

LEVANTAMENTO COM GPS DA LINHA DE COSTA NA ÁREA EROSIVA DA PONTA DO POÇO (PR)

KRUEGER, Cláudia Pereira ⁽¹⁾; SOARES, Carlos Roberto ⁽²⁾; MARONE, Eduardo ⁽²⁾;
RIESEMBERG, Célia Ehlke ⁽²⁾; PILATI, Fernando Brandão ⁽²⁾; KRÜGER,
Maurício Marchand ⁽²⁾; PRADO, Alexandre do ⁽¹⁾; MASUKO, Hilton Aron ⁽¹⁾

(1) Universidade Federal do Paraná - Departamento de Geociências
Centro Politécnico - Jardim das Américas - Curitiba - PR
Caixa Postal: 19011 CEP 81.531-990
Fone: (041) 366 - 2323 Ramal 3257 Fax: (041) - 266 -2393

(2) Universidade Federal do Paraná - Centro de Estudos do Mar (CEM)
Avenida Beira-Mar s/nº Pontal do Sul - Paranaguá - PR
Caixa Postal: 43 CEP 83.255-000
Fone: (041) - 455 - 1333 Ramal 25 Fax: (041) - 455 - 1105

ABSTRACT

The countour of the coastline between Pontal do Sul and Ponta do Poço (Paranaguá, Brazil) was surveyed with a GPS to aid in the monitoring of the erosional processes affecting the area. The treatment of the data allowed a positioning precision of about 0.06 m in the 75% continuous kinematic surveying. A comparison of the recent survey with the coastline countour determined from aerial photographs dated back to 1953, showed that an area of approximately 373.427.896 m² was eroded, amounting to a volume of about 560.141.844 m³ of sand. An average rate of coastline retreat (erosion) at the most critical point is 5.8 m/year. The use of the GPS technic will greatly enhance the precision of the coastline surveying, allowing for better monitoring of future coastline variations and the development of strategic plans of erosion control in the area.

Key-words: Global Positioning System, coastline retreat, Ponta do Poço.

RESUMO

O contorno da linha de costa entre Pontal do Sul e a Ponta do Poço (Paranaguá, Brasil) foi levantada através do Sistema de Posicionamento Global (GPS) como subsídio ao monitoramento do processo erosivo detectado na região. O tratamento dos dados permitiu uma precisão no posicionamento melhor que 0.06 m em 75% deste levantamento cinemático contínuo. A comparação do levantamento atual com o contorno da linha de costa determinado a partir de fotografias aéreas de 1953, mostrou que a área total erodida foi de aproximadamente 373.427.896 m², representando um volume de areia de aproximadamente 560.141.844 m³. A taxa de recuo da linha de costa (erosão) foi de 5,8 m/ano para o ponto mais crítico. O uso do sistema GPS aumenta a precisão para o levantamento da linha de costa permitindo melhores monitoramentos das suas futuras variações e o desenvolvimento de planos estratégicos para o controle da erosão na área.

Palavras-chave: Posicionamento com GPS, recuo da linha de costa, Ponta do Poço.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A *linha de costa* é o limite entre o continente e a porção adjacente ao mar onde não há efetiva ação marinha, no alcance máximo das ondas, concretizando-se pela presença de falésias, no limite entre a vegetação e a praia, ou nos costões rochosos, ou qualquer outra feição que marque o início da área continental (Suguió, 1992; Angulo, 1994). A linha de costa pode avançar em direção ao mar, através da formação de depósitos sedimentares, em processo conhecido como *progradação da linha de costa*. A mesma pode migrar em direção ao continente, através da remoção do material que constitui a linha de costa, em processo designado *recoo da linha de costa*. Popularmente, este último processo tem sido denominado como *erosão costeira* ou *marinha*.

A detecção das variações da linha de costa pode ser efetuada através dos seguintes métodos: a) comparação de fotografias aéreas de diferentes datas, cujo detalhamento depende da escala das fotos; b) comparação de fotografias comuns, tiradas de um mesmo ponto de observação; c) medições periódicas com teodolito ou nível de precisão em pontos de interesse,

sendo este o método mais simples para detectar as variações da linha de costa; d) imagens de satélite, no caso das variações envolverem dezenas ou centenas de metros; e) levantamentos cinemáticos sucessivos com o Sistema de Posicionamento Global (GPS).

O objetivo deste trabalho é cadastrar uma área em que se verifique um recoo da linha de costa, empregando o Sistema de Posicionamento Global, visando monitorar a evolução do processo erosivo. Para tal, foi escolhido o trecho entre a Ponta de Embarque para a Ilha do Mel e a Ponta do Poço, no Balneário Pontal do Sul, Município de Paranaguá, PR (Fig. 1), cuja erosão é marcada pela presença de falésias com árvores tombadas e muros de proteção nas casas fronteiriças ao mar. Também será procurado estabelecer as causas da erosão, área e volumes erodidos desde a primeira documentação aerofotogramétrica existente na região.

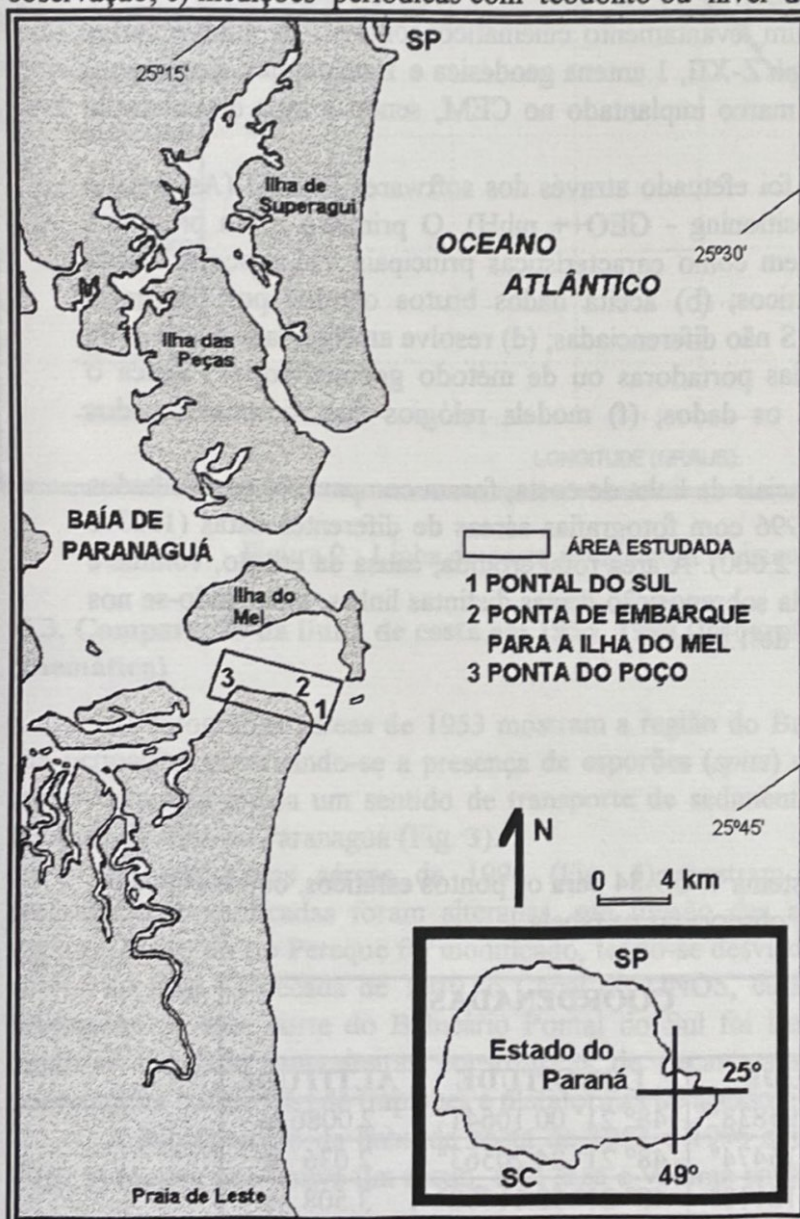


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi necessário realizar levantamentos estáticos de 4 pontos na região, visto que não havia dados pretéritos, empregando 2 receptores GPS Ashtech Z XII e antenas geodésicas. O primeiro ponto, locado no CEM (Centro de Estudos do Mar, Pontal do Sul), foi posicionado com relação a um marco (ECC3) implantado no campus do Centro Politécnico (UFPR, Curitiba), sendo este excêntrico ao marco (91105) pertencente à rede brasileira de monitoramento contínuo (RBMC - IBGE). Este rastreamento estático teve uma duração de 4 horas, com taxa de coleta de dados de 15 segundos. Os demais pontos (COPP, TECH e PRPC) foram também posicionados através de rastreamento estático, agora relativos ao marco implantado no CEM, com duração de 1 hora e taxa de coleta de dados também de 15 segundos. A designação destes pontos está correlacionada com o local de sua implantação (Fig.2), onde: CEM - Centro de Estudos do Mar, COPP - Cooperativa de Pesca do Paraná, TECH - Techinte e PRPC - Paraná Pesca. Tais pontos foram implantados com o apoio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA).

Em julho de 1996 foi realizado um levantamento cinemático contínuo da atual linha de costa, utilizando 2 receptores GPS Ashtech Z-XII, 1 antena geodésica e 1 cinemática. Empregou-se como estação de referência (base) o marco implantado no CEM, sendo a taxa de coleta de dados igual a 3 segundos.

O pós-processamento dos dados foi efetuado através dos softwares PRISM (Ashtech) e GEONAP-K (GEOdetic NAVSTAR Positioning - GEO++ mbH). O primeiro é um programa comercial e o segundo é geodésico e tem como características principais: (a) processa dados estáticos, cinemáticos e pseudo-cinemáticos; (b) aceita dados brutos obtidos por diferentes receptores; (c) emprega observações GPS não diferenciadas; (d) resolve ambiguidades através da combinação linear dos códigos e fase das portadoras ou de método geométrico; (e) aplica o modelo da ionosfera e troposfera para os dados; (f) modela relógios dos receptores e dos satélites, entre outras especificidades.

Visando analisar as variações espaciais da linha de costa, foram comparados os resultados obtidos no levantamento efetuado em 1996 com fotografias aéreas de diferentes datas (1953 e 1994) numa mesma escala de trabalho (1:2.000). A área total erodida, causa da erosão, volume e taxas de recuo foram estimados a partir da sobreposição destas distintas linhas, assumindo-se nos cálculos uma altitude média para a região de 1.5 m.

3. RESULTADOS

3.1. Coordenadas dos pontos

As coordenadas geográficas no sistema WGS-84 para os pontos estáticos, obtidas após o pós-processamento dos dados, podem ser observadas na tabela 1.

PONTOS	COORDENADAS		
	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
CEM	25° 34' 22.95838"	48° 21' 00.10641"	2.0086 m
COPP	25° 33' 52.15474"	48° 21' 24.20563"	2.036 m
TECH	25° 33' 09.12110"	48° 21' 52.11608"	3.508 m
PRPC	25° 32' 42.53085"	48° 22' 31.22225"	3.968 m

Tabela 1: Coordenadas geográficas no sistema WGS-84.

3.2. Linha de costa em 1996 na área erosiva da Ponta do Poço (PR)

Com o levantamento cinemático contínuo, anteriormente descrito, e com o pós-processamento dos dados coletados, utilizando o programa PRISM, obteve-se o contorno da linha de costa observado na figura 2.

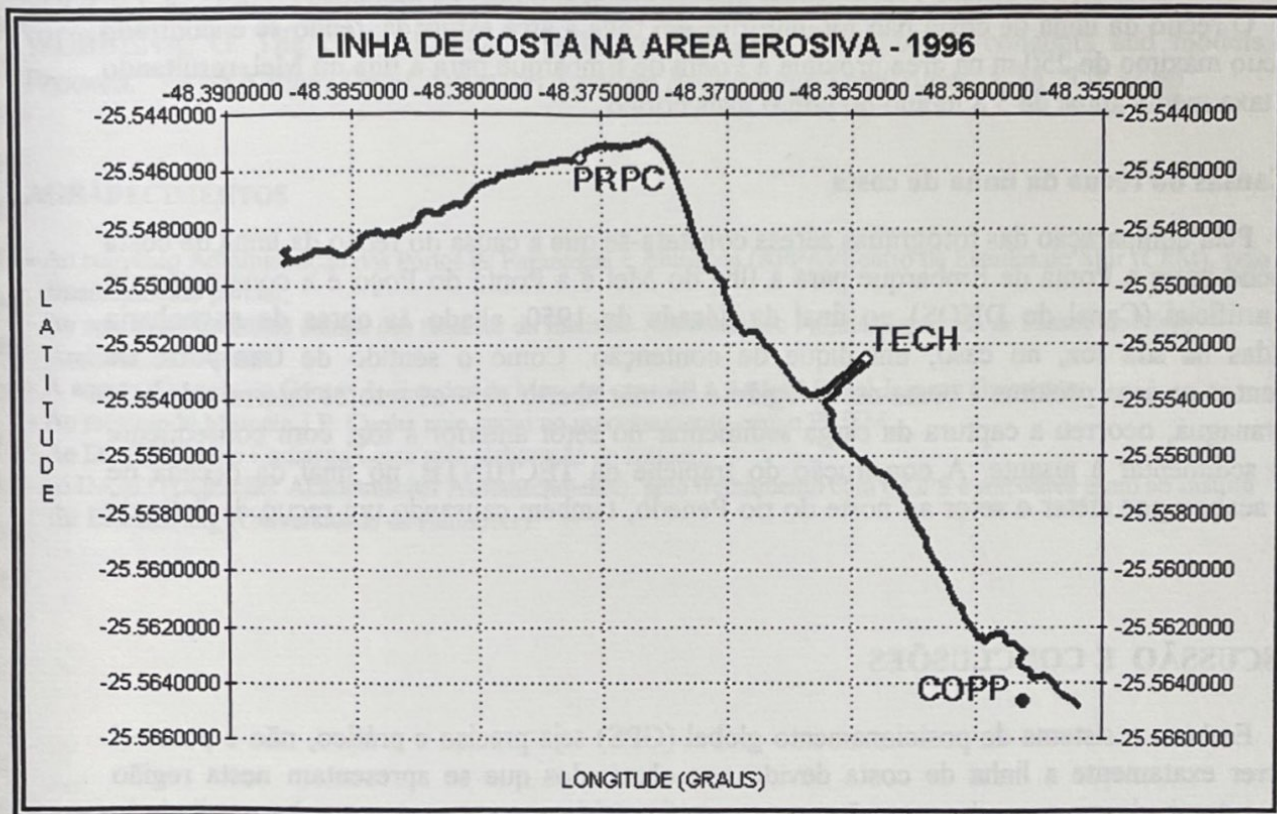


Figura 2 : Linha de costa obtida com o sistema GPS em 1996

3.3. Comparação da linha de costa em 1953, 1994 (fotografias aéreas) e 1996 (levantamento cinemático)

As fotografias aéreas de 1953 mostram a região do Balneário Pontal do Sul no início de sua ocupação, observando-se a presença de esporões (*spits*) na foz dos rios Perequê e Penedo, cuja morfologia indica um sentido de transporte de sedimentos do mar aberto para os setores internos da Baía de Paranaguá (Fig. 3).

As fotografias aéreas de 1994 (Fig. 4) mostram que as feições geomorfológicas anteriormente verificadas foram alteradas, em função das atividades antrópicas efetuadas na região. O leito do rio Perequê foi modificado, tendo-se desviado a sua foz para um canal artificial aberto no final da década de 1950, o Canal do DNOS, cuja abertura foi feita sobre avenidas projetadas. A área norte do Balneário Pontal do Sul foi transformada num parque industrial, tendo-se instalado empreiteiras construtoras de peças para plataformas petrolíferas, com a consequente construção de trapiches e plataformas de acesso à embarcações.

A sobreposição da linha de costa de 1953 e 1996 sobre uma mesma escala de trabalho (Fig. 5) mostra que houve um recuo, cuja área e volume envolvidos serão abaixo discriminados.

3.4. Área, taxas de recuo e volumes erodidos

A área total erodida entre 1953 e 1996 foi estimada em 373.427.896 m² (ou 37.242,78 hectares), tendo ocorrido uma pequena progradação da linha de costa próximo à Ponta do Poço, resultando num aumento em área, na ordem de 3.972 m² (0,39 ha). Assumindo-se uma altitude média para a região de 1,5 m, o volume total erodido no período de tempo considerado foi de 560.141.844 m³, equivalentes a 112.028.368,8 caminhões tipo tombeira de 5 m³.

O recuo da linha de costa não foi uniforme em toda a área estudada, tendo-se encontrado um recuo máximo de 250 m na área próxima à Ponta de Embarque para a Ilha do Mel, resultando numa taxa média anual de 5,8 m/ano no ponto mais crítico.

3.5. Causas do recuo da linha de costa

Pela comparação das fotografias aéreas constata-se que a causa do recuo da linha de costa no trecho entre a Ponta de Embarque para a Ilha do Mel e a Ponta do Poço é a construção do canal artificial (Canal do DNOS) no final da década de 1950, aliado às obras de engenharia efetuadas na sua foz, no caso, um dique de contenção. Como o sentido de transporte de sedimentos na área próxima à costa nesta região é de mar aberto para os setores internos da baía de Paranaguá, ocorreu a captura da carga sedimentar no setor anterior à foz, com consequente déficit sedimentar à jusante. A construção do trapiche da TECHINTE, no final da década de 1980, acabou por afetar o setor ao norte do rio Penedo, também causando um recuo da linha de costa.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Embora o sistema de posicionamento global (GPS) seja preciso e prático, não é possível percorrer exatamente a linha de costa devido aos obstáculos que se apresentam nesta região (árvores tombadas, muros de proteção nas casas fronteiriças ao mar e outros) contribuindo também para perdas do sinal GPS.

A análise dos resultados obtidos, com o pós-processamento dos dados, para este levantamento cinemático contínuo da linha de costa indica que a precisão para 75% deste foi melhor que 0.06 m e que para 14 % encontra-se entre 1m e 0.06 m. Para os 11% restantes esta precisão foi pior que 1 m, neste caso verifica-se que houve perda de sinais (presença de no máximo 4 satélites) durante o caminhamento ao longo da linha de costa. É importante salientar a necessidade da realização destes levantamentos procurando manter a sintonia com o maior número de satélites possíveis.

A causa da erosão é antrópica, pela implantação do canal e falta de planejamento da desembocadura, que acabou causando um déficit de sedimentos na área da Ponta do Poço.

Existe a necessidade de um plano estratégico de controle de erosão, que não envolva apenas ações individuais de proprietários, que acabam por acelerar o processo erosivo nas áreas adjacentes.

As áreas com enrocamentos são menos influenciadas pelo ataque das ondas do que as áreas não protegidas, mascarando a real taxa de recuo.

É importante manter os cadastros atualizados da região, subsidiando o cálculo de taxas de recuo da linha de costa mais detalhadamente, servindo como subsídio às ações de controle de erosão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGULO, R.J. 1994. Problemas na terminologia de ambientes e subambientes litorâneos clásticos dominados por ondas. In: Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. Anais ..., Serra Negra, *no prelo*.
- SEEBER, G. Satellite Geodesy. Verlag de Gruyter, Berlin, New York, 1993, p.
- SUGUIO, K. 1992. Dicionário de geologia marinha. São Paulo, T.A. Queiroz, 171p.
- WÜBBENA, G. The GPS adjustment software package - GEONAP - concepts and models. *Proceed. 5th Inter. Geod. Symp. on Satellite Positioning*. Las Cruces, N.M., USA, pp.

AGRADECIMENTOS

- Ao convênio Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA)/Centro de Estudos do Mar (CEM), pelo financiamento parcial;
- Ao apoio nos trabalhos campo dos técnicos do Instituto Ambiental do Paraná/Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Paraná;
- À equipe de apoio do Centro de Estudos do Mar, em especial a Andre Miguel Joineau Guisantes;
- Ao mestrando Marcelo J.P. Cunha pelo apoio no processamento com o PRISM;
- Ao Dr. Guilherme Camargo Lessa pela elaboração do astract;
- Ao DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst), pelo treinamento com o GPS e softwares junto ao Institut für Erdmessung (Universidade de Hannover).

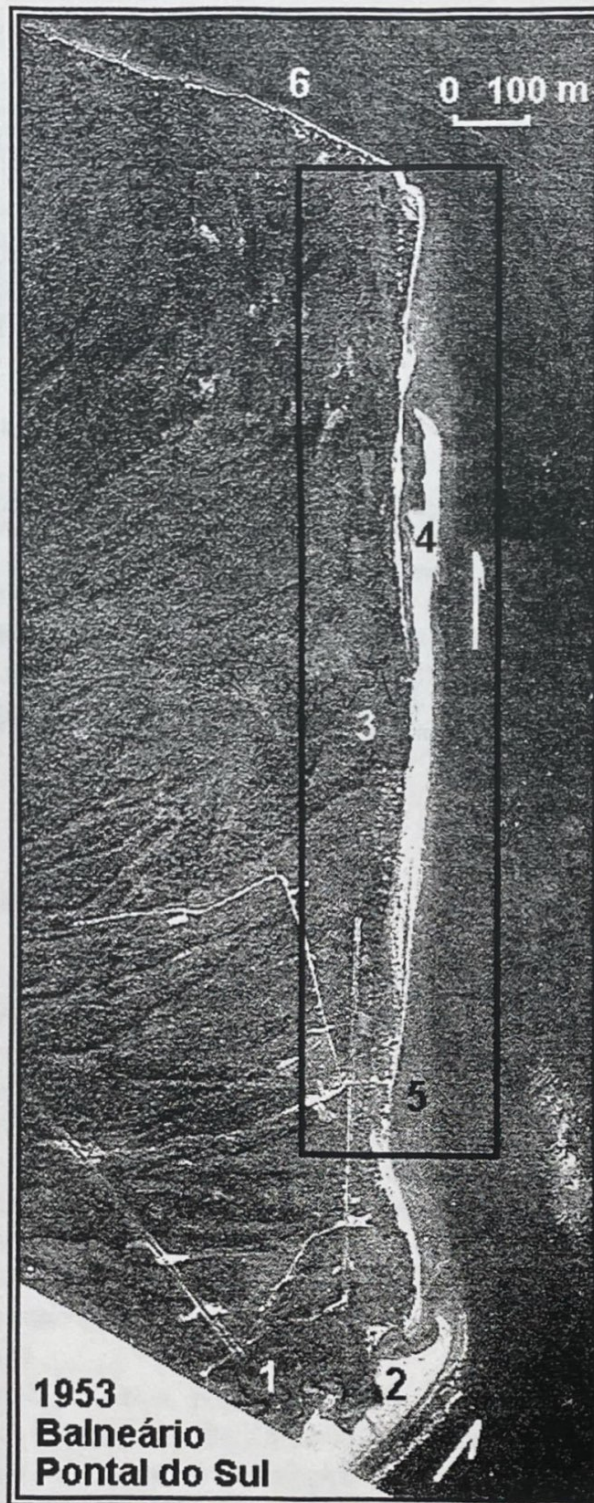


Figura 3: Situação do Balneário Pontal do Sul em 1953: (1) rio Perequê; (2) esporão da foz do rio Perequê; (3) rio Penedo; (4) esporão da foz do rio Penedo; (5) local onde posteriormente estará situada a Ponta de Embarque para a Ilha do Mel. O sentido do transporte de deriva litorânea acha-se indicado pelas setas, ou seja, do mar aberto para os setores internos da Baía de Paranaguá. A área retangular representa o trecho de costa detalhado na figura 4.



Figura 4: Situação do Balneário Pontal do Sul em 1994: (1) Ponta de Embarque para a Ilha do Mel; (2) rio Perequê desviado para o Canal do DNOS; (3) Dique de contenção para a estabilização da foz do canal; (4) rio Penedo; (5) esporão da foz do rio Penedo; (6) trapiche da TECHINTE; (7) Ponta do Poço. O sentido do transporte de deriva litorânea acha-se indicado pelas setas.

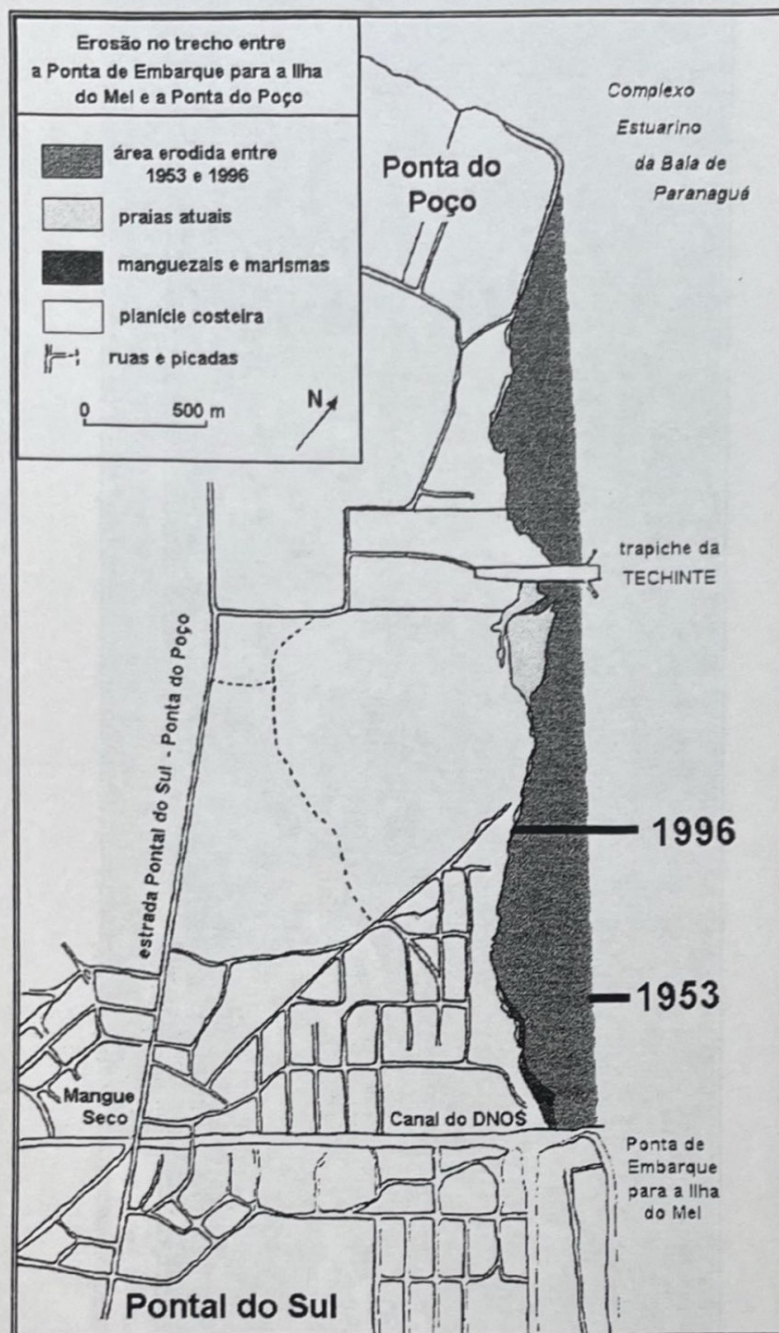


Figura 5: Sobreposição da linha de costa de 1953 e 1996, indicando-se a área erodida.