

A Baía de Sepetiba se apresenta como um dos principais polos de desenvolvimento do Estado do Rio de Janeiro. A ampliação do Porto de Itaguaí com a instalação de novos terminais de carga e contêineres, a instalação de estaleiros, a instalação e ampliação de usinas siderúrgicas, a implantação do Arco-Metropolitano e a referência como base de desenvolvimento do Pré-Sal são alguns exemplos de investimentos públicos e privados que corroboram com essa afirmação.

O planejamento de desenvolvimento da região não é recente, remonta o Macroplano de Saneamento Ambiental da Região da Bacia Drenante à Baía de Sepetiba e vislumbrava a região como a área de expansão da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

O desenvolvimento da região não está isenta de gerar impactos ambientais como observamos com o passivo deixado pela Cia Mercantil e Industrial INGÁ ou com a diminuição do pescado na baía. O planejamento tem que ser seguido de acordo com as diretrizes ambientais vigentes e monitorado por todos os órgãos em suas devidas competências com o objetivo de evitar degradação ambiental da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Águas. 2005. Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim (PERH Guandu).
- BARCELLOS, C. 1995. Geodinâmica de Cádmio e Zinco na Baía de Sepetiba. Niterói, 148 p.
- BERBERT, M.C. 2003. A mineração de areia no distrito areeiro de Itaguaí-Seropédica/RJ: geologia dos depósitos e caracterização das atividades de lavra e dos impactos ambientais. Tese de mestrado, UFRJ.
- ERTHAL, F., DOURADO, F., PALERMO, N., GUIMARÃES, P., MAURÍCIO, R., DOS SANTOS, R. 2008. Diretrizes Públicas para uma mineração sustentável no estado do Rio de Janeiro, MME, Rio de Janeiro.
- MELLO, E.F. e CALAES, G.D. 2006. A indústria de brita na região metropolitana do Rio de Janeiro. Ed. IMOS, 218 p.
- PALERMO, N., MANSUR, K.L., GUIMARÃES, P.V. e DOURADO, F. 2008. Cadastro dos recursos minerais da área continental do estado do Rio de Janeiro, CD-Rom, UERJ-DRM, ed.2.
- SANTOS, R.A.A. 2007. Avaliação do potencial mineral (onshore) do estado do Rio de Janeiro a partir da utilização de geotecnologias. Tese de Mestrado, UERJ, 191 p.
- SEMADS. 1998. Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Macroplano de Saneamento Ambiental da Região da Bacia Drenante à Baía de Sepetiba. Consórcio ETEP/ ECOLOGUS/SM GROUP, Rio de Janeiro.
- SILVA, A.L., FONSECA, M.H., REBOUÇAS, A.M. 2010. Apresentação VII Seminário Internacional sobre Remediação e Revitalização de Áreas Contaminadas, Instituto Ekos, Rio de Janeiro.
- Site do Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro, www.drm.rj.gov.br
- Site da Prefeitura de Itaguaí, www.itaguaí.rj.gov.br
- Site do GoogleMaps, www.maps.google.com.br
- Site da Fundação Cide, www.cide.rj.gov.br
- TANNO, L.C. e SINTONI, A. 2003. Mineração & Município, bases para planejamento e gestão dos recursos minerais. IPT, 163 p.
- ZBOROWSKI, M.B., LOUREIRO, C.F.B. 2008.

Conflitos Ambientais na Baía de Sepetiba: o caso dos pescadores artesanais frente ao processo de implantação do complexo siderúrgico da Companhia Siderúrgica do Atlântico - ThyssenKrupp CSA, IV Encontro Nacional da Anppas, Brasília.





Impressão e acabamento: *Corbã Editora Artes Gráficas Ltda.*
Tel.: (21) 25737342 / 25738602
Capa: triplex 250g / Miolo: couche brilho 115g / Tipologia: Adobe Garamond

