

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**EVOLUÇÃO MORFO-DINÂMICA DA REGIÃO DA  
DESEMBOCADURA DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE,  
LITORAL SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Pablo Sierra Yoshikawa

Orientador: Prof. Dr. Moysés Gonsalez Tessler

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2001/31)

SÃO PAULO  
2001



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**EVOLUÇÃO MORFO-DINÂMICA DA REGIÃO DA  
DESEMBOCADURA DO RIO RIBEIRA DO IGUAPE, LITORAL  
SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**PABLO SIERRA YOSHIKAWA**



DISCIPLINA 0440500 - TRABALHO DE FORMATURA

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Moysés Gonzalez Tessler

Prof. Dr. Valdenir Veronese Furtado

Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**EVOLUÇÃO MORFO - DINÂMICA DA REGIÃO DA  
DESEMBOCADURA DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE, LITORAL SUL DO  
ESTADO DE SÃO PAULO**

Pablo Sierra Yoshikawa



Orientador: Prof. Dr. Moysés Gonzalez Tessler

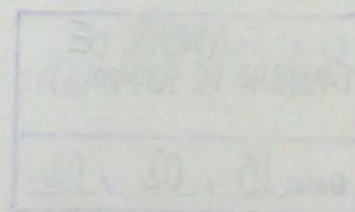
Monografia de Trabalho de Formatura  
Tf - 2001/31

São Paulo - 2001

DEDALUS - Acervo - IGC



30900009840



TF  
Y65  
PS.e

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ORIENTAÇÃO GERAL - DINÂMICA DA REGIÃO DA  
ORIENTAÇÃO DO RIO RIBEIRA DE JUAZEIRO LITORAL SUL DO  
ESTADO DE SÃO PAULO



Prof. Dr. Roberto Yoshikawa

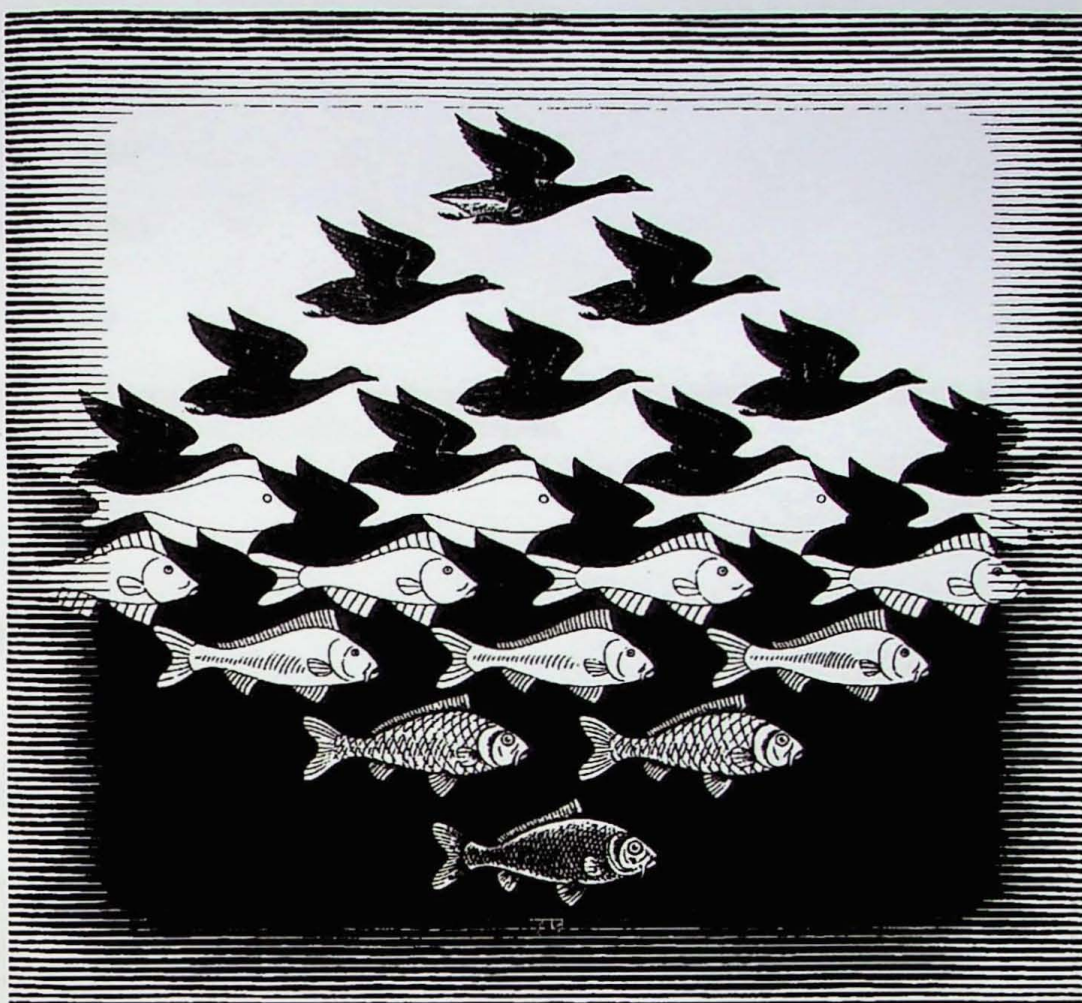
Orientador Prof. Dr. Roberto Yoshikawa

Monografia de Trabalho de Formatura  
IT - 300131

IT - 300131

DOAÇÃO COMISSÃO DE TRABALHO DE FORMATURA
Data: 15 / 02 / 02





“A ciência pode classificar e nomear os órgãos  
de um sabiá, mas não pode medir seus encantos.  
A ciência não pode calcular quantos cavalos  
de força existem nos encantos de um sabiá  
Quem acumula muita informação perde o condão  
de adivinhar: divinare. Os sabiás divinam.”

*Manoel de Barros*



# Índice

<b>Resumo</b>	<b>i</b>
<b>Abstract</b>	<b>ii</b>
<b>Agradecimentos</b>	<b>iii</b>
<b>1- INTRODUÇÃO</b>	<b>2</b>
<b>2- OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
<b>3- CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA: CONTEXTO GEOLÓGICO, GEOLMORFOLÓGICO, CLIMÁTICO E OCEANOGRÁFICO REGIONAIS</b>	<b>3</b>
3.1- Geomorfologia	3
3.2- Geologia	4
3.3- Clima e Oceanografia	5
<b>4- A PLANÍCIE COSTEIRA CANANÉIA - IGUAPE</b>	<b>6</b>
<b>5- LOCALIZAÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>6- TRABALHOS ANTERIORES</b>	<b>7</b>
6.1- Síntese dos Modelos Evolutivos	8
6.1.1- Modelo de evolução da Planície Costeira Cananéia-Iguape	8
6.1.2- Modelo de evolução da Ilha Comprida	9
6.1.3- Modelo de evolução da desembocadura de Ararapira	11
6.1.4- Modelo de evolução da desembocadura de Cananéia	11
6.1.5- Modelo de evolução da desembocadura de Icapara	12
6.1.6- Modelo de evolução da desembocadura do rio Ribeira de Iguape	12
6.1.7- O papel das correntes de deriva litorânea na redistribuição de sedimentos ao longo da atual linha de costa do litoral sul paulista	12
6.1.8- Os sedimentos	19
<b>7- METODOLOGIA</b>	<b>22</b>
<b>8- RESULTADOS OBTIDOS</b>	<b>24</b>
<b>9-DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>26</b>
<b>10- CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>27</b>
<b>11- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>29</b>



# Resumo

No ambiente costeiro sudeste/sul brasileiro, onde predominam costas arenosas, a análise da evolução morfo-temporal da linha de costa, juntamente com o estudo das feições deposicionais e erosivas associadas, vem sendo freqüentemente utilizados como indicadores geomórficos da direção predominante do transporte de sedimentos ao longo da costa.

O presente trabalho tem como principal objetivo o estudo da dinâmica sedimentar costeira na região da desembocadura do Rio Ribeira de Iguape e, secundariamente, da importância deste processo no contexto da evolução morfo-dinâmica do litoral sul do Estado de São Paulo (Juréia à Ilha do Cardoso).

Duas tendências de rumo de transporte litorâneo, com sentidos de propagação opostos (NE e SW), coexistem na região do litoral sul do Estado de São Paulo e ambas são resultado da interação entre as movimentações das massas de ar e a configuração deste litoral.

O sentido de crescimento da feição arenosa da desembocadura de Icapara se dá no rumo NE. Já o desenvolvimento da praia do Leste ocorre segundo uma dinâmica *onshore-offshore* que é a responsável por intensas erosões e deposições neste local. Por sua vez, o sentido de crescimento da feição arenosa junto a foz do Rio Ribeira de Iguape se dá preferencialmente no rumo SW.

Com o impedimento da passagem das correntes de rumo NE, pela ação dos molhes hidráulicos de Icapara e do Rio Ribeira de Iguape, apenas nas cercanias da foz do rio Ribeira de Iguape o transporte para SW predomina, resultando na construção de uma feição arenosa neste sentido.



## *Abstract*

On the southern/south brazilian coast, where sandy shores predominate, not only the form of the coastline but depositional features associated therewith have also been frequently used as geomorphic indicators of the predominant direction of the longshore transport of sediments.

The main objective of this work is the study of the coastal sedimentary dynamic on the Ribeira de Iguape River outlet. The importance of this process in the morphodynamic evolution of the coastal region on southern São Paulo State is the secondary objective.

Two tendencies of longshore transport direction, with opposite senses of propagation co-exists in this region and both are results of the interaction between the atmospheric circulation (and its results) and the coastal configuration.

The growth sense of the Icapara sand spit occurs to northeast direction. The Leste Beach development is conditioned mainly by an onshore-offshore dynamics which is responsible by the strong erosional and depositional processes at this location. The growth sense of the sandy spit associated to the Ribeira de Iguape River outlet occurs to southwest.

The northeast currents are stopped by the action of the water barrier from Icapara and Ribeira de Iguape outlets, only at the surrounding areas of the Ribeira de Iguape outlet, the southwest sense of longshore transport predominates, resulting in the construction of a sandy spit in this sense.



## Agradecimentos

Primeiramente, agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Moysés Gonsales Tessler pela orientação, amizade, ajuda, bom humor e sobretudo pela paciência, obrigado (nunca vou me esquecer)

Aos meus avôs, Seu Artur e Seu Antônio, que infelizmente não estão mais entre nós. Queria que vocês estivessem aqui para ver. Às avós dona Maria e dona Alice. A minha mãe Neide, ao meu pai Reinaldo, meu irmão Daniel e meus primos Rogério e Tiago, valeu por vocês acreditarem em mim. Sempre. Ao Pingo, meu cachorro, sempre amigo e alegre todas as horas do dia e da noite, obrigado, sem vocês eu não seria nada. Amo vocês.

A Deus.

A toda a turma de formandos de 2001 um agradecimento mais que especial, vocês todos foram e serão muito importantes na minha vida. Apreendi muito com vocês.

A todos os professores (obrigado Gianna), alunos e funcionários (Zé Carlos, Paulinho, Miltonete, Tarcisio, João, Henrique, Claudionor, Érica, Brenda, Marilda e Rosana) do Instituto de Geociências da USP, obrigado pelos conhecimentos e pela amizade (valeu Oswaldinho!!!).

À amiga Samara Cazzoli y Goya, pela indescritível amizade e ajuda nestes dois anos de IO.

A todos os outros companheiros do DOF/IO-USP (Prof. Foca, Prof. Michel, Betinho, Marina Midori, Klein, Marcelão, Luis Américo, Lidiane, Fabíola, Raquel, Cris, Andréia, Scarlet e Liz pela amizade, auxílio e bom humor. Ao Edílson, pela ajuda e pelas boas conversas, valeu meu camarada.

A todos os meus amigos do Santa, por vocês serem quem vocês são.

À Carol, minha companheira de todos os momentos, sem você ia ser foda. Obrigado, neguinha pelo apoio, amor e amizade.

E, finalmente, a todos os que colaboraram para o nascimento desenvolvimento e finalização deste trabalho. Obrigado!!!



# **Evolução morfodinâmica da região da desembocadura do rio Ribeira de Iguape, litoral sul do Estado de São Paulo**

## **1- Introdução**

No ambiente costeiro sudeste/sul brasileiro, onde predominam costas arenosas, a análise da evolução morfo-temporal da linha de costa, juntamente com o estudo das feições deposicionais e erosivas associadas, vem sendo freqüentemente utilizados como indicadores geomórficos da direção predominante do transporte de sedimentos; dinâmica sedimentar; ao longo da costa (Tessler e Mahiques, 1993).

O litoral sul do Estado de São Paulo mostra-se especialmente propício para este tipo de estudo, uma vez que é uma região onde as relações entre as dinâmicas continentais e marinhas se dão de modo particular em relação ao restante do litoral do Estado. As interações e atuação, em diferentes intensidades, de variáveis atmosféricas, variáveis oceanográficas (marés e ondas) e variáveis continentais (redes de drenagens e aporte sedimentar), criam um sistema costeiro único no Estado, reconhecidamente de alta mobilidade de sedimentos ao longo das atuais linhas de costa.

## **2- Objetivos**

O presente trabalho tem como principal objetivo o estudo da dinâmica sedimentar costeira na região da desembocadura do Rio Ribeira de Iguape e, secundariamente, da importância deste processo no contexto da evolução morfodinâmica do litoral sul do Estado de São Paulo (Juréia à Ilha do Cardoso), já abordada em trabalhos anteriores.

A escolha da desembocadura do Rio Ribeira de Iguape como área de estudo deve-se à escassez de estudos recentes e sistemáticos detalhados desta região, nos moldes daqueles realizados por Geobrás (1966), Tessler (1988) e Mihály (1997).

O primeiro tratou principalmente dos processos evolutivos e morfodinâmicos da Ilha Comprida e da desembocadura lagunar de Icapara, além das questões sócio-econômicas da região de Iguape e da implicação da abertura do Valo Grande no Sistema Estuarino-Lagunar Cananéia-Iguape. Tessler (1988), à partir de trabalhos anteriores, detalhou o modelo evolutivo para a barra de Icapara e de Cananéia e definiu o modelo evolutivo da desembocadura de Ararapira na Ilha do Cardoso. Mihály (1997), estudando a dinâmica sedimentar no litoral norte Paranaense, na divisa com o Estado de São Paulo, englobou a



desembocadura lagunar de Ararapira e corroborou o modelo evolutivo proposto por Tessler (1988), para esta região.

Assim, o trabalho dá enfoque a uma área, de certa forma, carente de informações e trabalhos mais recentes, se comparada com outras regiões desta mesma parte do litoral e, portanto, vem a contribuir para o aumento de informações referentes a esta área caracterizada pela intensa dinâmica sedimentar atual.

### **3- Caracterização Geral da Área: contexto geológico, geomorfológico, climático e oceanográfico regionais**

#### **3.1- Geomorfologia**

O litoral do Estado de São Paulo pode ser dividido, segundo critérios morfológicos, em três porções que exibem características muito marcantes entre si.

A primeira, ao norte, é caracterizada pelo recorrente contato de pontões do embasamento cristalino com o oceano e pelas planícies costeiras pouco desenvolvidas, formadas por depósitos continentais. A segunda, ao sul, caracteriza-se pelo afastamento da Serra do Mar da linha de costa, gerando planícies costeiras que ocupam áreas mais amplas e possibilitando a formação de depósitos sedimentares marinhos e flúvio-lagunares. A passagem de uma porção à outra se dá de maneira progressiva, fato explicado por autores como Suguio e Martin (1976) através de fenômenos do tipo flexura continental. A terceira porção seria caracterizada como a transição entre as duas já citadas.

Fúlfaro *et.al.* (1974), discorrendo sobre a gênese das planícies costeiras paulistas concluem, através da similaridade de suas colunas estratigráficas, sobre a similaridade de seus processos geológicos formadores. Geomórficamente, estas planícies foram divididas pelos autores em três compartimentos, estando os mais extensos em área, localizados ao sul da região Santos-Itanhaém-Peruíbe (compartimento central). Ao norte deste limite natural, somente o compartimento norte, o de Caraguatatuba, encontra-se embutido entre rochas do embasamento cristalino. O compartimento sul (denominado pelos autores de Cananéia-Iguape) seria representado pela maior das planícies costeiras paulistas, a Planície Costeira Cananéia-Iguape.

Segundo Fúlfaro *et.al.* (*op.cit.*), as áreas ocupadas por essas planícies costeiras são francamente delimitadas por fortes alinhamentos estruturais como as falhas de Itatins, ao norte do compartimento Cananéia-Iguape, as falhas de Cubatão e o alinhamento de Paranapanema, limitando o compartimento central e a falha do Camburu no compartimento Norte. Estes autores concluem dizendo que uma ampla erosão fluvial durante o Cenozóico foi responsável pela escavação dos largos anfiteatros que abrigam estas planícies.



Inicialmente, a região costeira do Estado de São Paulo foi denominada por Almeida (1964) como Província Costeira e este autor interpretou as diferenças entre as porções sul e norte como efeito principalmente da erosão diferencial das rochas do embasamento cristalino

Com relação às praias do litoral sul paulista, estas se constituem predominantemente de extensas faixas arenosas paralelas à linha de costa, separadas entre si por pontões do embasamento cristalino apresentando, geralmente, comportamento do tipo dissipativo (Tessler, 1988).

### **3.2- Geologia**

A evolução geológica do litoral paulista tem seu início marcado no Mesozóico, durante a abertura do Oceano Atlântico Sul no Jurássico-Cretáceo, seguida pelo soerguimento da borda continental e pela instalação da bacia de Santos. Ao longo de todo o período Cretáceo e Terciário ocorreu intensa sedimentação nesta bacia, controlada fortemente por eventos tectônicos, com soerguimento contínuo da margem continental ativo até os dias de hoje. Todo este processo foi acompanhado por intensa subsidência das bacias marginais e variações relativa do nível do mar.

Entretanto, foi só durante o Quaternário que as planícies costeiras adquiriram a geometria que observamos atualmente. Segundo Suguio e Martin (1978), durante este período ocorreram, ao menos, dois estágios glaciais alternados com interglaciais, acompanhados, respectivamente de elevações e abaixamentos do nível relativo do mar. Segundo estes autores, esses fenômenos transgressivos e regressivos estão representados nas planícies costeiras por sucessões de cristas praias de diferentes gerações.

Os sedimentos que compõem estas planícies costeiras são essencialmente marinhos regressivos de idades holocênicas e pleistocênicas, associados a depósitos lagunares, fluviais e coluviais holocênicos a atuais (Suguio e Martin, 1978). Na linha de costa, os sedimentos aflorantes são geralmente depósitos marinhos jovens, holocênicos, superpostos ou não por dunas frontais inativas. Estas são mais frequentes no litoral sul do Estado devido às condições favoráveis a seu desenvolvimento. Os depósitos marinhos pleistocênicos são conhecidos por Formação Cananéia (Suguio e Petri, 1973), possuem idade de 120.000 A.P e foram gerados em um evento transgressivo conhecido como Transgressão Cananéia. Já os depósitos marinhos holocênicos são correlatos a outro evento transgressivo-regressivo conhecido como Transgressão Santos (5.100 anos A.P.).

De acordo com o relatório do Projeto SUDELPA (1975, *apud* Tessler, 1988), o embasamento cristalino de idade pré-cambriana, ao redor do complexo lagunar-estuarino Cananéia-Iguape, é de origem metamórfica com rochas (em sua maioria xistos, filitos, gnaisses e migmatitos) vinculadas ao Grupo Açungui (Figura 1). Este complexo de rochas



estaria cortado ainda por intrusões alcalinas como as que afloram na Ilha de Cananéia (Morro de São João) e na Ilha Comprida (Morrete).

Deste modo fica evidente que, a partir de um determinado intervalo do tempo geológico, as variações relativas do nível do mar, foram um importante agente modelador das planícies costeiras e conseqüentemente da morfologia das praias atuais. Por sua vez, segundo Souza (1995), o arcabouço estrutural da Planície Costeira Cananéia-Iguape exibe fortes relações com os eventos tectônico cenozóicos que resultaram na formação da região sudeste do Brasil, conhecida como o *rifte* continental do Sudeste do Brasil (Riccomini, 1987 *in* Souza, 1995).

### **3.3- Clima e Oceanografia**

Segundo Fonsar (1994) a circulação atmosférica no sul da América do Sul é controlada pelo Anticiclone Tropical Atlântico (ATA), quente e estacionário e pelas incursões dos anticiclones migratórios frios como o Anticiclone Polar Migratório (APM).

O Estado de São Paulo se encontra em uma faixa de transição onde ocorre o confronto entre os climas controlados pelos sistemas tropicais e extra-tropicais (polares), além dos fenômenos frontológicos (Sant'anna Neto, 1994 *apud* Souza, 1997). De acordo com Monteiro (1973 *apud* Souza, 1997), na costa do estado atua, durante o ano todo, a Massa Tropical Atlântica que é originária do ATA e está associada aos ventos alíseos de direção E e NE. O APM é representado pela Massa Polar Atlântica (PA), pela Massa Polar Velha (PV) e pela Frente Polar Atlântica. Durante a PA atuam ventos de SW-S-SE, que mudam para E e NE na PV. A FPA, conhecida como frente fria é provocada pelo choque entre os sistemas tropicais e polares, sendo mais rigorosa no inverno podendo ocorrer, entretanto, durante o ano todo (Figura 2).

Segundo Monteiro (*op. cit*) a área em questão se encontra na subdivisão "Litoral Sul" (Cananéia a Peruíbe) região controlada por massas tropicais e polares, caracterizada por grande variação de pluviosidade (associada à alternância entre grandes planícies e maciços isolados), forte participação das massas polares e passagens frontais e distribuição quantitativa das chuvas variando de acordo com a topografia (vales, encostas e litoral).

Do ponto de vista oceanográfico o litoral paulista é classificado como submetido a um regime de micromarés, do tipo semi-diurno com desigualdades diurnas com pouca influência como processo físico nas praias e modificações de corrente. Em contrapartida, as ondas possuem papel primordial nestes processos modificadores.



## 4- A Planície Costeira Cananéia - Iguape

Esta planície possui a forma de um vasto crescente de quase 130km X 40km, cobrindo uma superfície de aproximadamente 2.500km<sup>2</sup> sendo limitada a SW e a NE por pontões do embasamento (Figura 3).

O sistema de drenagem na planície, segundo Tessler (1988), apresenta padrão de distribuição irregular, tendo como característica geral o seu desenvolvimento a partir de banhados no sopé da serra. Este fato resulta, segundo o autor, que esses rios drenem essencialmente a planície sedimentar, ocasionando interligações entre os canais e submetendo-os fortemente ao regime de oscilações de maré, propiciando com isso o desenvolvimento de grandes áreas de mangue. Ainda segundo este autor, o único rio que não se enquadraria neste padrão geral seria o rio Ribeira de Iguape, com percurso mais longo, bacia de captação muito maior e influência continental até muito próximo à sua foz. Por conseguinte, o volume de água captado por esta bacia é muito maior, desempenhando um papel muito importante nos processos evolutivos da área.

Este sistema de rios, canais e lagunas separam do continente, ao sul do Ribeira de Iguape, quatro importantes ilhas (Cardoso, Cananéia, Comprida e Iguape) com características geomorfológicas muito distintas. A comunicação entre o Sistema Cananéia-Iguape e o oceano ocorre através de desembocaduras denominadas de sul para norte, Ararapira, Cananéia, Icapara e Ribeira.

A ilha de Cananéia é de constituição arenosa, possui cotas elevadas até 10m, larguras entre 1 e 5 km e extensão de aproximadamente 27km. Como já citado, junto à cidade de Cananéia ocorre uma elevação de cerca de 120m, de constituição alcalina, denominado morro de São João. É separada do continente por um canal denominado mar de Cubatão e externamente por outro canal denominado mar de Cananéia.

A Ilha Comprida, onde a elevação rochosa denominada Morrete é o único destaque no relevo baixo e plano exibe sempre altitudes inferiores a 5 metros. Possui larguras entre 3km e 5km e comprimento de 72km. Esta feição geomorfológica essencialmente arenosa, caracterizada por Suguio e Martin (1978) como uma ilha-barreira, é separada do continente por uma laguna (Mar Pequeno) que a sudoeste subdivide-se em outras duas (mar de Cubatão e mar de Cananéia) separadas entre si pela Ilha de Cananéia.

A Ilha de Iguape é artificial e foi gerada pela abertura de um canal de ligação, em 1832, entre o mar Pequeno e o rio Ribeira de Iguape, chamado Valo Grande. É composta predominantemente por morros de rochas pré-cambrianas circundados por depósitos quaternários.

A Ilha do Cardoso, localizada na porção sul da planície, é formada essencialmente por rochas pré-cambrianas (Petri e Fúlfaro, 1970 *apud* Tessler, 1988), com depósitos quaternários localizados apenas em suas bordas junto à linha de costa atual ou ao canal de Ararapira, feição que a separa do continente.



## 5- Localização

A região de estudo insere-se no contexto da porção sul do litoral paulista, mais especificamente nas proximidades do limite nordeste da Planície Costeira Cananéia-Iguape, área que engloba as desembocaduras de Icapara (NE da Ilha Comprida) e a barra do rio ribeira de Iguape, na quadrícula delimitada pelas latitudes 24°30'S e 25°S e longitudes 47°30'E e 47°E (Figura 4).

## 6- Trabalhos Anteriores

As pesquisas sedimentológicas no litoral paulista tiveram início no final da década de 30, com o trabalho de cunho petrográfico-econômico de Knecht (1939, *apud* Rodrigues, 1996), que visava identificar a ocorrência de minérios de ferro e pirita em sedimentos praias de São Paulo.

Durante toda a década de 40, os trabalhos sedimentológicos continuaram objetivando apenas o interesse econômico. À partir da década de 50, trabalhos de cunho oceanográfico-geológico na região lagunar de Cananéia-Iguape, baseados na identificação dos processos de transporte e sedimentação marinha relacionados às variações morfológicas da linha de costa, desenvolvidos inicialmente por Besnard (1950 *apud* Rodrigues, *op. cit.*) e Sadowski (1952/53/54, *apud* Rodrigues, *op. cit.*), iniciaram uma nova linha nos estudos das áreas litorâneas do Estado.

Na década de 60, os estudos utilizando análise e caracterização de sedimentos de superfície de fundo iniciados por Kutner (1962, *apud* Rodrigues, *op. cit.*) representaram um avanço no reconhecimento dos agentes responsáveis pela deposição na dinâmica sedimentar costeira. Com o desenvolvimento e a aplicação de novas metodologias, ocorreu um aumento na quantidade de trabalhos sobre a sedimentação em áreas submersas durante a década de 70. Estes trabalhos, como o de Fúlfaro e Ponçano (1976, *apud* Rodrigues, *op. cit.*) foram aplicados principalmente à construção e manutenção de portos como o de Santos. Ainda nesta década, autores como Suguio, Martin e Petri realizaram trabalhos de indiscutível valor correlacionando os conceitos associados à variações do nível do mar, estratigrafia e sedimentologia, na região de Cananéia-Iguape. Os trabalhos realizados neste período contaram ainda com a modernização dos equipamentos analíticos e de amostragem, além de imagens de satélite, resultando em uma evolução na qualidade dos resultados.

Especificamente tratando da Planície Cananéia-Iguape, região onde se insere a área em estudo, estão os trabalhos de Suguio e Martin (1976) e Martin e Suguio (1976) que contém uma síntese da evolução e dos mecanismos formadores das planícies costeiras paulistas. Estas planícies, segundo os autores, seriam resultado de variações do nível



médio do mar associadas a intensos processos sedimentares atuantes durante o período Quaternário. Ressaltam ainda as grandes diferenças entre as planícies com características de emersão a sul e submersão a norte do Estado de São Paulo, no tocante a suas superfícies, fruto possivelmente de processos tectônicos, passando de alguns quilômetros quadrados a norte à mais de 2000 km<sup>2</sup> a Sul, como no caso da planície litorânea de Cananéia - Iguape.

Os trabalhos elaborados durante as décadas de 80 e 90 enfatizaram a atuação da dinâmica marinha, seguindo orientações desenvolvidas sobre sedimentação atual ao longo das décadas de 50 e 60, porém é inegável que as metodologias mais atuais só tendem a melhorar e complementar as metodologias empregadas e consagradas no passado.

Alguns trabalhos abordam mais especificamente a área e os objetivos principais deste projeto de estudo, uma vez que apresentam modelos evolutivos para a área em questão, além de abordagens metodológicas e resultados distintos entre si. São os seguintes em ordem cronológica: Geobrás (1966), Barcelos (1975), Suguio e Martin (1978), Tessler (1982,1988), Ponçano *et. al.* (1995), Souza (1997) e Mihály (1997).

## **6.1- Síntese dos Modelos Evolutivos**

### **6.1.1- Modelo de evolução da Planície Costeira Cananéia-Iguape**

Conforme Suguio & Martin (1978), na parte sul do litoral do litoral paulista, em contato direto com rochas pré-cambrianas, encontram-se depósitos sedimentares argilo-arenosos a conglomeráticos, de idade provável plio-pleistocênica, denominada Formação Pariquera-Açu (Bigarella e Mousinho, 1965 *apud* Suguio & Martin *op. cit.*). esses sedimentos afloram no sopé da serra do Mar e foram encontrados, através de sondagens, sob os sedimentos das planícies do litoral sul do Estado de São Paulo. Estes sedimentos argilosos a argilo-arenosos que se encontram sobre a Formação Pariquera-Açu são incontestavelmente de origem marinha e pela sua posição supõem-se idade quaternária a esses sedimentos desta planície do litoral paulista. A estes depósitos quaternários, como já citado anteriormente, Suguio e Petri (1973) deram o nome de Formação Cananéia e a estes atribuíram características de depósitos de características transgressivas em sua parte inferior e regressivas em sua parte superior. Duas datações em radiocarbono realizadas em madeira carbonizada e em madeira fossilizada forneceram, respectivamente, idades superiores a 30.000 e 35.000 anos. Estas idades, segundo os autores sugere uma deposição anterior ao último episódio transgressivo (Transgressão Cananéia).

Aos depósitos sedimentares arenosos com elevações máximas de 3 metros, encontrados pelos autores na parte externa dos depósitos da Formação Cananéia, os



autores atribuíram características deposicionais transgressivas relacionados a outro episódio denominado Transgressão Santos.

Suguio e Martin (1978), através de modelo evolutivo esquemático, mostram os sucessivos estádios de desenvolvimento que resultaram na deposição destas sequências e consequentemente na formação da Planície Costeira Cananéia-Iguape (Figura 5).

1º ESTÁDIO: Por ocasião do máximo da transgressão Cananéia o mar atingiu o pé da Serra do Mar. Foi nessa fase que sedimentos argilo-arenosos transicionais e areias litorâneas transgressivas recobriram a Formação Pariquera-Açu.

2º ESTÁDIO: Com o início da regressão, passaram a ser depositados cordões litorâneos no topo dos depósitos arenosos.

3º ESTÁDIO: Durante todo o transcorrer desta fase, o nível do mar foi inferior ao nível atual (ao redor de 17.000 anos A.P. o nível do mar situava-se em torno de -110m ), quando a rede de drenagem erodiu mais ou menos profundamente os sedimentos depositados durante a transgressão Cananéia.

4º ESTÁDIO: Durante o último grande período transgressivo, o mar penetrou inicialmente nas zonas baixas, estabelecendo-se então um extenso sistema de lagunas, onde foram depositados sedimentos argilo-arenosos comumente ricos em matéria orgânica. Ao mesmo tempo, o mar erodiu as partes mais altas da Formação Cananéia. As areias resultantes desta erosão foram ressedimentadas, formando os depósitos holocênicos.

5º ESTÁDIO: Durante o retorno do mar rumo ao seu nível atual, foram formados cordões litorâneos regressivos. As oscilações do nível marinho durante a parte final da última transgressão puderam originar várias gerações de cordões litorâneos. Deste modo, na Ilha Comprida parecem existir duas gerações de cordões separados por uma zona baixa (intercordões) mais ou menos pantanosa que pode ser seguida por cerca de 50km.

#### **6.1.2- Modelo de evolução da Ilha Comprida**

No relatório da Geobrás (1966), seus autores sugerem o seguinte esquema evolutivo para a Ilha Comprida, baseados na interpretação da geometria dos cordões litorâneos (denominados pelos autores como "cicatrices" e "estrias"). No fim do Terciário e início do Quaternário, o recuo lento e progressivo do nível do mar teria resultado na formação da planície costeira. Na área protegida pelas elevações da Ilha do Cardoso, teria se formado um amplo "bolsão" ou "baía", atualmente correspondente a baía de Trapandé e mares adjacentes, a rede de drenagens seria formada por pequenos cursos de água paralelos à linha de costa, bastante ameandrados e possivelmente com seções desproporcionalmente grandes em relação à bacia drenada e que desembocavam nesta "baía". Além destas drenagens devem ter existido outras que desaguavam diretamente no mar, com tendência de deslocamento para o norte.



Um fenômeno de captura entre um curso de água que desembocasse na atual baía de Trapandé e outro que desaguasse diretamente no mar nas proximidades do SW do povoado de Pedrinhas teria originado a Ilha Comprida. Esses cursos de água passando e ter ligação com o mar em suas duas extremidades constituiriam-se em verdadeiros braços de mar (mares de Cananéia e de Cubatão). Esta ligação com o oceano teria proporcionado o aparecimento de fortes correntes de maré que, encontrando o material arenoso da planície costeira, teriam começado a alargar e aprofundar os antigos leitos dos cursos de água, gerando erosão nas margens côncavas e formações de mangues no lado convexo dos meandros. Parte deste material erodido teria sido lançado na baía e parte no mar, lançado pelo o que os autores chamaram de "nova barra", engordando as praias devido ao transporte imposto pelas correntes de deriva litorânea. O material depositado na própria barra teria resultado em uma língua de areia que avançou em direção NE, separada do continente pelo canal que daria origem ao atual mar Pequeno. Este crescimento continuou até serem encontrados os morros de Iguape, o que teria resultado em acresção da Ilha em direção ao mar e, conseqüentemente, no vencimento desses obstáculos.

A abertura do Valo Grande contribuiu com a aceleração da formação da ilha pelo aumento das velocidades de correntes de maré vazante associadas aos sedimentos trazidos pelo rio Ribeira de Iguape. Entretanto, a erosão do valo grande, associado a perda de energia das correntes de maré causadas pelo assoreamento dos canais pelos sedimentos fluviais do Ribeira tenderiam, conforme os autores do relatório, a equilibrar as condições hidrodinâmicas locais, diminuindo a influência do Valo Grande no crescimento da ilha. Finalmente, vencido o morro de Icapara, a Ilha Comprida teria seu acesso desimpedido em direção à Barra do Ribeira, estimado pelos autores em 35m por ano.

Suguio e Martin (1978) propõem um esquema evolutivo (Figura 6) utilizando como evidências, além da geometria e orientação dos cordões litorâneos, a presença e datações de sambaquis. Utilizam também, como referência de tempo, o intervalo de máximo regressivo determinado por eles mesmos. Segundo estes autores, pelo fato da extremidade sul da Ilha Comprida ser composta por areias limonitizadas da Formação Cananéia, na época do máximo da transgressão holocênica, esta parte da ilha deveria estar submersa. Após o primeiro máximo (5.100 anos A.P.) a Ilha teria crescido no rumo NE, fato evidenciado, segundo os autores, pelo encurvamento dos cordões. Ao mesmo tempo que a ilha se alongava, sofria um processo de alargamento pela acresção de cordões paralelos à linha de costa atual. No decorrer da pequena fase transgressiva que precedeu o segundo máximo (3.500 anos A.P.), uma parte desses cordões teria sido erodida. A presença de um sambaqui datado em  $3220 \pm 90$  anos A.P. e  $3090 \pm 110$  anos A.P., abundantes em ossos de baleia levou estes autores a concluir que este foi construído próximo ao oceano, no início da construção dos cordões externos. Isto confirmaria que toda a parte da ilha situada entre a zona baixa e o oceano foi formada após o segundo máximo (3.500 anos A.P.)



### 6.1.3- Modelo de evolução da desembocadura de Ararapira

Para o caso da desembocadura de Ararapira, Tessler (1988) observou que o crescimento dos cordões litorâneos nesta região mostrava uma progradação para SW, sentido contrário à corrente de deriva predominante. Entretanto, a configuração do canal na desembocadura sugere que esta progradação está associada à erosão dos antigos depósitos arenosos de direção geral SW-NE durante as marés vazantes. O crescimento da face interna da praia de Ararapira estaria associado a um mecanismo semelhante ao de rio meandrante no qual a margem côncava é erodida e este material depositado na margem convexa (Figura 7). Já o crescimento da sua face externa estaria associada ao bloqueio imposto pelo fluxo da maré vazante da desembocadura lagunar à semelhança do mecanismo descrito para desembocaduras fluviais por Suguio *et.al.* (1985). Este mecanismo é mais eficiente, conforme atesta Tessler (1988), quanto maior for a intensidade do fluxo de água que flui para fora do sistema estuarino-lagunar, fato que ocorre predominantemente durante a passagem de frentes frias. Nesses períodos devido aos ciclos de maré mais extensos e a ação dos ventos de S e SW, ocorre o aprisionamento de um maior volume de água no sistema lagunar durante um período anormal, aumentando assim o fluxo. Como é durante estes eventos que também ocorre o transporte mais intenso devido à maior energia das ondas vindas de S, a desembocadura tende à obstrução. Quando se dá o período de vazante (de sentido SW) mais intensa a obstrução é rompida e os sedimentos são deslocados em direção ao oceano, sendo então retrabalhados e redepositados na porção SW da praia de Ararapira. Portanto, este aporte arenoso, associado aos processos erosivos produzidos pelas correntes de vazante seriam os responsáveis pelo deslocamento desta desembocadura rumo ao S.

Mihály (1997) obteve, em seu estudo, conclusões semelhantes às obtidas por Tessler (1988), comprovando o modelo proposto por este autor.

### 6.1.4- Modelo de evolução da desembocadura de Cananéia

Os estudos comparativos realizados por Tessler *et.al* (1990) na desembocadura lagunar de Cananéia mostram a tendência generalizada de recuo da face norte e avanço da parte leste da Ilha do Cardoso, acompanhados por erosão da margem da Ilha Comprida. Processos impostos pelas variações de maré enchente e vazante, associados à ação das ondas e correntes de deriva litorânea de rumo NE seriam os responsáveis pelas variações morfológicas da feição estudada pelos autores. Estas interações geram ainda bancos arenosos submersos que são alimentados por areias carreadas pela maré vazante, originárias das margens das Ilhas Comprida e do Cardoso, bem como relacionadas aos sedimentos relíquia da plataforma continental interna. Este crescimento se dá até o limite de agradação máximo, quando passam a ser erodidos pelos mesmos processos que os



formaram. A arrebentação de ondas sobre os bancos mais altos é responsável pela recolocação dos sedimentos sob a ação do transporte litorâneo. As correntes de deriva litorânea distribuem esses sedimentos (provenientes da erosão da própria margem da Ilha e da plataforma rasa contígua) ao longo da Praia de Fora na Ilha Comprida, que podem, uma vez capturados pelas correntes de maré vazante, contribuir para o crescimento da ponta S da Ilha (pontal de Fora). Levantamentos topográficos periódicos realizados na Praia do Pontal de Fora mostraram que o perfil topográfico apresenta fases de aggradação e erosão. Conclui-se então que a feição não exibe um rumo de crescimento preferencial, sendo esta variável em função da interação entre as correntes de maré, ondas e correntes de deriva litorânea (Figura 8).

#### **6.1.5- Modelo de evolução da desembocadura de Icapara**

Conforme o estudo comparativo realizado pela Geobrás (op.cit.), foi detectado, como já citado anteriormente, o crescimento da Ilha Comprida para NE e a erosão da ilha de Iguape (Figuras 9 e 10). Segundo Tessler (1988) esse fenômeno ocorre devido a um mecanismo semelhante ao que ocorre em Ararapira, com diferença básica que o fluxo de maré vazante ocorre na direção NE, coincidindo com o sentido predominante das correntes de deriva litorânea. Os sedimentos erodidos da ilha de Iguape seriam então retidos pela ação das ondas incidentes na desembocadura, gerando a deposição destes sedimentos sob a forma de bancos submersos paralelos à desembocadura.

#### **6.1.6- Modelo de evolução da desembocadura do rio Ribeira de Iguape**

O esporão arenoso que corresponde à foz do rio Ribeira de Iguape apresenta, similarmente a desembocadura lagunar de Ararapira, sentido de crescimento para SW. Este fato é explicado por Tessler (op.cit.) como resultado do bloqueio das correntes de deriva litorânea provenientes de SW e dos sedimentos por elas carregados pelo fluxo lagunar e fluvial, de Icapara e do Rio Ribeira, respectivamente. Segundo o autor, nesta região ocorrem as maiores frequências de ondas provenientes de E e NE, o que acarreta na geração de correntes de deriva litorânea para SW, fato corroborado pelas medições de corrente de fundo efetuadas pelo autor na estação de Iguape. As correntes de deriva para NE só voltariam a atuar conforme se caminha em direção a NE desta foz.

#### **6.1.7- O papel das correntes de deriva litorânea na redistribuição de sedimentos ao longo da atual linha de costa do litoral sul paulista**

O relatório publicado pela Geobrás S.A. em 1966 com o intuito de fornecer subsídios científicos relacionados à região da cidade de Iguape caracteriza-se como uma obra de alto



valor histórico e científico no que diz respeito às questões que envolvem o comportamento hidrodinâmico, hidrológico e evolutivo desta área da Planície Costeira Cananéia-Iguape. A obra discorre, principalmente, sobre os efeitos da abertura do canal do Valo Grande, no sistema estuarino-lagunar e possíveis soluções para problemas gerados por essa obra.

Este canal, aberto entre os anos de 1830 e 1850, modificou totalmente o comportamento dinâmico da região pois diminuiu o caminho percorrido pelas águas fluviais até o mar. Conseqüentemente, o material carregado pelo rio passou a ser depositado diretamente no sistema estuarino-lagunar, fato que alterou o balanço sedimentar da área. Antes da abertura do Valo Grande, o Rio Ribeira de Iguape desaguava diretamente no mar e os efeitos da maré sobre o rio eram sensíveis. Após a abertura do canal, estes efeitos se fizeram mais notáveis e atualmente sabe-se que aproximadamente 60% das águas desse rio deságuam no canal interno do Mar Pequeno e 40% por sua desembocadura original, o que gera assoreamento em seu leito e desembocadura antigos. O trabalho de Tessler & Furtado (1983) tece considerações muito interessantes a respeito do assoreamento da região lagunar Cananéia-Iguape, fenômeno intimamente relacionado à descarga de sedimentos provenientes deste canal artificial. Estes autores não chegam a citar qual a dimensão desta contribuição, porém dão ênfase aos processos evolutivos das feições que sugerem o assoreamento dos canais à retaguarda da Ilha Comprida.

Segundo modelo estabelecido em Geobrás (1966) através de análises de fotografias aéreas de diferentes datas, sobrepostas juntamente com cartas náuticas antigas, a linha de costa na região de Icapara, praia do Leste (Prainha) e foz do Ribeira de Iguape tende à retificação pois a migração, na direção NE, da feição arenosa que corresponde a barra de Icapara, a erosão na Ilha de Iguape e o crescimento para SW da barra do Ribeira são muito claros, relacionadas a um transporte costeiro de rumo NE.

Outra questão de extrema importância aventada neste trabalho seria a ciclicidade do fenômeno de rompimento da feição arenosa que obstrui parcialmente a desembocadura do rio Ribeira de Iguape, observado em fotografia aérea do ano de 1956. Esse fenômeno, segundo os autores do relatório, estaria relacionado às marés de sizígia associadas a grandes descargas fluviais. Descrevem ainda que este tipo de fenômeno é comum em barras de rios que descarregam quantidades consideráveis de material em praias de areia fina, sujeitas a marés de pequena amplitude, sendo conseqüência da luta constante entre o transporte fluvial e o litorâneo. Em relação a dinâmica sedimentar, os autores citam ainda que a tendência de transporte de areia ao longo da praia da Ilha Comprida "se faz em ambos os sentidos, com predominância de sul para norte".

Em sua tentativa de determinar a sedimentação e os subambientes deposicionais da Ilha Comprida, Barcelos (1975) fornece dados sobre as características sedimentológicas (textura e mineralogia) dos depósitos sedimentares mapeados, além de um inventário dos microorganismos (foraminíferos e tectamebas) da região. Este autor se utiliza de



metodologia muito semelhante à adotada no presente trabalho (fotointerpretação e amostragem), porém, não objetivou o estudo do transporte de sedimentos na área estudada. De qualquer modo, o autor parece assumir como modelo de transporte de sedimentos aquele elaborado em Geobrás (*op. cit.*), fato observado também em outros trabalhos. A contribuição do trabalho de Barcelos (*op. cit.*) à este presente estudo se dá sob a forma de comparação, uma vez que este autor realizou coletas de sedimentos tanto na região de Icapara, como no rio Ribeira de Iguape. Como conclusão, Barcelos (*op. cit.*) define cinco subambientes deposicionais na Ilha Comprida, sendo eles, Eólico (dunas), Praial, Marinho raso (cordões litorâneos), Marinho raso (praial) e Mangue. Segundo este autor, a semelhança entre os sedimentos que compõem estes diferentes depósitos refletem retrabalhamento incessante entre estes subambientes.

A contribuição do estudo de Tessler (1982) a este trabalho também se dá sob a forma de base de comparação no que diz respeito às características dos sedimentos, uma vez que estas partículas colocadas à mercê dos processos hidrodinâmicos atuantes nas praias foram ou irão ser retrabalhadas, em algum momento, nas áreas internas dos canais lagunares do sistema Cananéia-Iguape.

Esta região foi detalhadamente estudada pelo autor, que visou estabelecer, através do confronto de parâmetros hidrodinâmicos medidos (ondas, marés e correntes de superfície e de fundo), com as características dos sedimentos superficiais de fundo, além da comparação de cartas topográficas e batimétricas de diferentes épocas, os processos de sedimentação atuais ocorrentes na área. O resultado deste estudo foi um complexo modelo de circulação interna nestes canais lagunares (Figura 11), amplamente dominados e modificados, segundo o autor, pela ação das correntes de maré (vazante e enchente). Especificamente sobre a região de Icapara, Tessler (1982) cita que existe um aparente equilíbrio, nesta área, entre as marés enchentes e vazantes o que possibilita a formação de extensos baixios arenosos nas adjacências desta desembocadura.

Em seu extenso estudo sobre a dinâmica sedimentar Quaternária no litoral sul paulista (área costeira desde a Ilha do Cardoso até a foz do rio Ribeira de Iguape), Tessler (1988), utilizando-se de metodologias de amostragem de sedimentos, execução de estações oceanográficas fixas (correntometria) e fotointerpretações, procurou:

- 1- Analisar a dinâmica da circulação geral na plataforma rasa sul paulista;
- 2- Avaliar o papel representado pelas ondas e correntes no mecanismo de transporte de sedimentos na região litorânea;
- 3- Analisar os sedimentos das Formações Cananéia e Santos visando avaliar a importância destes depósitos como fonte dos sedimentos atualmente disponíveis ao transporte litorâneo;



- 4- Analisar as direções de alinhamento dos cordões holocênicos da Ilha Comprida com vistas a sua correlação com o padrão de circulação litorânea no litoral sul paulista e;
- 5- Realizar a reconstrução paleogeográfica das feições das desembocaduras lagunares e da foz do rio Ribeira de Iguape como forma de identificar a tendência evolutiva dessas feições costeiras e sua associação com o mecanismo de transporte predominante na área.

Tendo estes objetivos em vista e com a adoção da metodologia proposta, o autor consegue, com base no modelo evolutivo proposto em Geobrás (1966) fornecer dados muito importantes ao conhecimento do comportamento hidrodinâmico de toda a face litorânea do Sistema estuarino-lagunar Cananéia-Iguape e implementar o modelo evolutivo de Geobrás (1966) já consagrado, uma vez que não foi realizado neste trabalho, uma sistemática de amostragem e análise sedimentológica como a realizada por Tessler (1988).

Assim, Tessler (*op. cit.*) conclui que a dinâmica de circulação na plataforma interna sul paulista e conseqüentemente o transporte dos sedimentos de origem continental e marinha ao longo da costa está condicionado pelas correntes litorâneas de fundo geradas pela interação dos diferentes sistemas de ondas incidentes com a linha de costa. Baseado em suas observações o autor cita que a interação entre as correntes de deriva litorânea de direção NE (geradas por ondas provenientes de S e SE) e as de direção SW (geradas por ondas provenientes de E e NE) geraria uma terceira componente orientada rumo ao oceano, observada nas cartas batimétricas.

O autor conclui ainda que a distribuição espacial, textura e mineralogia, dos sedimentos coletados em área submersa e da faixa intermarés, associados à tendência generalizada de crescimento para NE das feições geomórficas costeiras, indicam que o balanço sedimentar entre as correntes de sentidos opostos, que podem, segundo o autor ocorrerem simultaneamente, apresenta uma resultante para NE.

Sobre o alinhamento dos cordões litorâneos Pleistocênicos e Holocênicos o autor conclui que durante as fases de deposição das seqüências de topo (formações Cananéia e holocênica), as condições hidrodinâmicas atuantes na época prevaleceram muito semelhantes às observadas atualmente, ou seja, as paleocorrentes de deriva litorânea devem ter fluído no rumo NE. Por outro lado, nos locais onde o alinhamento dos cordões litorâneos sai do padrão NE-SW, o autor as paleocorrentes sofriam alterações devido às suas interações com os sistemas de circulação lagunares encerrados à retaguarda das paleo-ilhas barreira. Estas áreas restritas onde o padrão hidrodinâmico litorâneo é perturbado estão, hoje em dia, restritas às regiões das desembocaduras lagunares de Ararapira, Cananéia e Icapara e a foz do rio Ribeira de Iguape.

Em relação à configuração da linha de costa o autor é bem claro no que diz respeito à utilização das feições geomórficas costeiras como indicadores do sentido preferencial da



deriva litorânea. Através da fotointerpretação realizadas sobre fotografias aéreas de três diferentes datas o autor pôde reconstituir antigas posições da linha de costa na região da desembocadura de Ararapira e Cananéia. Para a desembocadura do rio Ribeira de Iguape e de Icapara foi utilizado o modelo do relatório da Geobrás. A utilização destas feições geomórficas como indicadoras de sentido de correntes de deriva, segundo o autor, deve ser realizada levando-se em consideração o fato de estarem associadas a um sistema estuarino-lagunar sujeito aos ciclos de maré enchente e vazante.

Souza (1997), na tentativa de delimitar células de deriva litorânea e as áreas em erosão no litoral paulista, divide a costa do estado em sete setores morfodinâmicos, utilizando-se principalmente de características morfológicas das regiões, sendo que a área de Cananéia-Iguape encontra-se no que a autora chamou de setor morfodinâmico I. Sua metodologia de estudo para a determinação destas possíveis células de deriva litorânea fundamentou-se na aplicação de dois métodos que se utilizam de determinados indicadores, sendo eles o de Taggart-Shwartz-modificado e o de McLaren. O primeiro consiste na análise de cinco parâmetros: largura da praia, inclinação da praia, diâmetro médio dos grãos e grau de seleção (desvio padrão) e curtose (associada ao nível de energia de ondas) dos sedimentos. O segundo consiste na análise das modificações relativas entre os parâmetros diâmetro médio, desvio padrão e assimetria em função de uma determinada área fonte e de processos sedimentares. Este método resultaria em dois tipos de processos de transporte, dando origem a dois casos distintos, o caso B e o caso C. No primeiro o depósito torna-se mais fino, melhor selecionado e com assimetria mais negativa que a fonte (F/M/N). No segundo, o depósito torna-se mais grosso, melhor selecionado e mais positivo que sua fonte (G/M/P), para um decréscimo de energia no sentido do transporte, mas transferência inicial de alta energia. Para a obtenção dos parâmetros estatísticos a autora utilizou amostras de intermarés de 64 praias do Estado. Além da amostragem, utilizou também, na obtenção dos parâmetros necessários fotointerpretações para observação da proveniência das ondas e observações de ondas no campo.

A autora conclui que para o setor morfodinâmico I os transportes de rumos NE e SW correm concomitantemente, atuando através de células de deriva litorânea divergentes e convergentes (Figura 12), sendo que os centros de divergência destas células podem migrar ao longo de um curto trecho da praia, para sul ou para norte, de acordo com a direção principal de incidência de ondas. A autora cita, entretanto uma divergência de resultados quando os seus são confrontados com o de Tessler (1988) e Ponçano *et.al.* (1994), que propõem a predominância de correntes para NE ao longo de toda a ilha (Figura 13). Os últimos autores assinalaram a presença de transporte on-shore e off-shore nas porções sul e norte da praia.

A autora se refere à praia do Leste como uma "zona de passagem" ou trânsito de sedimentos entre a Ilha Comprida e a praia da Juréia, estando fortemente sujeita às



dinâmicas das desembocaduras lagunar de Icapara e fluvial do Ribeira de Iguape. Cita ainda que as zonas de intensa deposição geradas ao largo desta praia como consequência desta dinâmica fluvial-lagunar-marinha interferem na incidência das ondas, aumentando seus ângulos gerando pequenas células de deriva com direção predominante para NE no verão e SW no inverno.

Segundo o modelo proposto em seu trabalho sobre as tendências regionais de transporte ao longo das praias do litoral paulista realizado para a carta Geotécnica do Estado de São Paulo, Ponçano *et. al* (1994) citam que no litoral sul-sudeste brasileiro ocorre o predomínio de dois sistemas de massas de ar, semelhantes aos citados no capítulo sobre clima, que condicionam a circulação atmosférica e, conseqüentemente, os sistemas de ondas que se propagam nesta região, a partir de centros de geração localizados no oceano Atlântico Sul. São eles, o sistema de predomínio do Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) e o dos Anticiclones Polares Migratórios (APM).

O ATA, cujas pressões máximas oscilam entre 1020 e 1023 mb, geraria os ventos alíseos, os quais vão tomando as direções NE e NW entre 10° e 40° de latitude sul, conforme o giro desta célula regional. A ação deste sistema favorece as temperaturas elevadas e a estabilidade do tempo. Com o ATA localizado a leste da costa, os sistemas de ondas gerados pelos ventos anti-horários que dele se originam, ao atingirem a linha de costa, cuja orientação geral é NE-SW, ocasionam a formação e a propagação de correntes de deriva litorânea de rumo geral para SW.

Esta situação, porém, é modificada pelo deslocamento de frentes polares relacionadas ao APM. O desenvolvimento desses sistemas frontal acarreta, além de intensas precipitações pluviométricas, em mudanças na direção dos ventos predominantes, que passam a se originar dos quadrantes a sul. Estes processos de deslocamento e ventos associados são os responsáveis pelo predomínio da incidência de trens de onda de SW e SE, geradores de correntes de deriva litorânea de rumo geral para NE.

O deslocamento destes sistemas frontais com seus ventos associados e rotação horária apresenta como consequência a ocorrência, para um dado segmento da costa, em situação pré-frontal, a incidência de ondas de SW geradora de correntes de deriva litorânea para NE. Com o deslocamento desta frente para latitudes mais baixas, os ventos horários podem gerar, para o mesmo segmento da costa, ondas de NE que provocam deriva para o sentido oposto, para SW (pós-frontal).

Ainda segundo estes autores, baseados em séries de observações antigas (Geobrás, 1966; CTH/USP, 1973 e Bomtempo, 1991 *in* Ponçano *et. al. op. cit*), concluíram que os sistemas de propagação de ondas do litoral sul paulista estão vinculados exclusivamente a seus centros de geração oceânicos, independentemente das direções dos ventos locais. Assim, as direções de aproximação do quadrante NE corresponderiam a ondas provenientes de áreas de geração situadas a leste, bem como as ondas de



provenientes de SE corresponderiam a zonas de geração situadas a sul. Todos os levantamentos anteriores utilizados pelos autores concordam com o fato de que a direção de incidência predominante das ondas é do quadrante Leste. Porém, as ondas com maiores alturas, portanto mais efetivas no transporte de areias são provenientes do quadrante sul. Os autores ressaltam ainda que estes levantamentos não evidenciam tendências de concentrações de direções de aproximação em determinados meses do ano, não apresentando, portanto, comportamento sazonal. Ressaltam ainda que, mesmo com os centros geradores de ondas estando distantes da costa e as ondas possuindo energias distintas, verifica-se que conjuntos de ondas gerados em momentos distintos chegam simultaneamente à costa.

Quanto aos sistemas de correntes costeiras, Ponçano *et. al. (op. cit.)*, concluem que os períodos de predomínio da ação estabilizadora do ATA resultam em correntes de deriva litorânea no sentido SW, geradas por trens de ondas, provenientes de E e NE. Do mesmo modo, as alterações atmosféricas relacionadas às frontogêneses ligadas ao APM, ao gerar trens de ondas provenientes de S e SW, produzem correntes de deriva litorânea que propagam no rumo NE.

Ainda em relação às correntes de deriva litorânea, os autores citam que apesar de não terem sido observadas concentrações de direções de aproximação de ondas com caráter sazonal, o levantamento realizado por Bomtempo (1993 *apud* Ponçano *et. al. op. cit.*) na praia da Juréia identifica um padrão de alternância de dois conjuntos de correntes costeiras, com sentidos opostos de propagação, o que corrobora com as afirmações já feitas por Ponçano *et. al. (op. cit.)* sobre as duas direções preferenciais de propagação da deriva litorânea (NE e SW).

A este respeito, citam que determinadas desembocaduras fluviais, como as dos rios Ribeira de Iguape, Una e Itanhaém, causam, em diferentes escalas, interrupções locais nesse sistema de correntes, funcionando como molhe hidráulico, concordando com Tessler (1988).

Bomtempo (1993 *apud* Ponçano *et. al. op. cit.*), em medições de correntes efetuadas entre 1982 e 1985 obteve valores entre 10 e 30 cm/s, sendo os mais elevados referentes às correntes de superfície, tanto no rumo NE como SW, tratando-se de valores suficientes para o transporte de areias muito finas. Tessler (1988), em seu estudo na região sul do litoral paulista, concluiu ser possível a interação de trens de ondas geradores de correntes costeiras de direções opostas, similar as conclusões posteriormente obtidas por Bomtempo (1993 *apud* Ponçano *et. al. op. cit.*).

Quanto à importância das correntes costeiras induzidas por ventos locais, Ponçano *et. al. op. cit.* mostram através de trabalhos anteriores, que na plataforma continental interna, o aumento da velocidade de corrente, que deveria ser esperado devido ao incremento da velocidade do vento, é neutralizado pelo efeito do atrito (retardo de velocidade) exercido



pela interação com o fundo. Portanto, segundo os autores, à medida que cresce em importância a ação das ondas sobre as correntes de deriva litorânea, com a proximidade da linha de costa, a ação dos ventos locais diminui. Conforme Silva (1968 *apud* Ponçano *et. al. op. cit*), no litoral sul paulista, os ventos locais seriam responsáveis pela geração de correntes da ordem de 2cm/s em áreas com profundidades inferiores a 15 metros. Porém, durante a atuação dos sistemas frontais, os ventos locais viriam a adquirir importância no transporte arenoso transversal à linha de costa (dinâmica onshore-offshore).

Em relação às correntes de maré, é sabido de sua importância na formação e manutenção do sistema lagunar Cananéia-Iguape (Tessler e Mahiques, 1993). Entretanto, os efeitos da componente tidal no transporte de sedimentos na plataforma paulista não foram ainda estabelecidos, embora não pareçam ser significativos (Ponçano *et. al. op.cit*).

#### 6.1.8- Os sedimentos

Os trabalhos citados no capítulo anterior contém diferentes abordagens no que diz respeito tanto à sistemática de coleta como nos resultados obtidos. Apesar disso, o tratamento laboratorial e estatístico dos dados é muito semelhante. As diferenças entre os resultados obtidos pelos diferentes autores estudados advém, principalmente em portanto, das diferenças de interpretação dadas aos dados obtidos.

Giannini (1985) discute o significado dos parâmetros estatísticos nas características energéticas de transporte sedimentar e ambiente deposicional. Este autor cita o uso clássico do diâmetro médio na interpretação destas características. Segundo ele, os parâmetros diâmetro médio e desvio padrão estão intimamente relacionados porque uma seleção efetiva dos grãos implica em eliminação parcial ou total de certos intervalos granulométricos. Os mecanismos de seleção granulométrica e as suas relações com mudanças de diâmetro médio foram descritos por Russel (1939, *apud* Giannini, *op. cit.*), que dividiu o feito seletivo dos agentes de transporte sedimentar em dois tipos: um efeito local, envolvendo a seleção dos grãos em um dado sítio deposicional e um efeito progressivo, com seleção crescente no rumo do transporte. Segundo este autor, o grau de seleção local é extremamente útil na determinação do agente de transporte envolvido e das condições de deposição naquele ponto, enquanto a seleção progressiva pode ser usada na interpretação de paleocorrentes sedimentares, refletindo-se na morfometria, na composição mineralógica e no tamanho médio dos grãos. É com respeito à seleção progressiva, portanto, que a relação entre desvio padrão e diâmetro médio se apresenta mais clara.

O efeito produzido pelo selecionamento progressivo no diâmetro médio é de diminuição, representado pela deixa de grãos maiores, seja por queda crescente na competência do agente transportador, ou pelas flutuações negativas nessa competência. Em corpos de água permanentes (correntes de deriva) o autor cita que este segundo efeito se dá de maneira marcante, independentemente dos efeitos de abrasão dos grãos.



Observa ainda que a taxa de aumento de seleção por correntes longitudinais depende não apenas da morfologia praial como também da granulometria do sedimento fornecido.

Segundo Ponçano (1976, *apud* Giannini, *op.cit.*) o comportamento espacial da curtose em sedimentos marinhos recentes, quando comparado com outros parâmetros texturais, sugere influência da dinâmica de sedimentação. As curvas platicúrticas e muito platicúrticas (curtoses negativas) denotam regiões de menor movimentação de fundo. As curvas leptocúrticas e muito leptocúrticas (curtoses positivas) ocorrem em amostras de áreas com maior movimentação de fundo e, em geral, com maior incidência de transporte sedimentar. Porém, estas discussões ainda estão em aberto.

A assimetria seria utilizada para a determinação do sentido de dispersão dos sedimentos. Isto significa que se esperam assimetrias cada vez menos positivas ao longo da ação da corrente de deriva. Este efeito conferiria, segundo o Giannini (*op.cit.*) valores negativos de assimetria a areias de praia. No caso do litoral sul e sudeste do Brasil, alguns autores registraram predomínio de assimetrias nulas sobre as negativas, podendo este fenômeno, segundo estes autores relacionado com uma distribuição granulométrica muito positiva dos sedimentos na área fonte.

Barcelos (1975) adotou como sistemática de coleta, a execução de perfis longitudinais e transversais à costa, coletando amostras nos níveis de maré baixa e alta e nas zonas de cordão ou duna. De um modo geral, obteve como resultado amostras com variações muito pequenas no diâmetro médio, sendo estas compostas por areias fina a muito finas (predominantes). Quanto ao grau de seleção, predominam as bem selecionadas (75,4% das amostras). E quanto ao grau de assimetria, predominaram as amostras com distribuição aproximadamente simétrica (47,6%), seguida pela assimetria positiva (35,7%). Com relação à curtose as amostras apresentaram predominância das distribuições mesocúrtica (46%), seguidas pelas leptocúrticas (35%), refletindo segundo o autor, boa seleção dos sedimentos.

Tessler (1982), ao analisar os sedimentos (finos e arenosos) dos canais internos do sistema estuarino-lagunar, obteve os seguintes resultados: predominam as amostras compreendidas entre areia fina e silte grosso (78,8%). Na região da barra de Icapara, predominam, segundo o autor, areias finas a muito finas. Quanto ao grau de seleção dos sedimentos, classificou-os como pobre a muito pobremente selecionados (76,7%), resultado da baixa energia das águas nestes canais. Na barra de Icapara o autor afirma que os sedimentos são bem selecionados, reflexo da ação bidirecional intensa das correntes de maré. Em relação à assimetria, predominam as positivas a muito positivas (64%), fato que vai de encontro com as afirmações de Fúlfaro e Ponçano (1976, *apud* Tessler, *op. cit.*) sobre o significado do parâmetro assimetria nos sistemas submetidos as correntes costeiras, pois predominam, na região lagunar, os sedimentos arenosos. O que difere são as correntes



bidirecionais de maré, fato que exclui a interpretação do parâmetro assimetria como proposto pelos dois autores. Sobre a curtose, Tessler (op. cit.) cita distribuições predominantemente leptocúrticas, evidenciando movimentações de fundo consideráveis.

Para a fração areia exclusivamente, os sedimentos de superfície de fundo da região lagunar podem ser caracterizados como areias finas a muito finas, moderadamente a muito bem selecionadas, de assimetria muito negativa a negativa e curtose de leptocúrtica a extremamente leptocúrtica.

Em seu estudo sobre a face externa da região lagunar, Tessler (1988), através de sistemáticas de coletas distintas devido às características e objetivos estabelecidos para as unidades, obteve, para a face emersa (formações Cananéia e Santos) a predominância de amostras (88%) no intervalo areia fina a muito fina, bem a muito bem selecionadas. Apresentam assimetrias variando de simétrica a muito negativa e curtose de mesocúrtica a platicúrtica, corroborando com diversos estudos anteriores.

Para a faixa intermarés, predominou o intervalo areia fina, bem a muito bem selecionadas, com valores positivos de assimetria, predominando as distribuições de curvas platicúrticas (50%) e leptocúrtica a muito leptocúrtica (35%).

O autor ressalta a semelhança de seus resultados com aqueles obtidos por Barcelos, tanto nas amostras dos cordões litorâneos como na zona intermarés.

Os resultados das análises morfoscópicas realizadas por este autor nas duas frações retidas nos intervalos 0,250 e 0,125 mostraram valores mais elevados do grau de arredondamento na fração mais fina. Este cita ainda a tendência de decréscimo de arredondamento e diâmetro médio no rumo NE. A aparente contradição encontrada pelo autor devido a observação de grãos finos muito abradados foi explicada por Giannini (1987) ao concluir que o aumento da seleção morfométrica, por abrasão devido ao transporte atinge sua eficiência máxima dentro da classe areia fina (0,250-0,125mm). Deste modo, Tessler (1988) conclui que as características apresentadas pelos sedimentos na faixa intermarés devem estar relacionadas a diferenças no grau de retrabalhamento, ao qual estiveram submetidas as frações areia fina e muito fina, ou então a diferenças herdadas dos sedimentos matrizes das duas frações.

Souza (1997) utiliza para os parâmetros estatísticos, atribuições qualitativas (representadas pelos símbolos + ou -) pouco claras para se traçar uma comparação com os resultados anteriores. Os dados obtidos por esta autora não serão utilizados, portanto como base de comparação.



## 7- Metodologia

A metodologia adotada pode ser subdividida em dois tipos de abordagens: as indiretas e as diretas. As primeiras referem-se à parte de análise de imagens enquanto que as abordagens diretas referem-se às fases de coleta e análises laboratoriais.

A utilização de fotografias aéreas para a reconstrução detalhada de modificações de linha de costa tem sido largamente utilizadas, pelo menos no Brasil, desde 1950 (Tessler *et al.*, 1990).

Os dados resultantes da fotointerpretação de fotografias aéreas, obtidas em datas distintas, se intercomparados através de sobreposição, tendo-se a preocupação com correções e ajustes referentes às diferenças de escalas, podem fornecer as diferentes posições da linha de costa e a morfologia de desembocadura de rios, ao longo de um determinado período de tempo.

Com este objetivo, foram elaboradas foto-restituições de três séries de fotografias aéreas, dos anos de 1962 e 1981 e 1991, respectivamente nas escalas 1:25000 e 1:35000, em conjunto com a ISOMAPA, empresa altamente qualificada na área de aerofotogrametria, objetivando a obtenção de *layers* controlados contendo dados como posição de linha de costa, posição de cordões litorâneos, rede de drenagens, entre outros que, quando sobrepostos possibilitam a interpretação de zonas em erosão e em progradação. Este trabalho viabiliza ainda a correção das distorções nas bordas das fotos, geradas inevitavelmente durante sua obtenção (equipamento fotográfico e ângulo da aeronave com o solo). Após a aquisição das fotografias aéreas, foram coletados pontos de apoio em comum a todas as datas, através da utilização de um GPS, com o intuito de estabelecer o georreferenciamento das fotos, segundo coordenadas UTM, garantindo assim a precisão dos dados extraídos das séries de fotografias aéreas.

As séries de fotografias utilizadas, suas respectivas escalas e procedências estão listadas no quadro abaixo.

Séries de fotografias	Escala	Procedência	Depositários
1962	1:25.000	Cruzeiro do Sul S.A.	Laboratório de Aerofotogrametria- Dep. de Geografia / FFLCH-USP
1980/81	1:35.000	CESP	ISOMAPA S.A.
1991	1.25.000	ITESP	ISOMAPA S.A.

Tabela 1- Quadro mostrando os respectivos escalas e proveniências das séries de fotografias aéreas



Os resultados destas restituições foram comparados com imagens de satélite TM-Landsat dos anos de 2000 e 2001, disponibilizadas pelo LIG/IGc-USP, com o intuito de serem confrontadas diferentes fontes de dados, visando obter o resultado mais próximo do real quanto possível. A comparação das imagens de satélite foi feita através da utilização do programa *Surfer 7.0*, que possibilita a sobreposição de dados deste tipo.

Com relação à metodologia direta, foram adotados métodos de amostragem tradicionais de coleta de sedimentos de face praial. Para a coleta foram utilizadas pás e testemunhador e o acondicionamento das amostras foi feito em sacos plásticos, devidamente etiquetados. Como sistemática de amostragem optou-se pela realização de perfis aproximadamente oblíquos à linha de costa, posicionados com o auxílio de um GPS (Garmin III). Na barra de Icapara foram coletadas amostras na zona inter-marés, sendo que a amostra 4 corresponde a uma amostra coletada na margem do canal do mar Pequeno. Na praia do Leste os perfis de coleta foram realizados na zona inter-marés, sendo que as amostras correspondentes a linha de maré alta foram coletadas na margem de uma feição em forma de golfo, resultante da ação erosiva de ondas de tempestade e do fluxo do Ribeira. Na região da desembocadura do Rio Ribeira de Iguape (popularmente conhecida como praia da Barra do Ribeira), foram realizados dois perfis aproximadamente perpendiculares à linha de costa nos quais se procurou coletar amostras representativas de toda a feição arenosa, desde a margem do rio propriamente dita até a zona inter-marés.

Perfis de coleta	Coordenadas UTM
A - Barra de Icapara (amostras 1 a 4)	253383 7266822
B - Praia do Leste (amostras 5 a 7)	255655 7268744
C - Praia do Leste (amostras 8 a 10)	255834 7269540
D - Barra do Ribeira (amostras 11 a 15)	257748 7270676
E - Barra do Ribeira (amostras 16 a 19)	257429 7270405

Tabela 2- Localização dos perfis. Não foram representados todos os pontos dos perfis realizados, mas sim apenas o ponto que marca o início de cada perfil.

Na etapa laboratorial as amostras foram secas em estufa a 60°C e tratadas com solução de HCl a 10% para a eliminação do CaCO<sub>3</sub> biodetrítico e conseqüente determinação da contribuição biogênica marinha (Gross, 1971 *apud* Rodrigues, 1996). Após a etapa preparatória das amostras, poderiam ser utilizados dois métodos analíticos, objetivando a



determinação da granulometria, textura e composição mineralógica dos sedimentos coletados: o de peneiramento e pipetagem, descrito em Suguio (1973); ou o Analisador de tamanho de partículas Hidro 2000G da marca Malvern. Optou-se pela aplicação dos procedimentos de peneiramento e pipetagem uma vez que, com este método é possível separar o sedimento na granulometria mais conveniente para os estudos mineralógicos.

As frações retidas em cada peneira foram pesadas e a partir desses pesos obtidos foram determinados os parâmetros estatísticos. Posteriormente foram avaliados visualmente os graus de arredondamento e esfericidade de 200 grãos contados de duas frações distintas (0,250 e 0,125) das amostras representativas dos perfis de coleta realizados.

Os cálculos dos parâmetros estatísticos foram feitos pelas fórmulas de Folk & Ward (1957 *apud* Tessler, 1988), executadas através da utilização do *software* Labse (versão *turbo*). Este programa utiliza como dados básicos os pesos inicial e de cada fração granulométrica, calculando-se percentuais ( $\phi_5$ ;  $\phi_{16}$ ;  $\phi_{25}$ ;  $\phi_{50}$ ;  $\phi_{75}$ ;  $\phi_{84}$ ; e  $\phi_{95}$ ) interpolados, pela função de Gauss, onde as porcentagens acumuladas são transformadas em escores da distribuição normal acumulada, através dessa função (Coimbra, 1983 *apud* Tessler, 1988).

Pode-se então obter, a partir deste programa:

- cálculo dos parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957 *apud* Tessler, 1988) para a distribuição total (intervalos areia, silte e argila) e para a distribuição areia das amostras que apresentam porcentagens acima de 50% de areia;
- classificação textural da amostra segundo Shepard (1954 *apud* Tessler, 1988) e
- cálculo do número de classes texturais do sedimento, considerando apenas as classes granulométricas (conforme a escala de Wentworth) com porcentagens de pelo menos 1% da distribuição total.

Os resultados destas análises encontram-se no capítulo dos Anexos.

## 8- Resultados obtidos

Os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia adotada, de modo geral, são muito semelhantes aos descritos anteriormente por outros autores.

Como resultado das fotointerpretações foram obtidos quatro mapas (mapas 1, 2, 3 e 4, anexos). O primeiro corresponde ao resultado da sobreposição entre as fotografias aéreas restituídas. O mapa 2, que contém a fotointerpretação dos dados correspondentes às fotos do ano de 1962, serviu como referência para a comparação com os dados dos outros anos (mapas 3 e 4).

A fotointerpretação das fotografias de 1962 (mapa 2) mostrou, além da presença de cordões litorâneos muito bem preservados em toda a área estudada, a predominância de trens de ondas provenientes de E e NE. A linha de costa na região da Praia do Leste e da desembocadura do Rio Ribeira de Iguape apresentou feições de rompimento em ambas as



localidades. A porção E da Praia do Leste mostrou uma feição arenosa que, juntamente com a margem interna do Rio Ribeira de Iguape, encerrou um corpo aquoso em forma de golfo. O canal do Rio Ribeira, por sua vez, apresentou-se bastante assoreado, com um extenso baixio arenoso ocupando quase toda a área de encontro com o mar.

Quando comparado com o mapa 2, a fotointerpretação de 1981 (mapa 3) mostrou um intenso crescimento da feição arenosa na desembocadura de Icapara de direção NE, acompanhado pela erosão da margem da Ilha de Iguape e consequente migração do canal de acesso ao sistema estuarino-lagunar. A feição aquosa em forma de golfo não estava presente nesta série de fotografias e a Praia do Leste apresentou, além da diminuição de extensão, um recuo da face praial em direção ao continente. Quanto aos cordões litorâneos, estes já haviam sido bastante erodidos e, portanto não foram fotointerpretados.

O mapa 4, correspondente a fotointerpretação do sobrevôo mais recente (1991) apresentou características semelhantes as da fotointerpretação de 1962. As feições de rompimento se repetiram, com a ressalva de que o corpo aquoso em forma de golfo, em 1991, estava locado à retaguarda da praia e ao invés de uma comunicação com o mar, o Rio Ribeira apresentou, nesta data, duas saídas. Estas se encontravam separadas entre si por uma ilha arenosa alongada segundo uma orientação N-S de aproximadamente 800m de extensão, por 200m de largura. Em relação à posição de 1981, a linha de costa em 1991, na região da Praia do Leste, sofreu uma aggradação de aproximadamente 200m, fenômeno este que ocorreu também com a feição arenosa da desembocadura de Icapara, devidamente seguido pelo recuo da margem da Ilha de Iguape, tendência já observada quando da comparação entre os anos de 1962 e 1981.

Finalmente, a partir da análise do mapa 1 podemos acompanhar o forte avanço no rumo NE da feição arenosa que corresponde à desembocadura de Icapara. Esta tendência de crescimento acarreta em uma intensa erosão da margem da Ilha de Iguape. A análise minuciosa da linha de costa no mapa 1, correspondente a região da Praia do Leste, permite observar uma tendência de variação de posições relativamente paralelas entre si, com forte diminuição de sua extensão devido à erosão associada à migração da desembocadura de Icapara. Não é observada, para o segmento praial da Praia do Leste, uma tendência de crescimento linear, aos moldes do observado para a desembocadura da Icapara, pois a comparação das posições da linha de costa mostra que no intervalo de tempo analisado (1962 – 1991) a posição em 1962 era a mais avançada em direção ao mar, comparativamente aos períodos mais recentes. A feição aquosa em forma de golfo observada tanto em 1962 como em 1991 está associada, nestes dois períodos, a uma intensa modificação na morfologia da desembocadura do Rio Ribeira de Iguape.

Com relação aos resultados da interpretação das imagens de satélite, por se tratar de uma área reduzida, não apresentaram resultados que pudessem ser confrontados com os resultados obtidos das fotointerpretações pois as imagens perdem definição à medida



que se tenta diminuir a sua escala. Deste modo, não foram de utilidade como comparativas aos resultados deste trabalho.

As análises dos sedimentos coletados permitiram classificá-los, predominantemente como areias finas a muito finas, muito bem selecionadas. No perfil A, realizado na desembocadura de Icapara, predominaram as distribuições aproximadamente simétricas e mesocúrticas. A amostra 4, coletada na borda interna apresentou um pequeno acréscimo na porcentagem de silte e distribuição leptocúrtica, o que pode estar relacionado a sua área de coleta (margem interna do mar Pequeno).

Os perfis B e C, realizados na Praia do Leste apresentaram amostras com distribuições aproximadamente simétricas a negativas e predominantemente mesocúrticas. As amostras 11 a 19, correspondentes aos perfis D e E, apresentaram-se com distribuições aproximadamente simétricas (predominantemente) e mesocúrticas.

Nos mapas 1, 2, 3 e 4, os perfis efetuados em campo aparecem dispostos sobre a lâmina d'água. Este fato resulta da extrema mobilidade da área que fez com que perfis hoje em terra firme, estivessem em áreas cobertas pela água nos anos de 1962, 1981 e 1991.

As análises morfoscópias revelaram a predominância absoluta do mineral quartzo, com uma certa frequência de grãos com sua superfície coberta com material avermelhado (possivelmente óxido de ferro) e metais pesados subordinados. Com relação à sua forma, os grãos frequentemente encontravam-se com sua superfície abradada e geralmente angulosos, refletindo intenso retrabalhamento das frações areia fina e muito fina. A frequência de grãos de feldspato não foi observada refletindo a maturidade dos sedimentos, sendo estes resultados semelhantes aos obtidos por Tessler (1988) e por Barcelos (1975).

## 9-Discussão dos resultados

A observação do avanço da feição arenosa da desembocadura de Icapara no rumo NE, extensivamente estudado por Geobrás (*op.cit.*) e Tessler (1988), ocorre devido à ação das correntes de deriva litorânea que se deslocam para NE, geradas pelas ondas provenientes do quadrante S.

A variação, em uma mesma direção, da posição da linha de costa na Praia do Leste parece estar associada à incidência de ondas paralelas à linha de costa, (fenômeno observado no campo e nas fotointerpretações), que geram uma dinâmica aproximadamente *onshore-offshore* nesta porção da área.

Por sua vez, as grandes modificações morfológicas da linha de costa observadas na região da desembocadura do Rio Ribeira de Iguape, associam-se, possivelmente à interação entre o aumento da capacidade erosiva das ondas durante a passagem de frentes frias e o aumento na quantidade de chuvas na cabeceira do rio (Geobrás, *op. cit.*). Os extensos bancos de areia observados nos dois períodos sugerem que estes sedimentos,



oriundos da destruição do esporão arenoso foram retrabalhados *in loco* pelas correntes de deriva litorânea ali atuante (*onshore-offshore*). É interessante notar ainda, em 1962 e 1991, a tendência de fechamento da comunicação da feição em forma de golfo, com o rio, provavelmente devido ao fato de sua gênese estar associada ao aprisionamento de água movimentadas por maiores energias de onda em situações de passagens dos sistemas frontais e pela tendência de deposição nas margens do rio em situações pós-frontais. Ponçano *et. al.* (*op. cit*) atestam, em estudo semelhante ao aqui apresentado, que toda esta variação se dá em uma única faixa, não apresentando uma tendência de crescimento em um rumo preferencial (Figura 14). Em fotografia aérea de 1967 (Figura 15) apresentada em Geobrás (*op. cit*), o fenômeno de rompimento da desembocadura também é observado, comprovando a ciclicidade deste fenômeno, já atestada anteriormente pelos autores deste relatório.

A observação dos trens de ondas incidentes diretamente na praia da Barra do Ribeira, observados nos mapas 2, 3 e 4, sugere correntes de deriva litorânea para SW, o que explica a tendência de avanço desta feição arenosa neste rumo. Tessler (1988) sugere que as correntes de deriva litorânea com rumo NE sejam barradas pelos molhes hidráulicos do Rio Ribeira e da desembocadura de Icapara, fato que possibilitaria o crescimento desta feição arenosa com sentido de crescimento oposto ao da Barra de Icapara.

A caracterização mineralógica e granulométrica dos sedimentos praias foi de extrema importância no trabalho pois contribuem ao entendimento da capacidade de transporte e da efetividade das correntes de deriva litorânea na remobilização destes sedimentos.

Pela observação das posições dos cordões litorâneos holocênicos na Praia do Leste, Praia da Barra do Ribeira e desembocadura de Icapara, pode-se inferir condições hidrodinâmicas semelhantes às atuais (deriva litorânea *onshore-offshore*, para SW, e para NE, respectivamente), durante a época de sua formação pois estes se apresentam posicionados de modo muito semelhante à configuração da linha de costa atual, conforme Suguio e Martin (1978) já haviam atestado.

## 10- Considerações Finais

Com base nos objetivos propostos, as seguintes considerações finais podem ser traçadas:

- Duas tendências de rumo de transporte litorâneo coexistem na região do litoral sul do Estado de São Paulo e ambas são resultado da interação entre as movimentações das massas de ar e a configuração do litoral paulista, fato anteriormente afirmado por Tessler (1988). Em épocas de tempo bom, ocorre o predomínio da incidência de ondas provenientes geradas pelo deslocamento anti-



horário do ATA, que geram correntes de deriva litorânea no rumo SW. O desenvolvimento de sistemas frontais ocasionam mudanças na direção dos ventos predominantes, que passam a soprar do quadrante sul. Estes ventos geram ondas que ao atingirem a linha de costa, resultam em transporte para o rumo NE, caracteristicamente mais efetivo.

- O sentido de crescimento predominante da feição arenosa da desembocadura de Icapara se dá no rumo NE. Já o predomínio da dinâmica sedimentar da praia do Leste no sentido *onshore-offshore* é o responsável por intensas erosões e deposições neste local. Por sua vez, o sentido de crescimento da foz do Rio Ribeira de Iguape se dá preferencialmente no rumo SW. Conclui-se então, que ambas as direções de transporte são efetivas na remobilização dos sedimentos. Entretanto, devido a grande capacidade dos fluxos de água provenientes da desembocadura de Icapara (principalmente o de vazante) e do Rio Ribeira de Iguape, em barrar a propagação das correntes de deriva litorânea tanto de NE como de SW, na praia do Leste, isto resulta predominância de incidência de ondas paralelas à linha de costa. Com o impedimento da ação mais efetiva das correntes de rumo NE, pela ação destes molhes hidráulicos, apenas nas cercanias da foz do rio Ribeira de Iguape o transporte para SW predomina, resultando na construção de uma feição arenosa neste sentido.
- O grau de seleção das areias finas a muito finas transportadas e depositadas nesta área sugerem que a área fonte destes sedimentos esteja muito distante e que estes sedimentos apresentem características herdadas de outros ciclos de retrabalhamento, inclusive nas porções internas do Sistema Estuarino-Lagunar.
- Com base no exposto em Geobrás (1966), o fenômeno de rompimento da foz do Rio Ribeira de Iguape se dá em condições especiais. A associação entre chuvas intensas, passagens de frentes frias e ação da maré enchente, pode acarretar em um acúmulo de água muito grande a montante da foz. Os sedimentos da feição ficam encharcados por conta da grande quantidade de água disponível, fato que a torna incapaz de controlar fluxo de água na ocasião da maré vazante. Os resultados destes processos seriam as feições observadas nos mapas 2 e 4 e na figura 15, caracterizando, assim, a ciclicidade do fenômeno.



## 10- Referências bibliográficas

ALMEIDA, F.F.M. – 1964 – Fundamentos geológicos do relevo paulista. Boletim do I.G.G., (41):163-263.

BARCELOS, J.H. – 1975 – Sedimentação e subambientes deposicionais da Ilha Comprida, São Paulo. *Dissertação de mestrado*. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. 155p.

CARTA GEOTÉCNICA DO ESTADO DE SÃO PAULO, escala 1:500.000. IPT, São Paulo (Mapa e Nota Explicativa).

FÚLFARO, V.J., SUGUIO K. & PONÇANO, W.L. – 1974 – A gênese das planícies costeiras paulistas. In: *ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 28, Porto Alegre, 1974. Porto Alegre, SBG, 3: 37-42.

GEOBRÁS – 1966 – Complexo Valo Grande, Mar Pequeno e Rio Ribeira de Iguape. *Relatório Geobrás S/A, Engenharia e Fundações para o serviço do Vale do Ribeira, Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo*. São Paulo. 2v.

GIANNINI, P.C.F. – 1985 –. *Exame de Qualificação, Nível de mestrado*. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências.

GIANNINI, P.C.F. – 1987 – Sedimentação quaternária na planície costeira de Peruíbe-Itanhaém, SP. *Dissertação de mestrado*. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências, 2v.

MARTIN, L. & SUGUIO, K. - 1976 - O Quaternário Marinho do Estado de São Paulo. In: *ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 29, Belo Horizonte, 1976. Minas Gerais, SBG, 2: 282-293.

MIHÁLY, P. – 1997 – Dinâmica sedimentar do litoral norte paranaense e extremo sul paulista. *Dissertação de mestrado*. Universidade de Federal do Paraná. Departamento de Geologia. Curitiba. 109p.

PONÇANO, W.L., KERTZMAN, F.F., CORREA, T.G. & TESSLER, M.G. – 1995 – Erosões costeiras no Bairro Barra do Ribeira, Município de Iguape, SP. In: *SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO*, 5. Anais dos Boletins de Campo. Bauru, ABGE/UNESP. 439-441.



RODRIGUES, M. - 1996 - Sedimentação atual nas enseadas de Ubatumirim e Picinguaba e plataforma interna adjacente, Ubatuba, Estado de São Paulo. São Paulo, *Dissertação de mestrado*, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo

SOUZA, C.R.G. - 1997 - As células de deriva litorânea e a erosão no litoral paulista. *Tese de doutorado*. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências.

SOUZA, L.A.P. - 1995 - A planície costeira Cananéia-Iguape, litoral sul do Estado de São Paulo: um exemplo de utilização de métodos geofísicos no estudo de áreas costeiras. *Dissertação de mestrado*, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 207p.

SUGUIO, K. -1973- Introdução à Sedimentologia. São Paulo, Edgard Blücher/EDUSP, 317p.

SUGUIO, K. & MARTIN, L. - 1976 - Mecanismos de Gênese das Planícies Sedimentares Quaternárias do Litoral do Estado de São Paulo. *In: ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 29, Belo Horizonte, 1976. Minas Gerais, SBG, 2: 295-305.

SUGUIO, K. & MARTIN, L. -1978- Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY*. São Paulo, 1978. Spec. Public nº1. THE Brazilian National Working Group for the IGCP, Project 61/ Instituto de Geociências-USP/SBG, São Paulo, 55p.

SUGUIO, K., MARTIN, L., BITTENCOURT, A.C.S.P., DOMINGUES, J.M., 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. *In: Revista Brasileira de Geociências*, 15 (4) :273-286.

SUGUIO, K. & PETRI, S. - 1973 - Stratigraphy of the Iguape-Cananéia lagoonal region sedimentary deposits, São Paulo State, Brazil. Part 1: Field observations and grain size analysis. *Boletim do Instituto de Geociências*. Universidade de São Paulo, (4): 1-20.

TESSLER, M. G. -1982- Sedimentação atual na região lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. *Dissertação de mestrado*. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 2v.



TESSLER, M. G. –1988- Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista. *Tese de doutorado*. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 276p.

TESSLER, M. G. & FURTADO, V. V. –1983- Dinâmica das feições de assoreamento da região lagunar Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto Oceanográfico da USP*, 32 (2): 117-124.

TESSLER, M. G. & MAHIQUES, M. M. de –1993- Utilization of Coastal Geomorphic Features as Indicators of Longshore Transport: Examples of the Southern Coastal Region of The State of São Paulo, Brazil. Fort Lauderdale, *Journal of Coastal Research*, 9 (3): 823-830.

TESSLER, M. G., SUGUIO, K., MAHIQUES, M. M. de, FURTADO, V. V. –1990- Evolução Temporal e Espacial da Desembocadura Lagunar de Cananéia, São Paulo. São Paulo. *Boletim do Instituto Oceanográfico da USP*, 38 (1): 23-29.

(Figuras, Fotografias e Mapas)



## ANEXOS

(Figuras, Fotografias e Mapas)



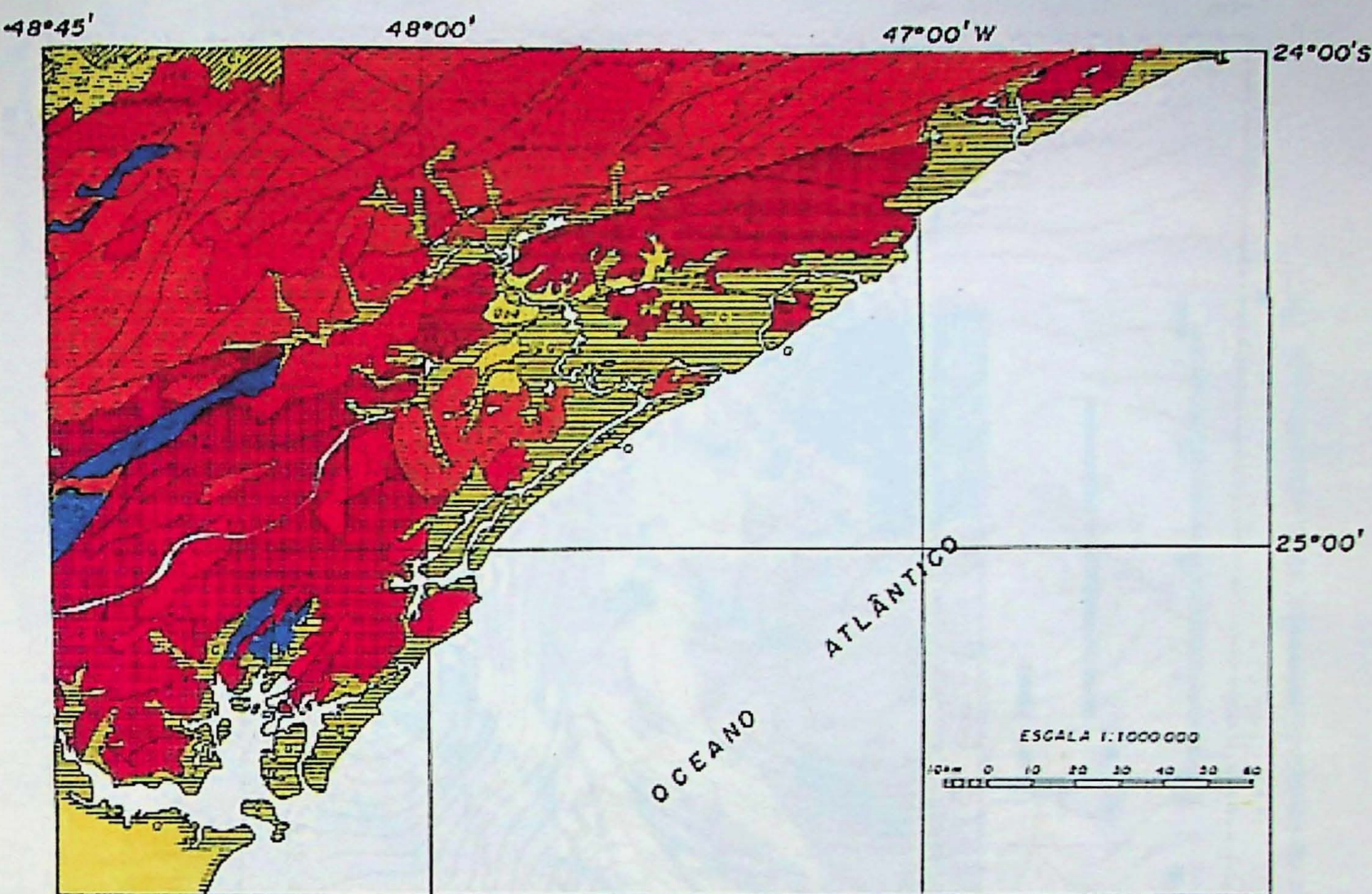


Figura 1 - Mapa Geológico do Vale do Ribeira.  
Compilado da Carta Geológica ao Milionésimo. Folhas: Curitiba, Rio de Janeiro e Vitória

- Estrutura tectônica
- Falsa deformada, preservada em rochas
- Depósitos aluviais, colúvies, mangues, depósitos lacustres.
- Formação Paranaíba: calcários, argilas, argilas.
- Formação Itambé: calcários, argilas, argilas.
- Formação Foz de Iguaçu: arenitos, argilas, argilas.
- Granitos e quartzitos não diferenciados.
- Grupo Araxá: gnaissos, migmatitos, xistos, rochas carbonáceas, quartzitos.
- Formação Salinas: gnaissos, quartzitos, xistos, quartzitos e anfibolitos.
- Complexo cristalino.

QUATERNÁRIO

QUATERNÁRIO

CARBONÍFERO

DEVONIANO

PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR NOVO

PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR NOVO

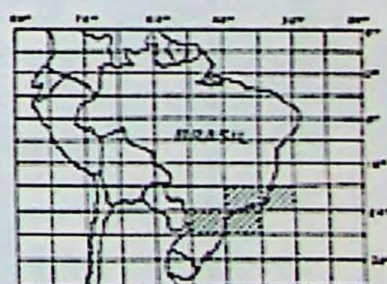
PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR ANTIGO

PRÉ-CAMBRIANO NÃO DIFERENCIADO

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS  
1978

SE-22 COIMBRA	SE-23 B. HORIZONTE	SE-24 RIO DOCE
SE-22 PARANÁ PANEMA	SE-23 RIO DE JANEIRO	SE-24 VITÓRIA
SE-22 CURITIBA	SE-23 IGUAÇU	

LOCALIZAÇÃO DAS FOLHAS





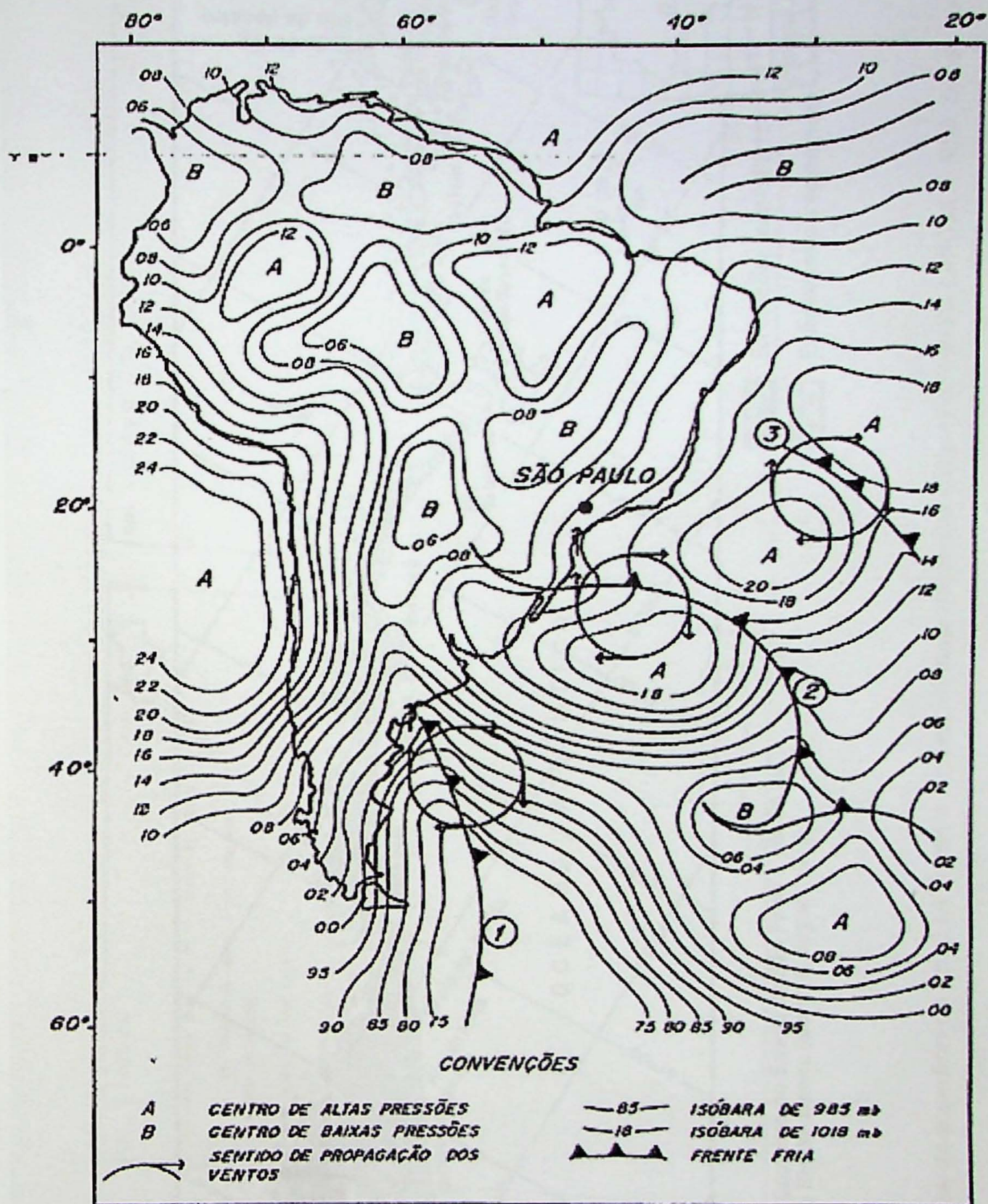


Figura 2 - Esquema de propagação de sistemas frontais no Atlântico Meridional (Rodrigues, 1996)



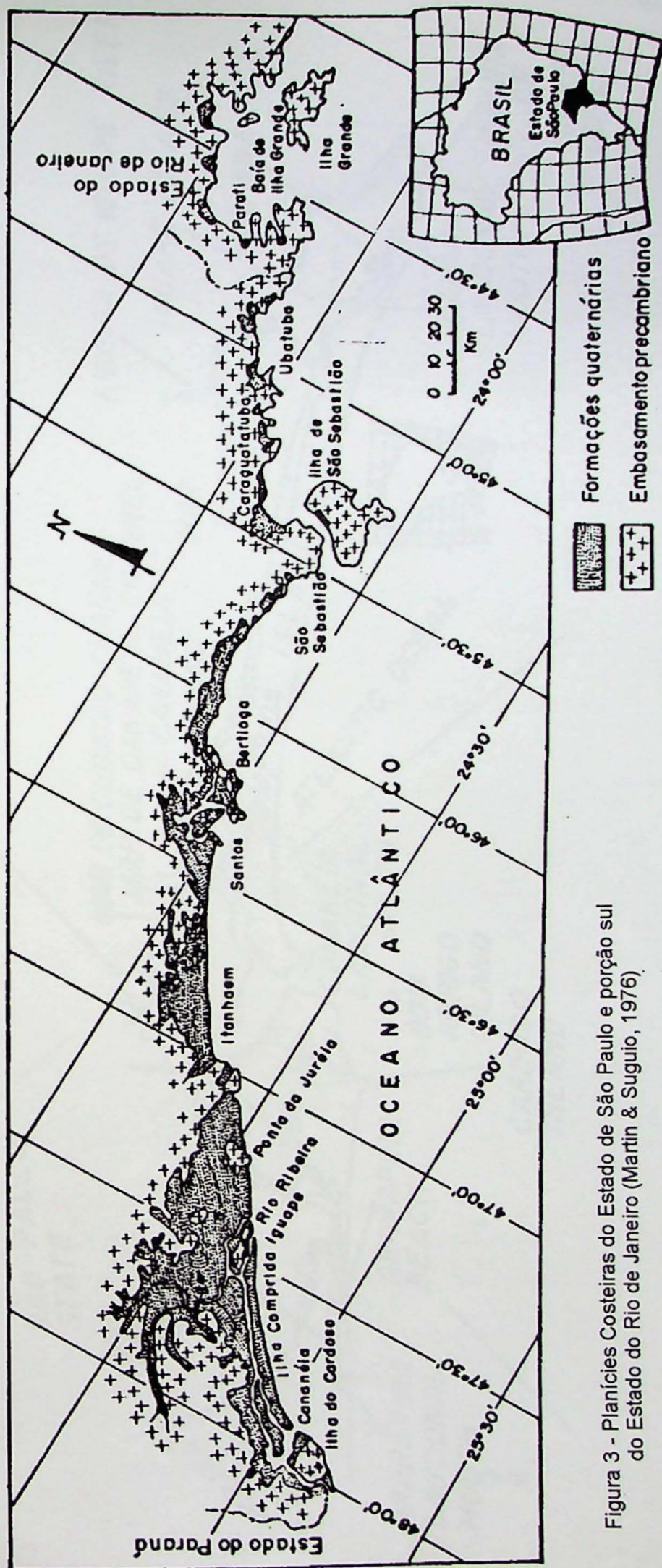


Figura 3 - Planícies Costeiras do Estado de São Paulo e porção sul do Estado do Rio de Janeiro (Martin & Suguio, 1976)



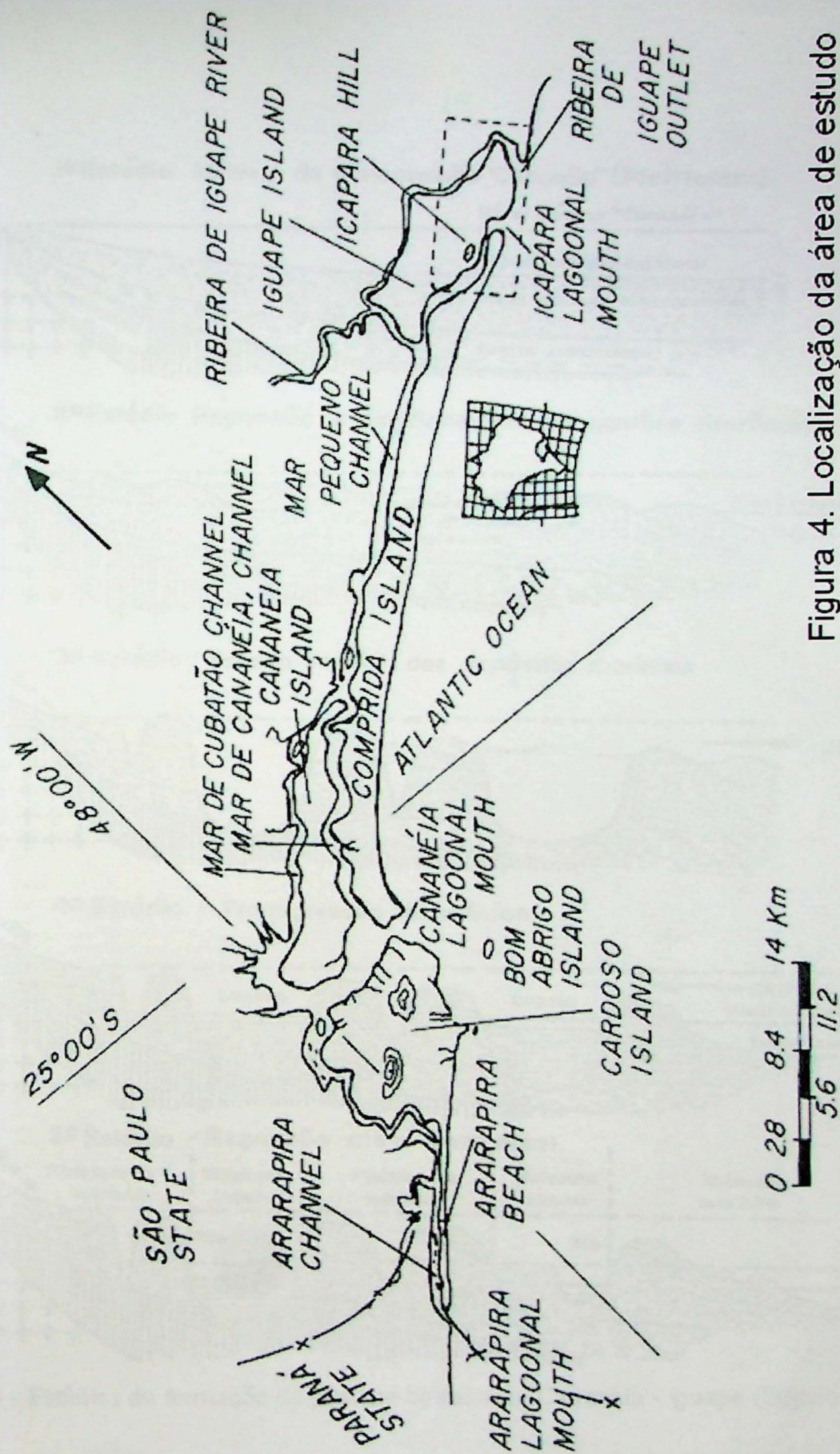


Figura 4. Localização da área de estudo



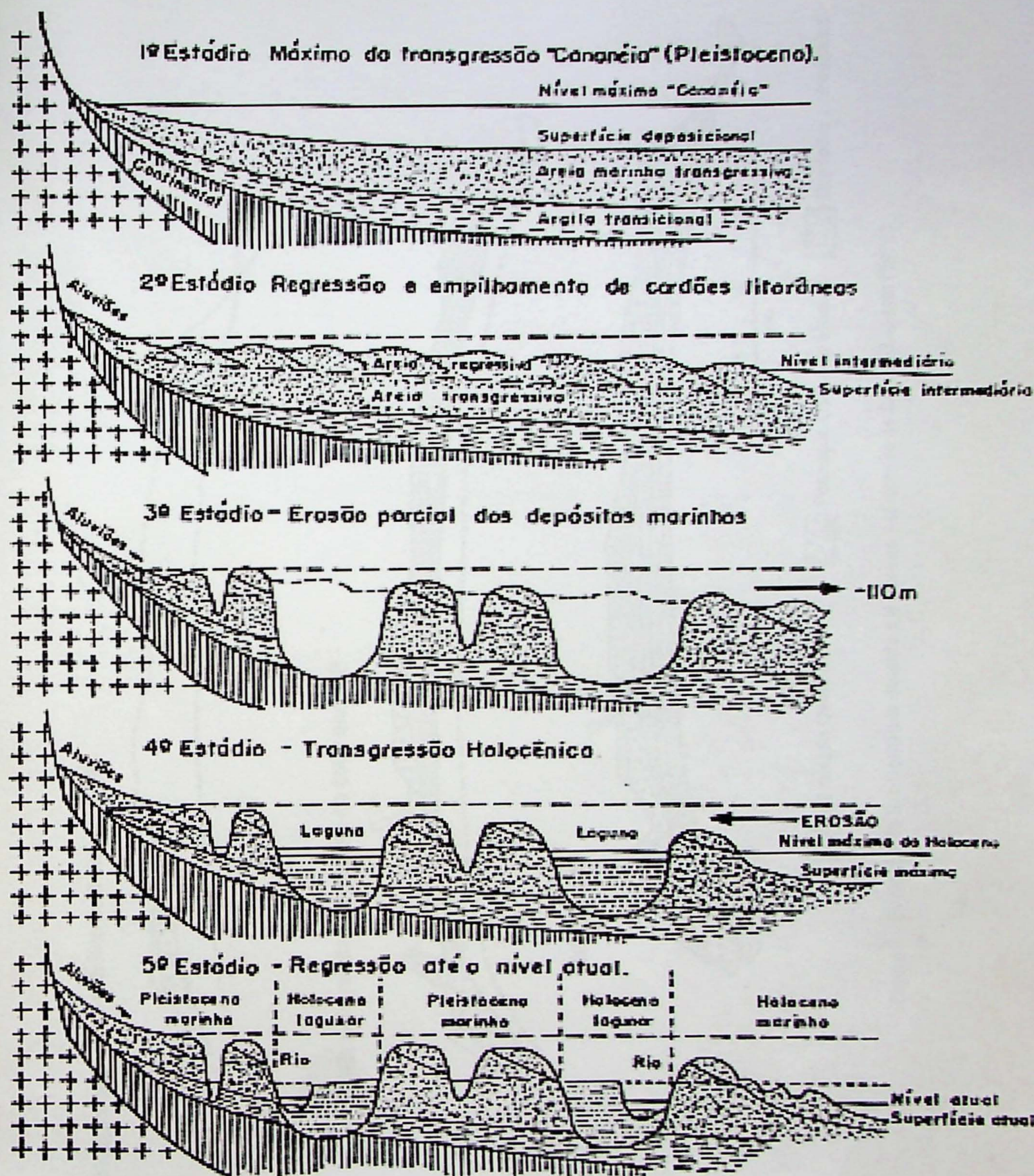
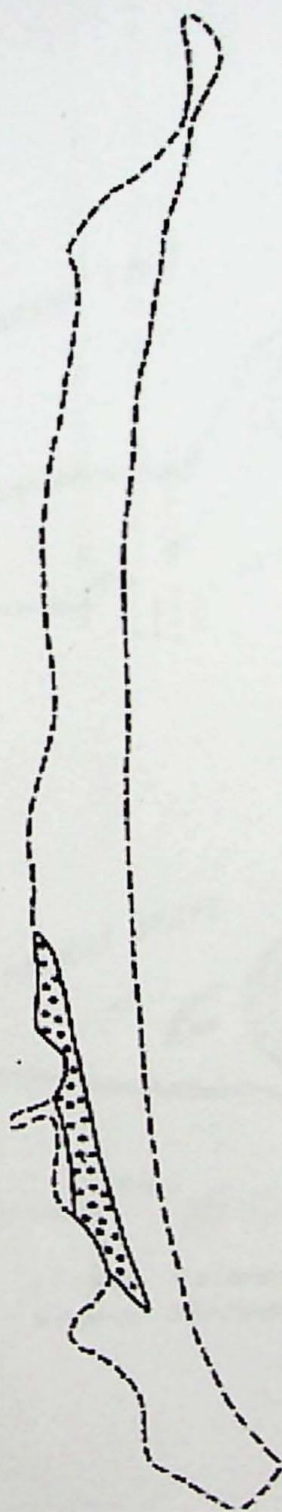


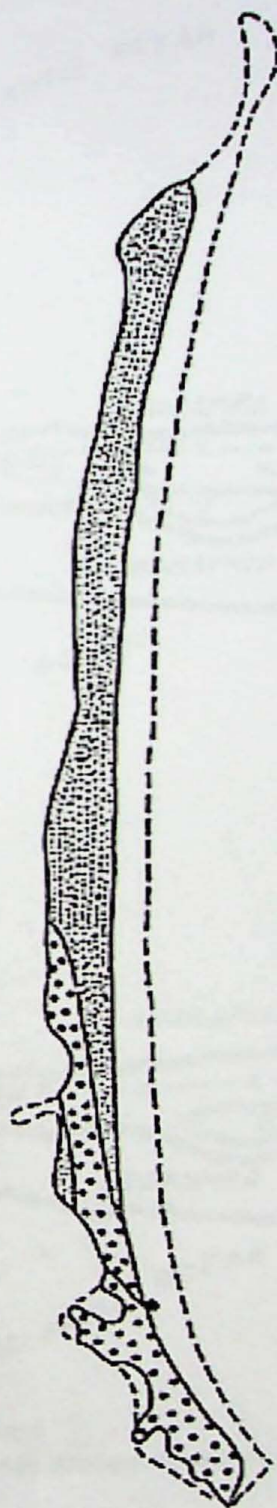
Figura 5 - Estádios de formação da planície costeira de Cananéia - Iguape (Suguio & Martin, 1978)



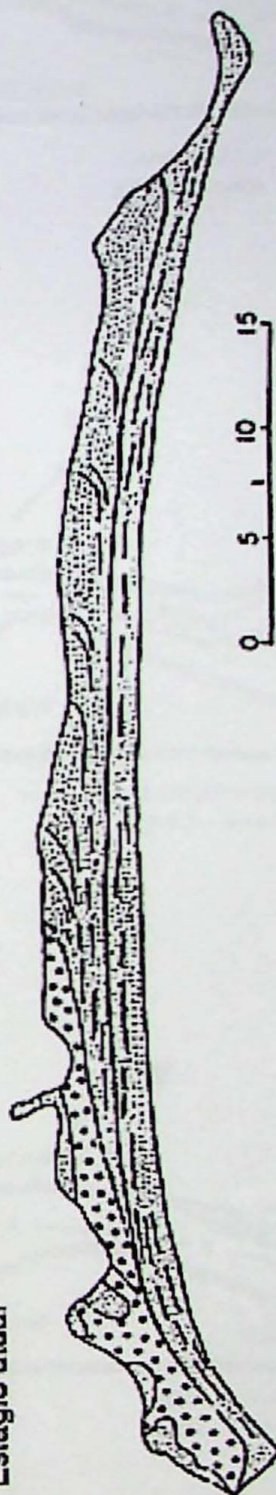
Estágio relativo ao máximo de 5100 anos AP



Estágio relativo ao máximo de 3500 anos AP



Estágio atual



0 5 10 15  
Km

Formação Cananéia



Formação Cananéia erodida



Depósitos holocénicos



Figura 6 - Evolução da Ilha Comprida durante o Holoceno. Modificado de Suguio & Martin (1978)



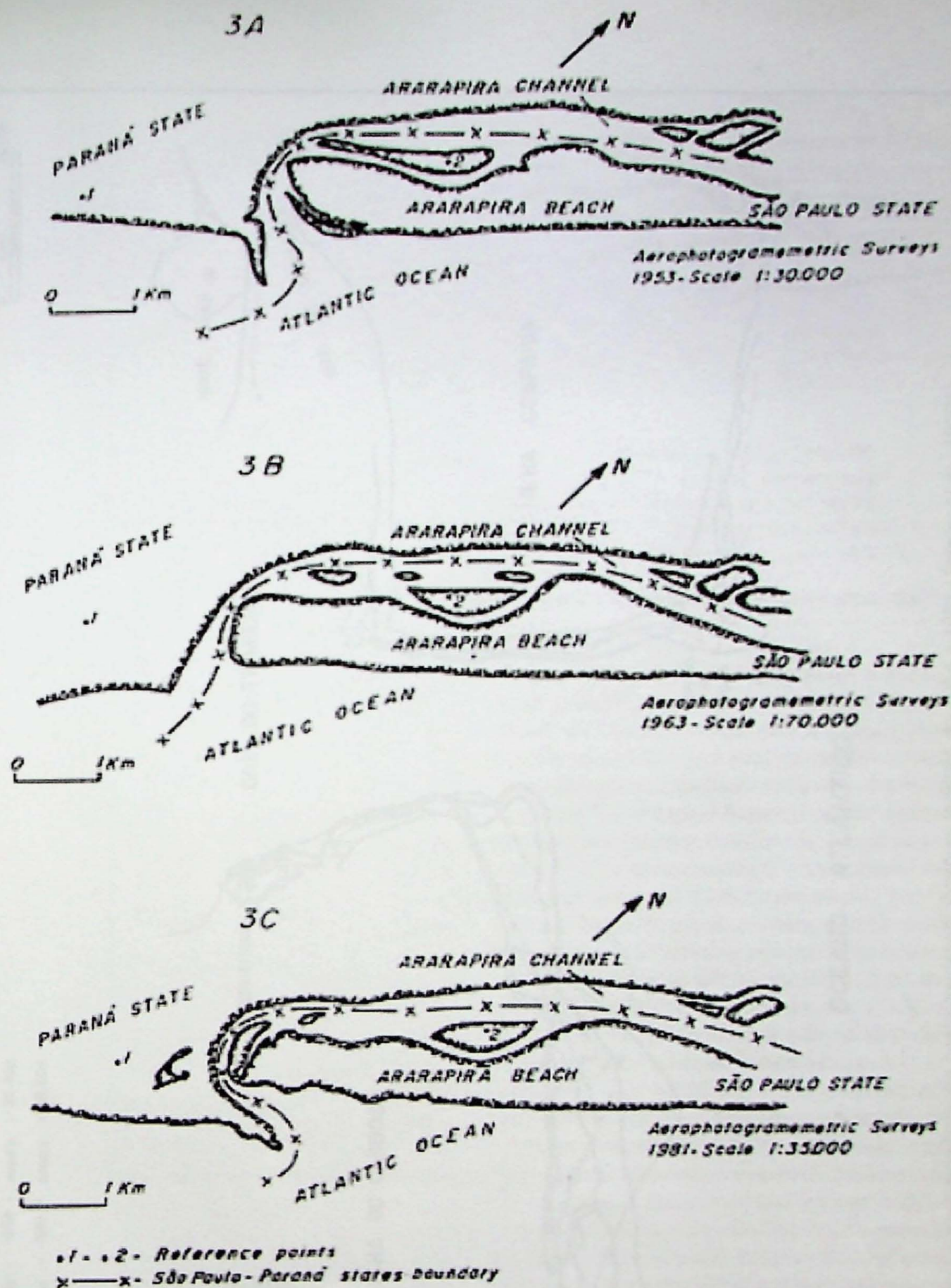


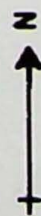
Figura 7 - Evolução da desembocadura lagunar de Ararapira: (3A) 1953, (3B) 1963, (3C) 1981



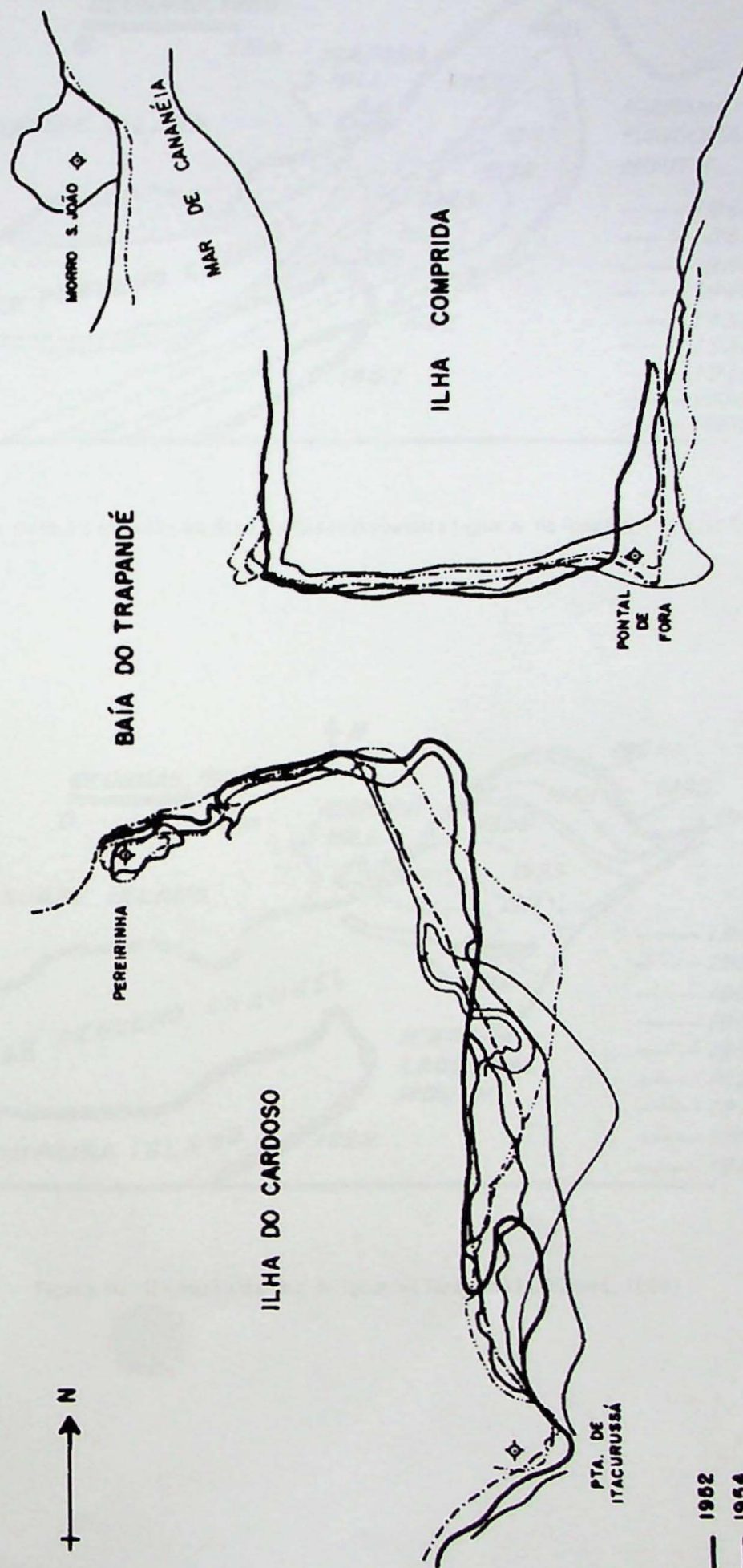
Levantamentos 1952, 1962 e 1969 - CTH-USP (1963) - escala original 1:10.000

Levantamentos aerofotogramétricos - 1954 - escala 1:30.000

Levantamentos aerofotogramétricos - 1961 - escala 1:35.000



0 440 1320 m



Escala: 1:44.000

Figura 8 - Variações na configuração da linha de costa na desembocadura lagunar, de 1954 a 1981 (Tessler et al., 1990)



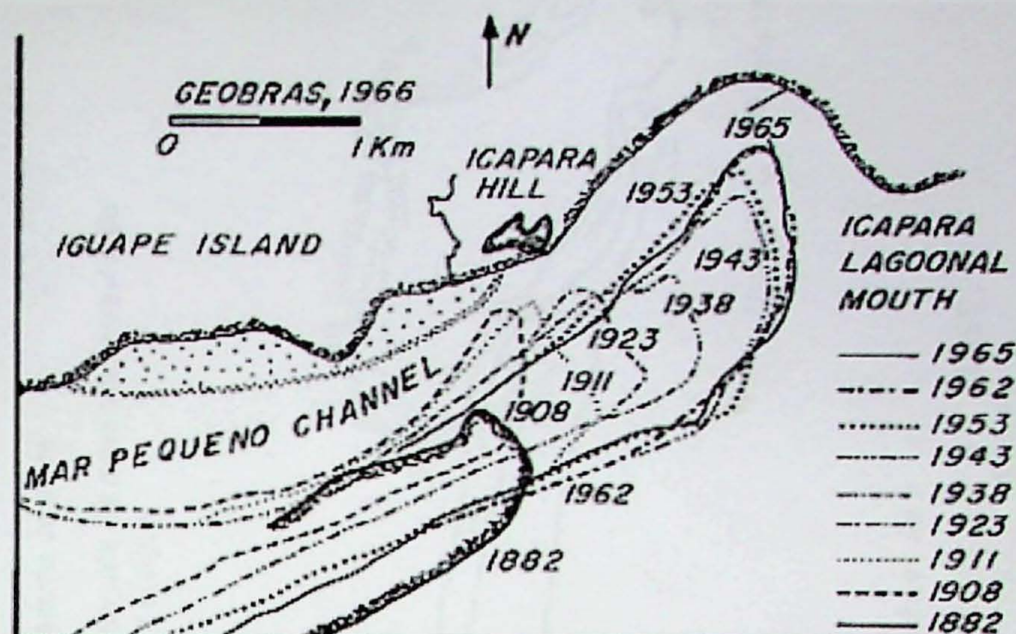


Figura 9 - Evolução da Ilha Comprida na área da desembocadura lagunar de Icapara (Tessler & Mahiques, 1993)

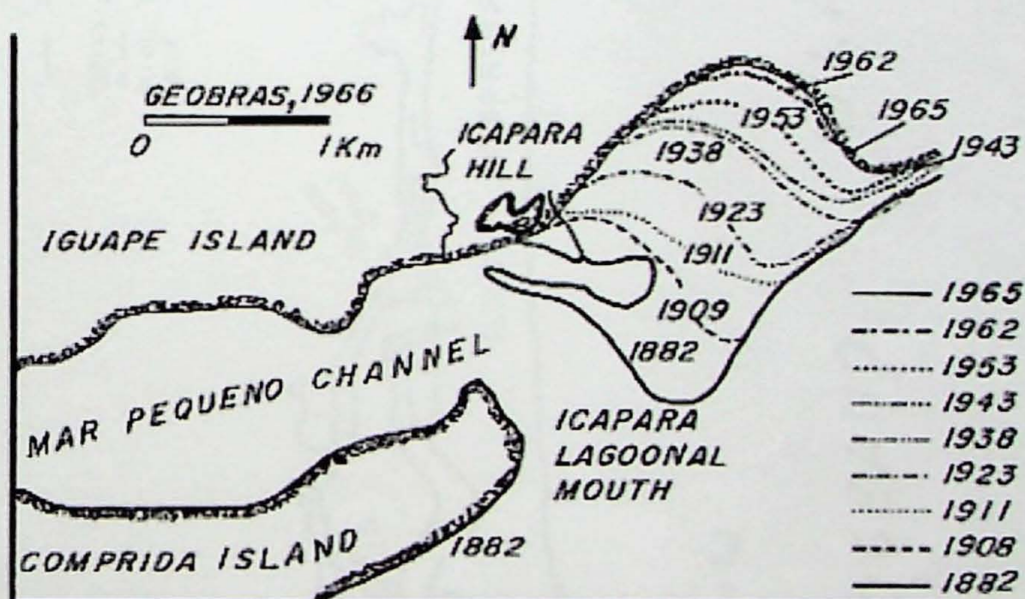


Figura 10 - Evolução da Ilha de Iguape (Tessler & Mahiques, 1993)



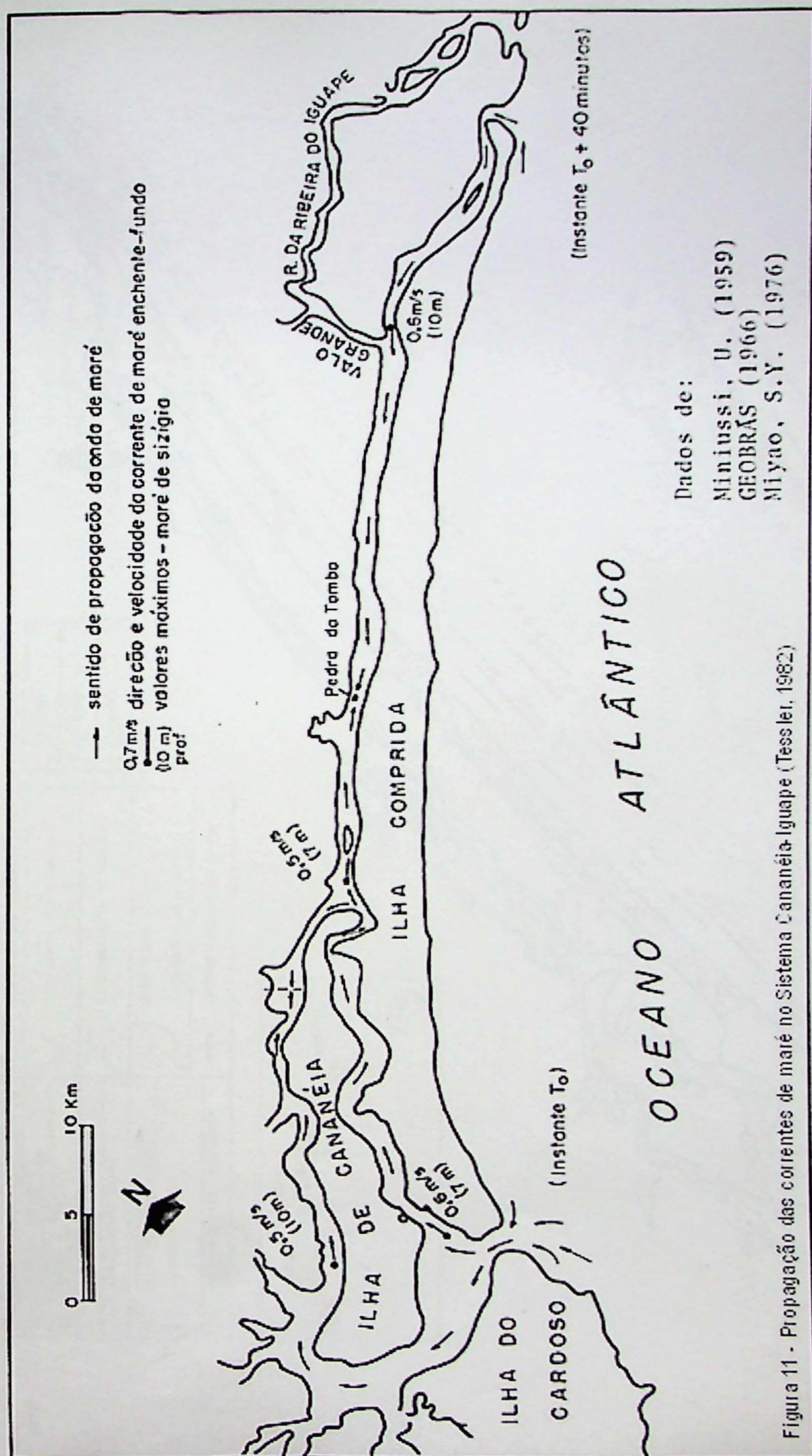
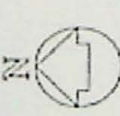


Figura 11 - Propagação das correntes de maré no Sistema Cananéia-Iguape (Tessier, 1982)

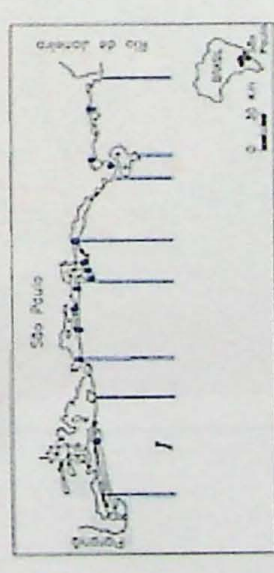




0 2 4 Km

# LEGENDA

PERFIL PRAIA	EMBASAMENTO
PONTO DE CONTROLE E/OU OBSERVAÇÃO	SÍDE DE MUNICÍPIO, LOCALIDADES
NÚMERAÇÃO DOS PONTOS	PLATAFORMA DE ABRASÃO MARINHA
19/422 INTERNO (1992)/423 (1993)	
PONTOS DE OBSERVAÇÃO (1994 A 1995)	
531	
FALEIAS EM TERRAÇOS MARINHOS	RIO/DESEQUELAMENTO/DESEQUELAMENTO
DUNAS/DEPÓSITOS EÓLICOS	
URBANIZAÇÃO DA PRAIA (CASAS, QUIOSQUES, MURTO E ALGUEIRAS)	CURVA DE NÍVEL DE 20 m
ENDOCAMENTO/ESPICAO	CONTORNO DA LINHA DE COSTA
ANTEDARIO OU PEDRAS PARA CONTOR EROSO	EMISSARIO EMERGIDO OU COM ESPICAO



FOTOGRAFIAS AÉREAS	
- 03/60	
- 05/65 / 19/63	
- 05/73 / 19/74	
- 05/79	
- 05/83	
- 05/87	
- 05/94	

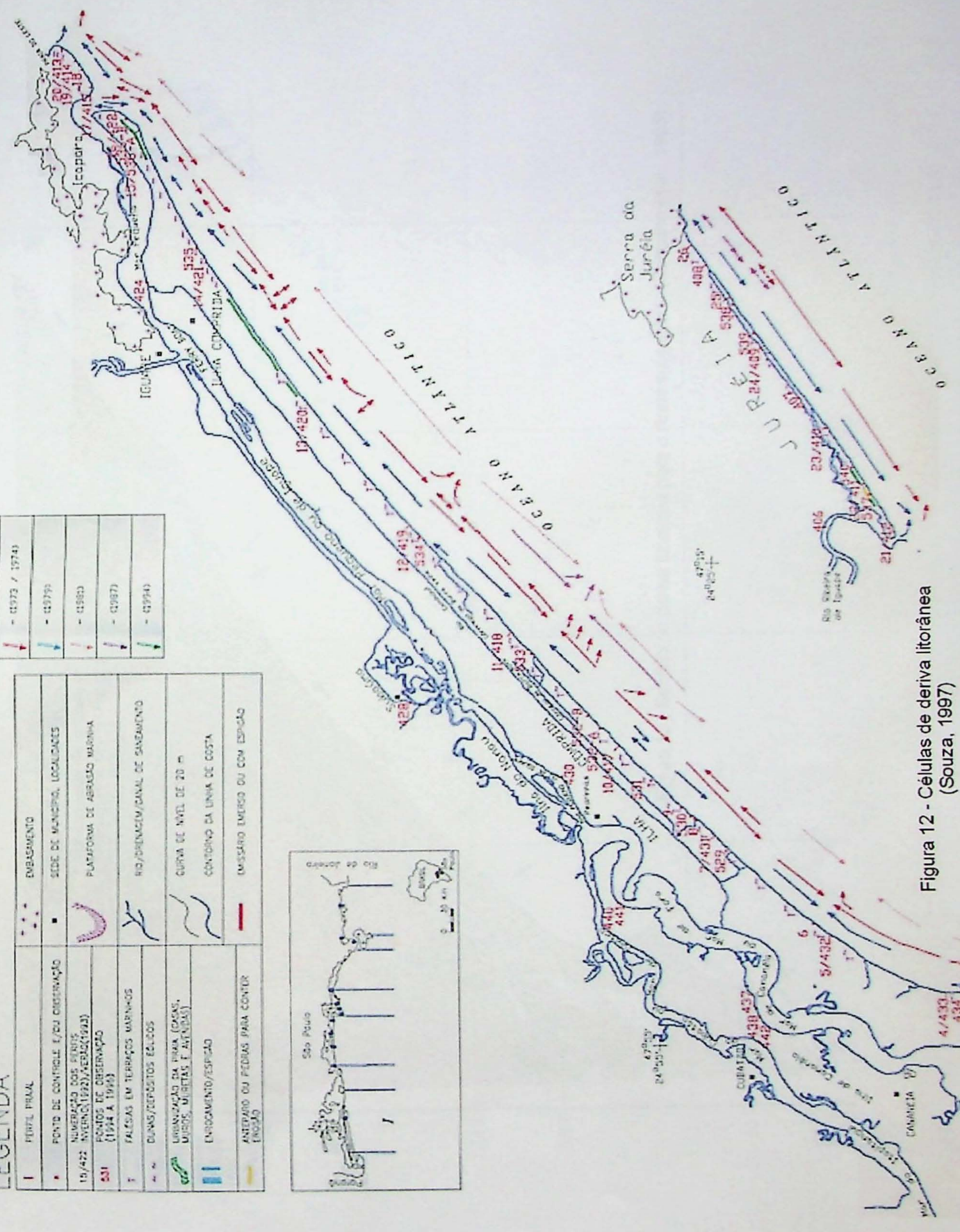


Figura 12 - Células de deriva litorânea (Souza, 1997)



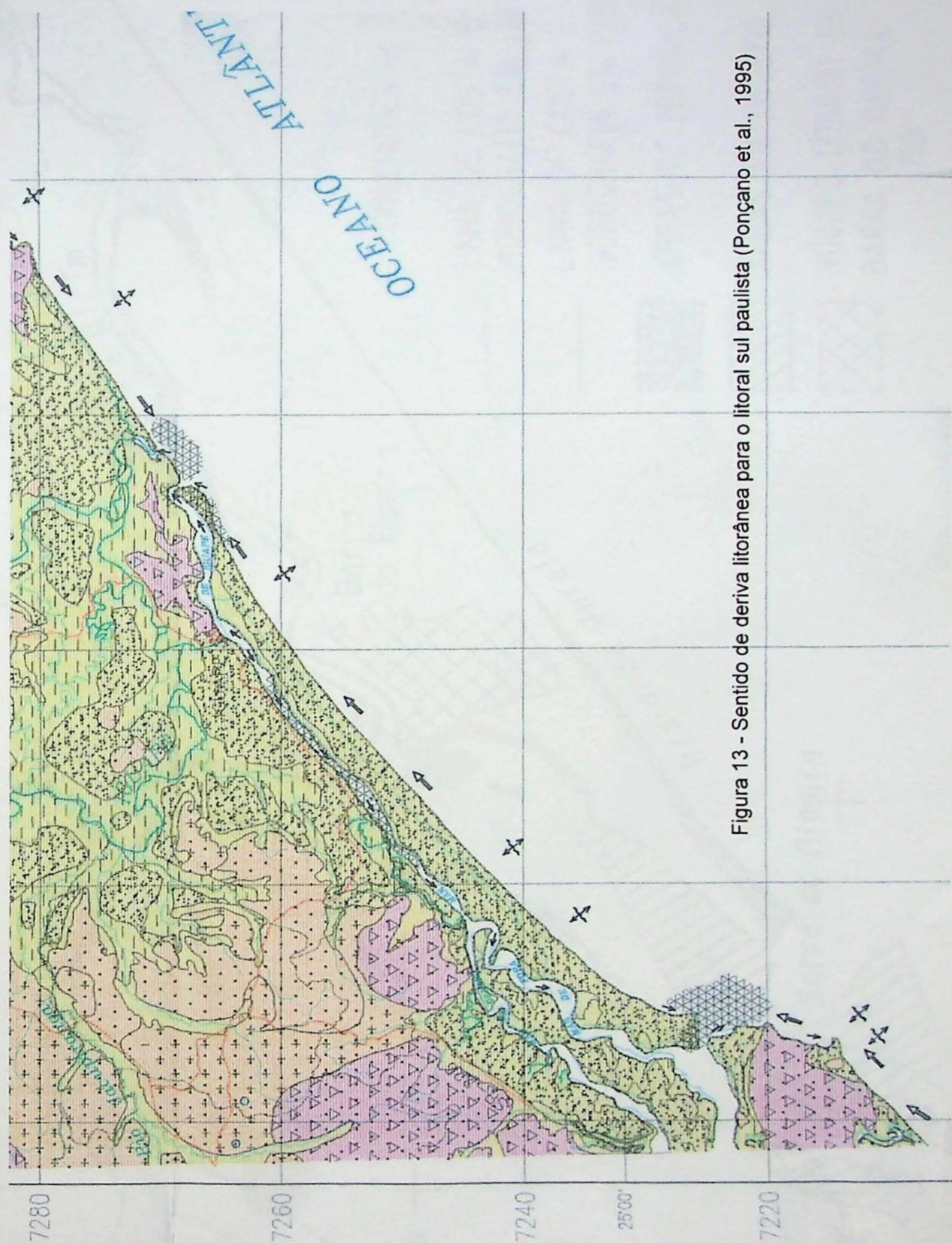


Figura 13 - Sentido de deriva litorânea para o litoral sul paulista (Ponçano et al., 1995)



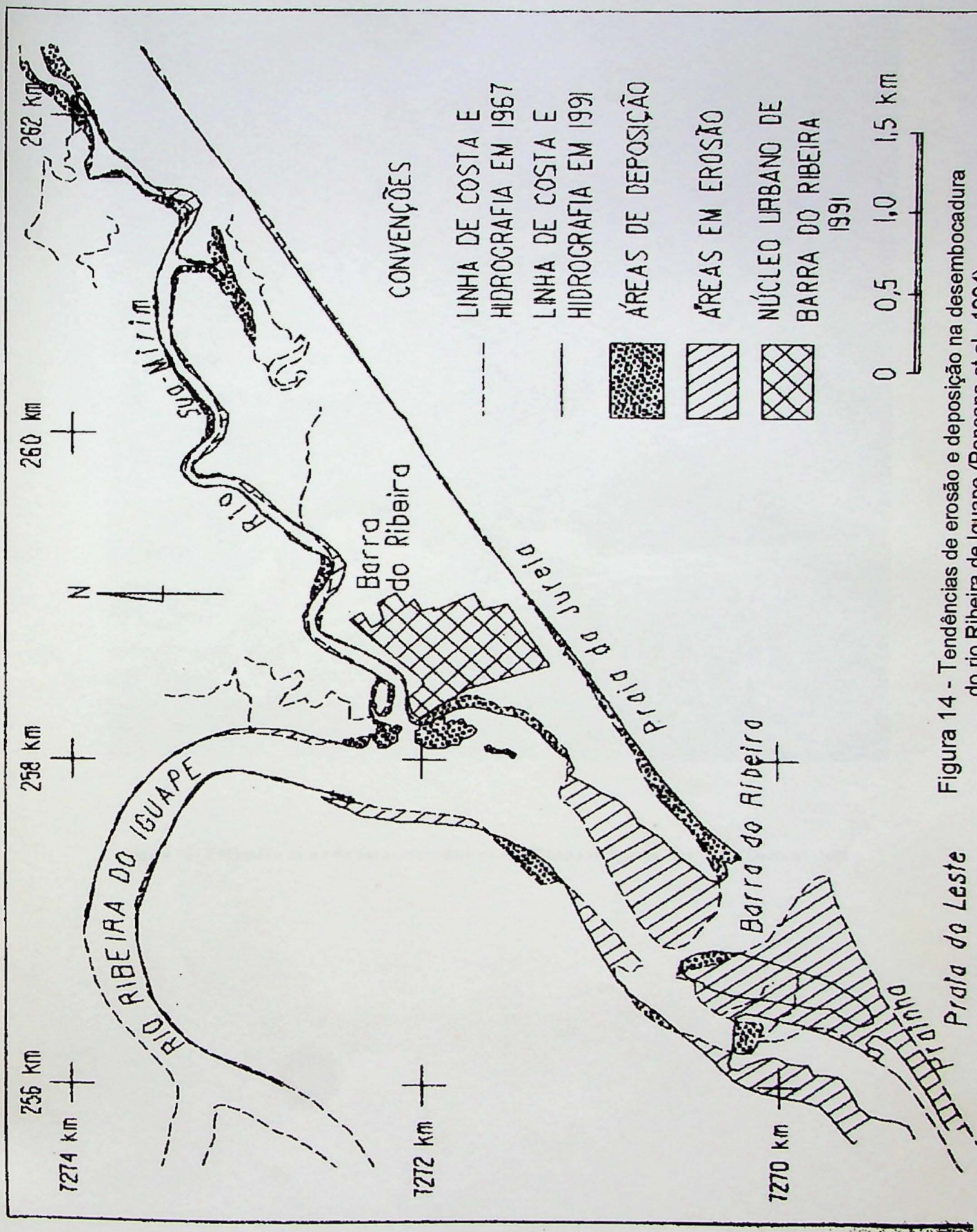


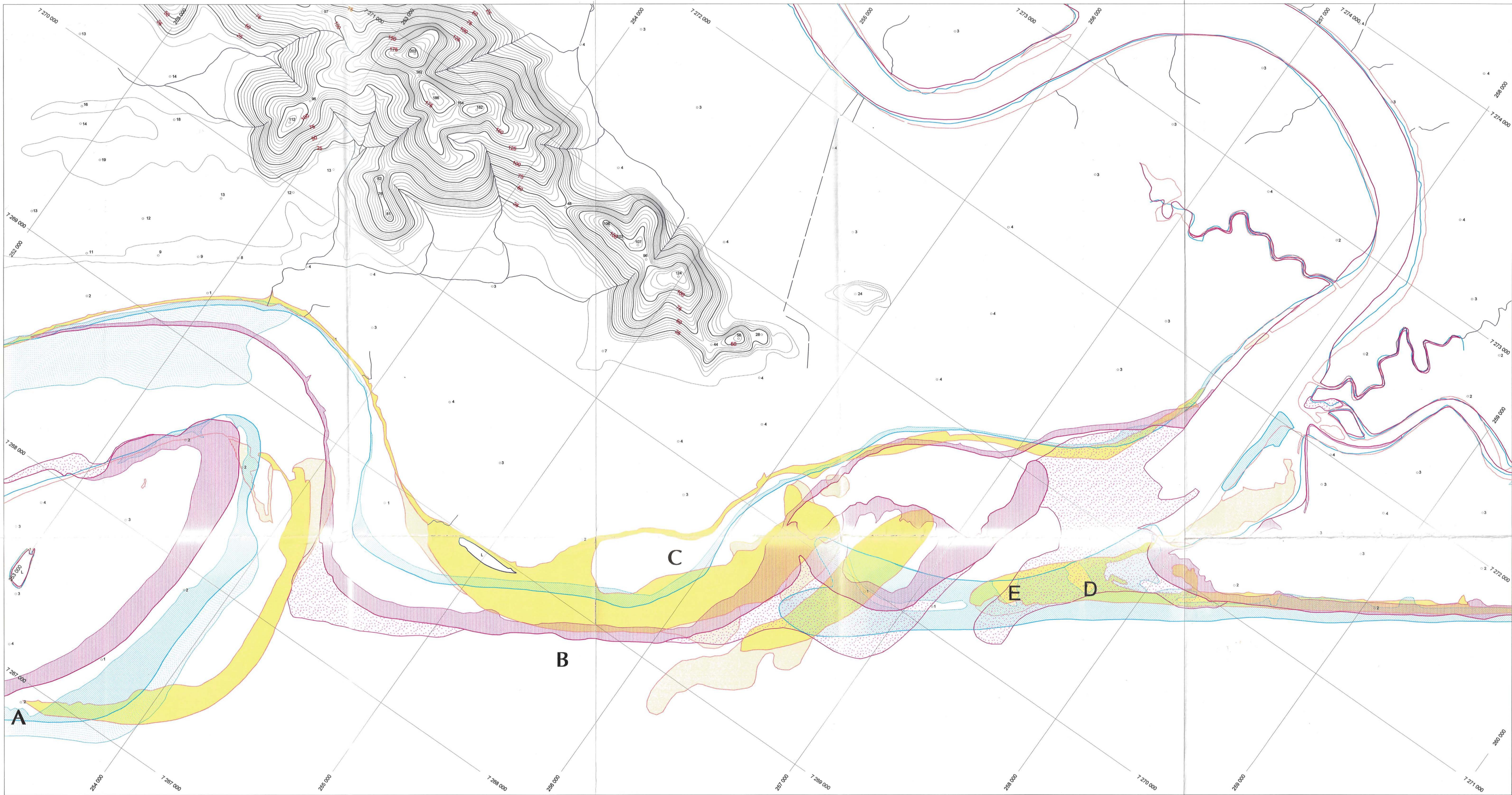
Figura 14 - Tendências de erosão e deposição na desembocadura do rio Ribeira de Iguape (Ponçano et al., 1994)





Figura 15 - Fotografia aérea da desembocadura do Rio Ribeira de Iguape em 1955 (Geobrás, 1966)





#### LEGENDA

- |  |  |  |
|--|--|--|
|  RIOS E LINHA DE COSTA ANO 1991 |  BANCOS ARENOSOS SUBMERSOS ANO 1991 |  BANCOS ARENOSOS SUBMERSOS ANO 1962 |
|  RIOS E LINHA DE COSTA ANO 1981 |  FEIÇÃO ARENOSA 1991                |  FEIÇÃO ARENOSA 1962                |
|  RIOS E LINHA DE COSTA ANO 1962 |  BANCOS ARENOSOS SUBMERSOS ANO 1981 |  DADOS ALTIMÉTRICOS                 |
|  REPRESAS E LAGOS               |  FEIÇÃO ARENOSA 1981                |  PERFIS DE AMOSTRAGEM               |

FOTOGRAFIAS AÉREAS TOMADAS EM 02/1991 - ESCALA 1:25 000

FOTOGRAFIAS AÉREAS TOMADAS EM 05/1981 - ESCALA 1:35 000

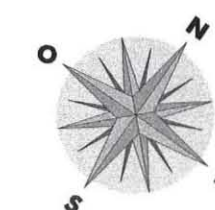
FOTOGRAFIAS AÉREAS TOMADAS EM 10/1962 - ESCALA 1:25 000

ESCALA : 1:10 000

EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL : 5 METROS

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM - CORREGO ALEGRE - MG

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA



DESENHO:

MAPA - 01

FOLHA:

ÚNICA

PROJETO: EVOLUÇÃO MORFO - DINÂMICA DA REGIÃO DA DESEMBOLADURA DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE, LITORAL SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO

LOCAL:  
MUNICÍPIO DE IGUAPE

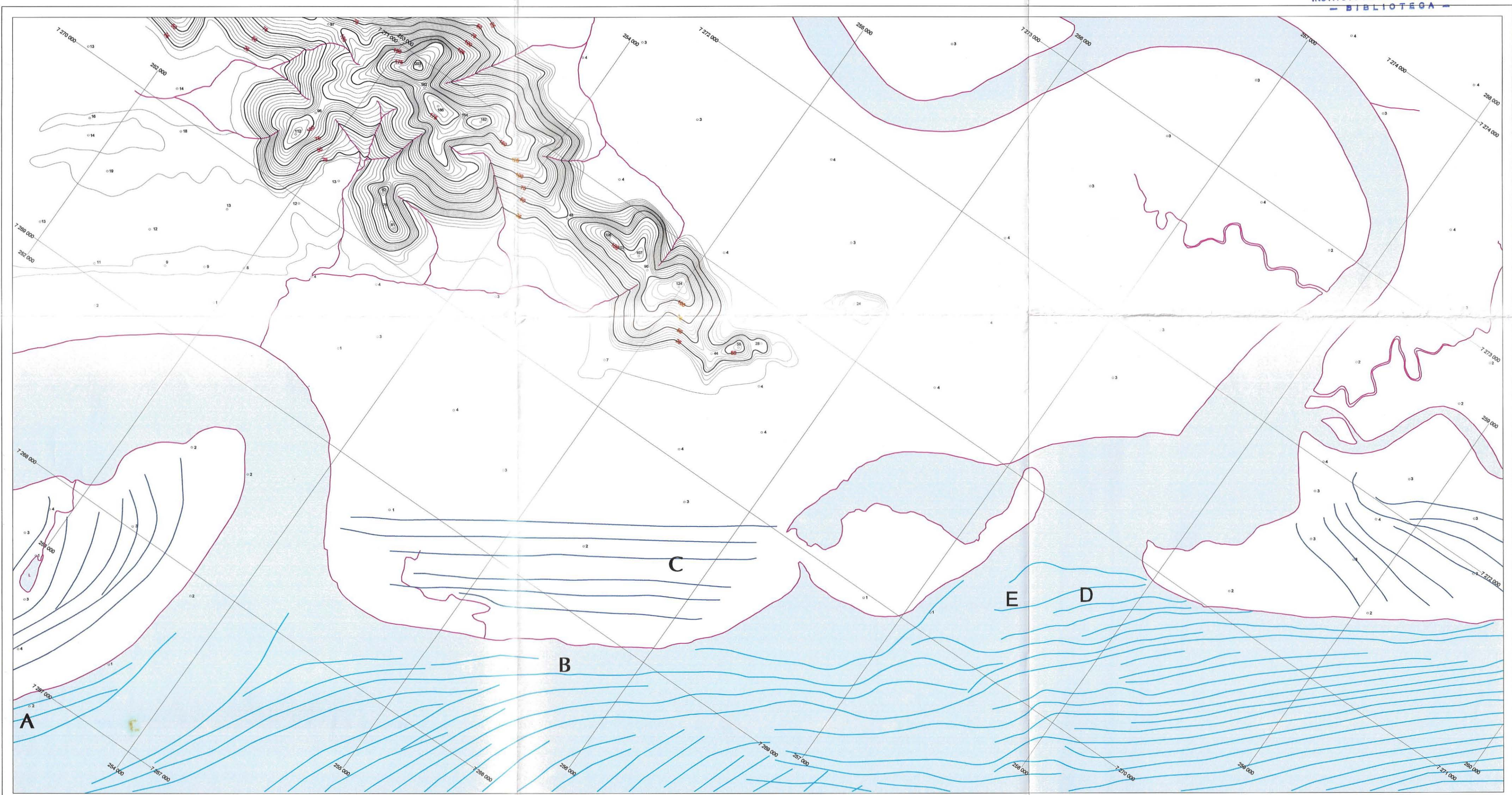
ESCALA:  
1 : 10 000

DATA:  
NOV/2001

Executado por:

**ISOMAPA** Consultoria e Projetos Ltda



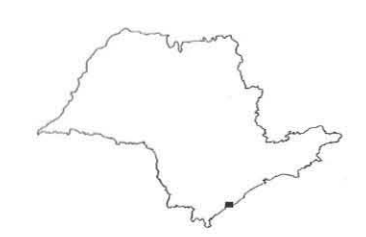


LEGENDA

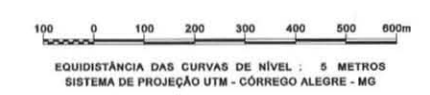
-  RIOS E LINHA DE COSTA ANO 1962
-  DADOS ALTIMÉTRICOS
-  REPRESAS E LAGOS

-  DIREÇÃO DAS ONDAS ANO 1962
-  CORDÕES ARENOSOS ANO 1962
-  PERFIS DE AMOSTRAGEM  
A B C  
D E

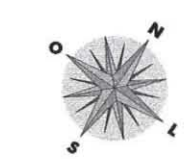
LOCALIZAÇÃO DA FOLHA



ESCALA : 1:15 000

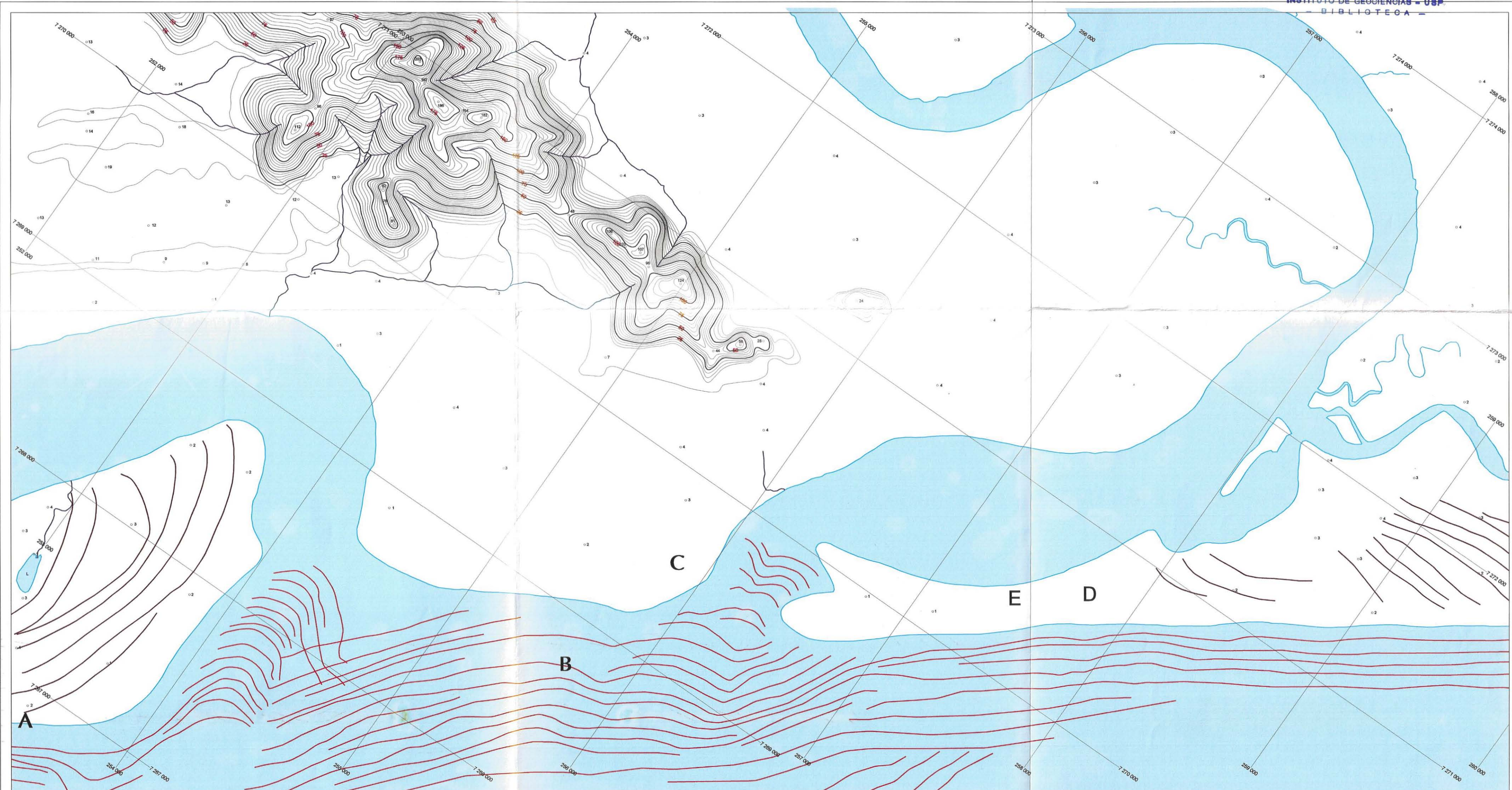


FOTOGRAFIAS AÉREAS TOMADAS EM 10/1962- ESCALA 1:25 000



DESENHO: <b>MAPA - 02</b>		FOLHA: <b>ÚNICA</b>	
PROJETO: EVOLUÇÃO MORFO - DINÂMICA DA REGIÃO DA DESEMBOLADURA DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE, LITORAL SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO			
LOCAL: <b>MUNICÍPIO DE IGUAPE</b>		ESCALA: <b>1 : 15 000</b>	DATA: <b>NOV/2001</b>
Executado por :  <b>SOMAPA</b> Consultoria e Projetos Ltda			





LEGENDA

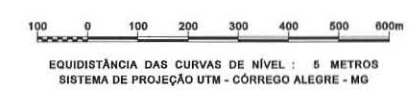
- RIOS E LINHA DE COSTA ANO 1981
- DADOS ALTIMÉTRICOS
- REPRESAS E LAGOS

- DIREÇÃO DAS ONDAS ANO 1981
- CORDÕES ARENOSOS ANO 1981
- PERFIS DE AMOSTRAGEM  
A B C  
D E

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA

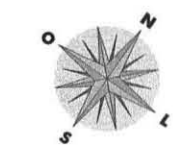


ESCALA : 1: 15 000



EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL : 5 METROS  
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM - CÔRREGO ALEGRE - MG

FOTOGRAFIAS AÉREAS TOMADAS EM 05/1981 - ESCALA 1:35 000



DESENHO:	MAPA - 03	FOLHA:	ÚNICA
PROJETO:	EVOLUÇÃO MORFO - DINÂMICA DA REGIÃO DA DESEMBOLCADERA DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE, LITORAL SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO		
LOCAL:	MUNICÍPIO DE IGUAPE	ESCALA:	1 : 15 000
DATA:	NOV/2001		
Executado por:	SOMAPA Consultoria e Projetos Ltda		



Executado por: **ISOMAPA** Consultoria e Projetos Ltda



