

## Monitoramento do Recuo e da Progradação da Linha de Costa Utilizando o Sistema de Posicionamento Global (GPS)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Pereira Krueger <sup>1</sup>

Prof. MSc. Carlos R. Soares <sup>2</sup>

Alexandre do Prado <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná  
Departamento de Geociências, Setor de Tecnologia  
Centro Politécnico, Jardim das Américas, C.P. 19011, CEP 81531-990  
Curitiba -PR-, Fone (041) 361-3155, Fax (041) 266-2393  
✉ [ckrueger@cce.ufpr.br](mailto:ckrueger@cce.ufpr.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná  
Centro de Estudos do Mar (CEM)  
Avenida Beira-Mar s/nº, CEP 83.255-000,  
Balneário Pontal do Sul - Pontal do Paraná - PR  
Fone (041) 455-1333 Ramal 25, Fax (041) 455-1105  
✉ [soaresc@aica.cem.ufpr.br](mailto:soaresc@aica.cem.ufpr.br)

### Conteúdo

1. Introdução
2. Descrição da Área
3. Métodos de levantamento das variações da linha de costa
4. Materiais e Métodos
  - 4.1 Equipamentos Utilizados
  - 4.2 Programas Empregados
  - 4.3 Levantamentos de Campo
5. Resultados
6. Discussões, Conclusões e Recomendações
7. Referências Bibliográficas

**Resumo:** 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 por qualquer outra feição que marque o início do continente. Esta linha pode sofrer progradação, recuo, bem como mostrar-se estável dentro de determinados intervalos de tempo. Há grandes variações da linha de costa no litoral paranaense, associadas principalmente às desembocaduras das baías de Paranaguá e Guaratuba. Diversos são os métodos empregados na detecção destas variações, como por exemplo: comparação entre fotos aéreas de diferentes épocas, comparação de mapas históricos, imagens de satélites e medições periódicas com o teodolito ou nível de precisão. Desde 1996, o Sistema de Posicionamento Global tem sido aplicado e testado nos levantamentos das áreas costeiras do Paraná, obtendo-se bons resultados. O objetivo deste trabalho é mostrar a viabilidade do sistema GPS na detecção das variações da linha de costa, manter um cadastro atualizado destas variações, indicar a metodologia mais adequada na execução destes levantamentos e ressaltar os cuidados a serem tomadas quando da realização dos mesmos.

**Palavras chaves:** Recuo e progradação da linha de costa, monitoramento, GPS.

**Abstract:** The coastline is the limit between the continent and the portion adjacent to the sea, where there is not effective marine action, in the maximum reach of the waves, being summed up by the presence of cliffs, in the limit between the vegetation and the beach, or for any other feature that marks the beginning of the continent. This line can suffer progradation, retreat, as well as stability in certain intervals of time. There are great variations of the coastline in the Paraná's coast, associated mainly with the outlets of the bays of Paranaguá and Guaratuba. Several are the methods employees in the detection of these variations, as example: comparison among aerial photos of different times, comparison of historical maps, images of satellites and periodic mensurations with the teodolito or level of precision. Since 1996, the System of Global Positioning has been applied and tested in the risings of the coastal areas of Paraná, being obtained good results. The objective of this work is to show the viability of the system GPS in the detection of the variations of the coast line, to maintain a modernized cadaster of these variations, to indicate the methodology more adapted in the execution of these risings and to stand out the cares be she taken when of the accomplishment of the same ones.

**Keywords:** retreat and progradation of the coastline, monitoring, GPS.

### 1. Introdução

Muitos termos tem sido empregados para denominar o processo da erosão marinha, entre eles a erosão costeira, erosão da praia ou praial, erosão da falésia marinha, recuo da praia, erosão da linha de costa, recuo da linha de costa, etc. Suguio (1992) define "erosão costeira" (do inglês *coastal erosion*) como "um processo, em geral natural, que pode atuar tanto em costa rasa (com praias) como escarpada (com falésias). Desta maneira, a erosão praial (*beach erosion*) e a erosão de falésia (*cliff erosion*) correspondem a tipos particulares de erosão costeira". Esta definição, na verdade, somente especifica as situações em que o processo pode ocorrer. Na mesma obra há ainda uma definição para "erosão praial" e outra para "erosão de falésia marinha, ou seja, na literatura portuguesa os aspectos acham-se confusos nas definições vinculadas ao assunto. Na literatura inglesa, o mesmo tipo de problema também ocorre (Soares, 1994; Soares *et al.*, 1998).

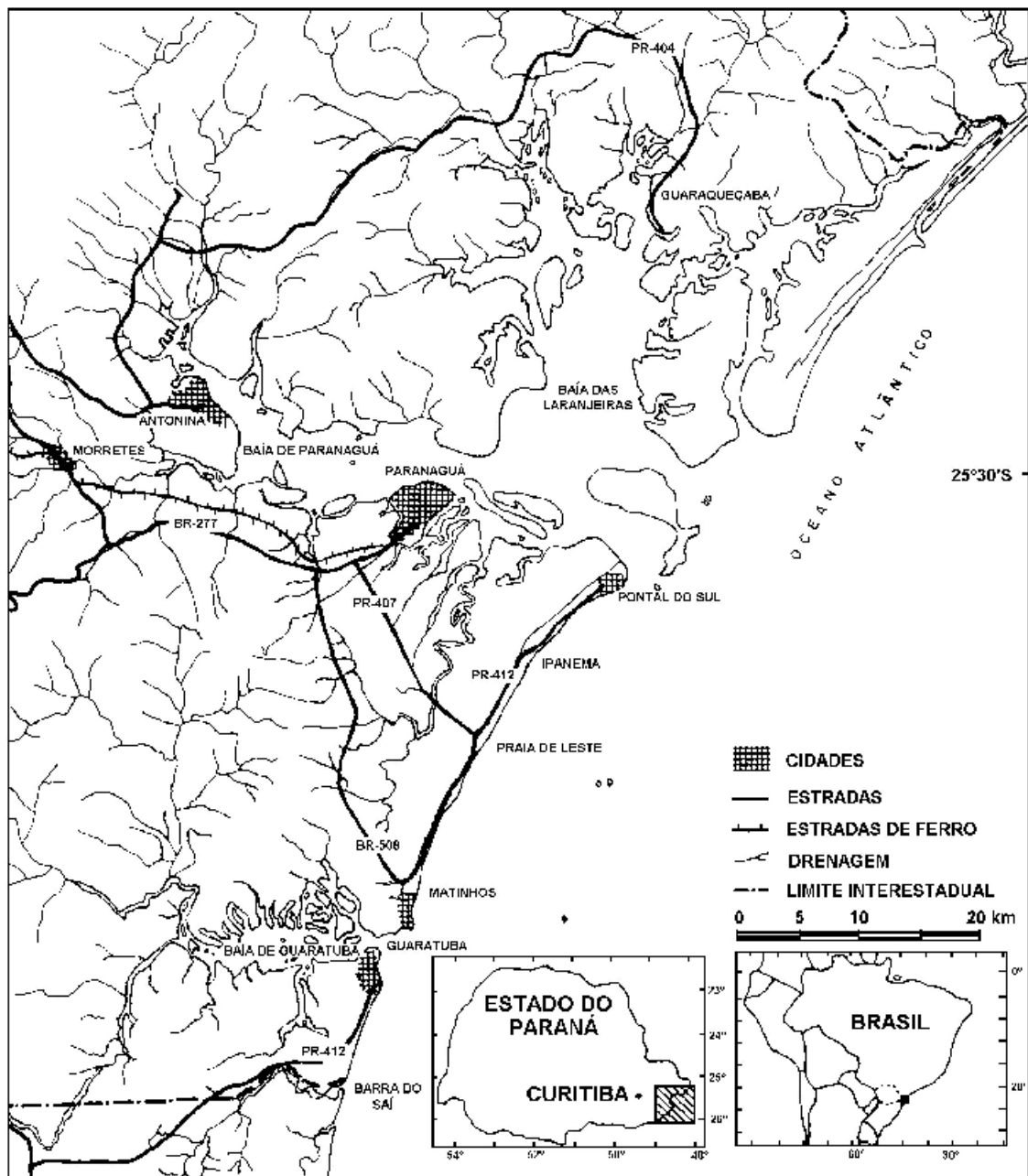
Para Pilkey & Thielor (1992) definir erosão no ambiente costeiro é difícil, pois estritamente falando, "recuo" e "progradação" referem-se a mudanças na posição da linha de costa e "erosão" e "acrecção" referem-se a mudanças volumétricas na parte exposta da praia. Para estes autores, o termo que melhor expressa uma erosão costeira seria "recuo da linha de costa". Torna-se crucial, também, a distinção entre "erosão" e "problema erosivo". O primeiro termo constitui um importante processo na evolução das formas de relevo holocênicas, como estuários, lagunas, esporões, ilhas barreiras, entre outras, que têm, pelo menos em parte, sua origem relacionada com erosão. Um "problema erosivo" existe somente quando o processo atua em áreas ocupadas pelo homem, causando danos aos investimentos por ele efetuados na linha de costa. Desta forma, Pilkey (1991) ressalta que a "crise da erosão marinha" é consequência do homem, pois se ninguém vivesse próximo à costa não haveria problemas.

Desde que não haja algum tipo de bloqueio no balanço sedimentar entre a praia e as áreas continentais adjacentes, como por exemplo a construção de muros marinhos, uma erosão costeira constitui nada mais, nada menos, do que uma mudança espacial da linha de costa. O recuo ou o avanço desta não implica, necessariamente, no desaparecimento da área útil da praia (Pilkey, 1991).

A tendência da região fronteira ao mar é a de ser densamente explorada pela especulação imobiliária, repassando os problemas subsequentes aos seus proprietários, que não estão devidamente esclarecidos sobre o futuro do terreno sobre o qual a sua residência foi implantada. Desta forma, o monitoramento das variações da linha de costa é uma importante ferramenta para o planejamento de municípios localizados na costa, cuja tendência é a de criar loteamentos muito próximos ao mar, sem conhecer a dinâmica local num determinado intervalo de tempo. Este trabalho tem como objetivo mostrar a possibilidade de aplicação do GPS no monitoramento das variações da linha de costa no Balneário Pontal do Sul, Estado do Paraná, em que se constata processos de progradação e recuo, ressaltando as implicações decorrentes sobre a comunidade local.

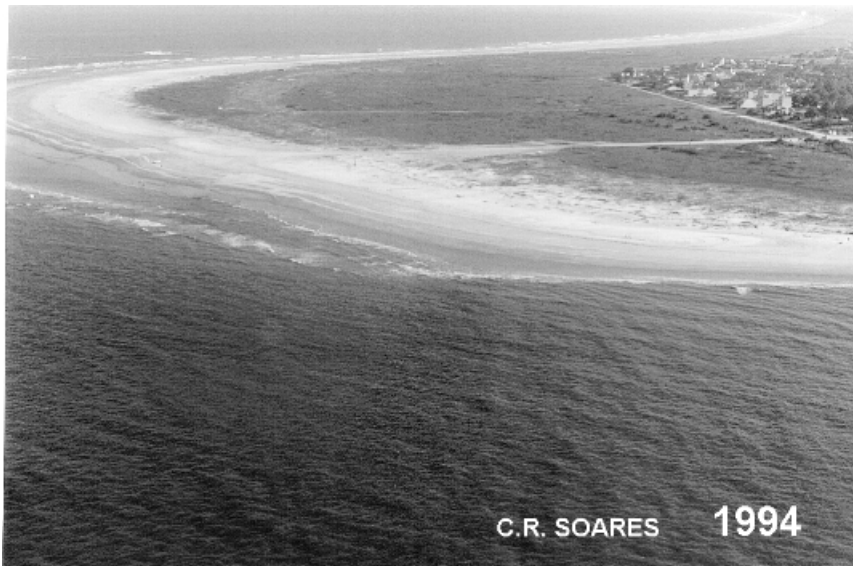
## 2. Descrição da Área

O litoral do Estado do Paraná situa-se entre as latitudes sul 25° e 26° e entre as longitudes 48° e 49° oeste de Gr, com uma área de aproximadamente de 6.600 km<sup>2</sup>. Os limites estaduais são, respectivamente, com o Estado de São Paulo ao norte, na foz do rio Arapira, e com o Estado de Santa Catarina ao sul, na foz do rio Sai-Guaçu. As principais cidades da região litorânea correspondem às sedes dos municípios, sendo elas: Paranaguá, Morretes, Antonina, Guaqueçaba, Praia de Leste e Guaratuba (Figura 1). Há uma grande quantidade de balneários na faixa litorânea dos municípios, bem como uma grande quantidade de pequenas vilas nas ilhas das baías de Guaratuba e Paranaguá.

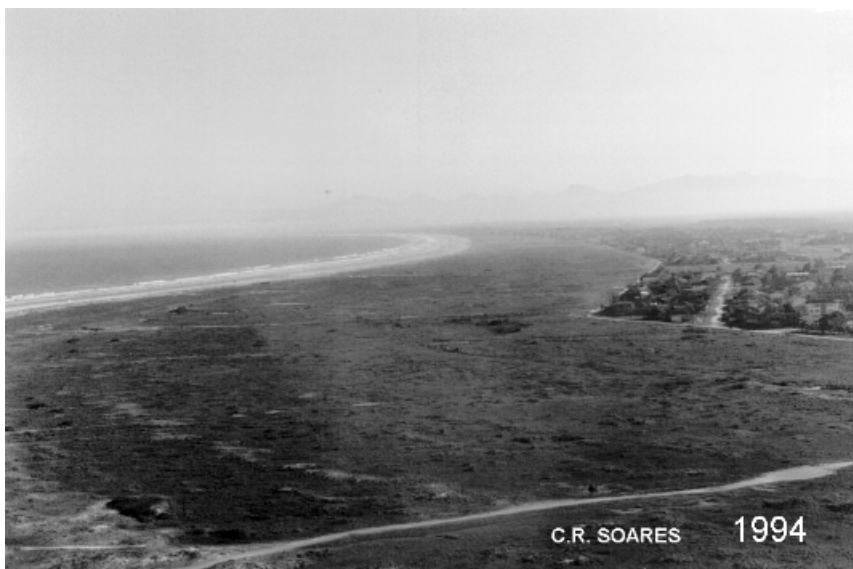


**Fig. 1:** Mapa de localização do litoral do Estado do Paraná

O Balneário Ponta do Sul situa-se na margem sul da Baía de Paranaguá, possuindo um setor em que ocorre uma intensa progradação da linha de costa (Fotos 1 a e b), voltada para o mar aberto, bem como um setor em erosão (Foto 2), voltado para a baía, designado como Ponta do Poço.



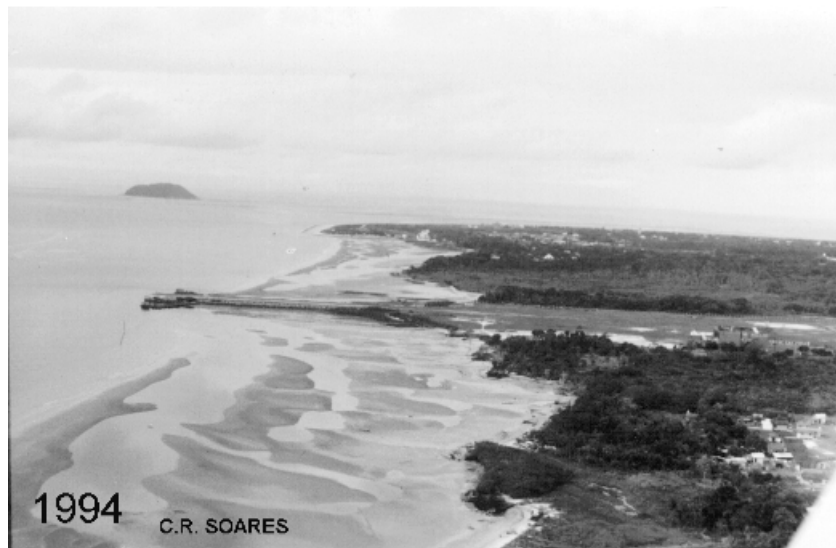
**Foto 1a:** Progradação da linha de costa no Balneário Pontal do Sul



**Foto 1b:** Progradação da linha de costa no Balneário Pontal do Sul



**Foto 2a:** Recuo da linha de costa no Balneário Pontal do Sul, no trecho entre a antiga Ponta de Embarque para a Ilha do Mel e a Ponta do Poço



**Foto 2b:** Recuo da linha de costa no Balneário Pontal do Sul, no trecho entre a antiga Ponta de Embarque para a Ilha do Mel e a Ponta do Poço

O processo de progradação foi analisado por Angulo (1992, 1993) e por Soares *et al.* (1994). Através da plotagem numa escala de trabalho a partir de fotografias aéreas de 1953 e 1980 (Figuras 2 a e b), somado a uma atualização efetuada em 1993, estimou-se um aumento em área de 1.028.160 m<sup>2</sup>. O aumento da parte frontal do balneário ao longo do tempo trouxe várias implicações no processo de ocupação do balneário. Em 1953, havia basicamente uma rua principal (Avenida Beira-Mar) e um pequeno núcleo populacional situado a aproximadamente 250 m da praia. Esta área compreendida entre a rua principal e a praia foi a primeira área a ser loteada, equivalendo a dois quarteirões que acompanhavam toda a faixa costeira. Após a implementação do loteamento, a empresa que vendia as propriedades na região constatou que o aumento em área na frente da área já loteada era contínuo. Aproveitando-se desta situação, lotearam três novos quarteirões ao longo de toda a orla, em local designado como Jardim Marinês. Atualmente a Avenida Beira-Mar, que situava-se a 250 m da praia está a uma distância de 1 km, tendo-se aberto a Avenida Mira-Mar na frente do Jardim Marinês voltada para o mar aberto (Soares *et al.*, 1997).



**Fig. 2a:** Fotografias aéreas de diferentes datas do Balneário Pontal do Sul: (a) 1953

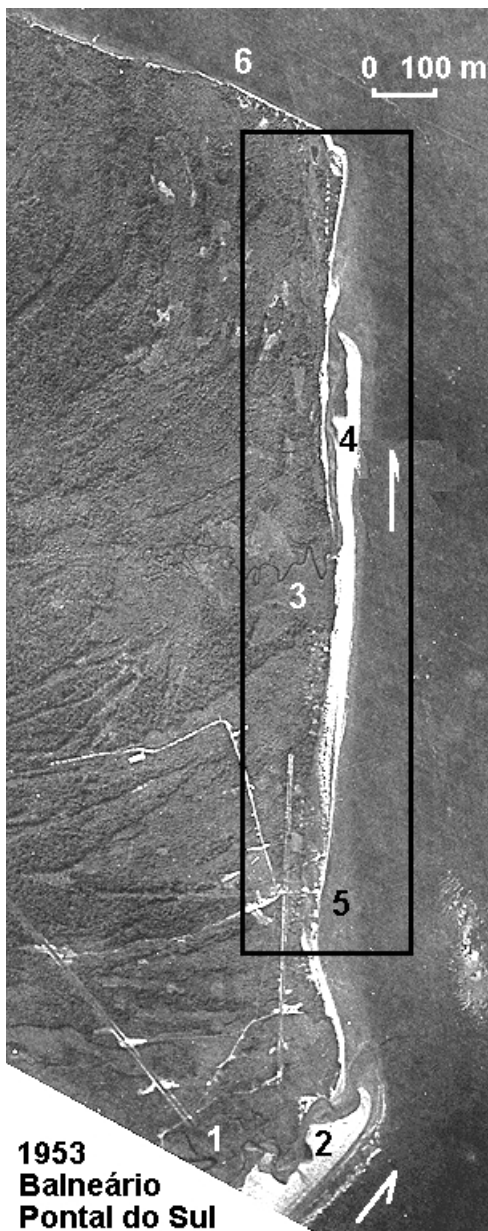


**Fig. 2b:** Fotografias aéreas de diferentes datas do Balneário Pontal do Sul: (b) 1980

Determinados setores do balneário mostraram um avanço de aproximadamente 700 m em 40 anos, com um avanço médio de 17,5 m/ano (Soares *et al.*, 1994). Provavelmente estes sedimentos provêm da plataforma continental rasa, que através de correntes longitudinais à costa são transportados de sul para norte, até atingir a região de Pontal do Sul, sendo ali depositados pelo bloqueio hidráulico imposto pelo Canal da Galheta, via de acesso ao Porto de Paranaguá, dragado anualmente. Desta forma, há uma grande fonte fornecedora de areia em algum ponto, seja a partir da erosão das praias situadas ao sul do arco praial da planície de Praia de Leste ou a partir do material dragado do Canal da Galheta, que por diversas vezes foi despejado na margem sul da Baía de Paranaguá. A rápida progradação verificada no balneário deve ser, pelo exposto acima, conseqüente tanto processos naturais a partir de uma determinada fonte, como também resultante da ação antrópica na região.

O contínuo afastamento da área urbanizada da praia propriamente dita implica em vários outros aspectos, que são distintos das áreas em que a erosão ameaça prédios e casas. Com o distanciamento das construções, tornou-se frequente ir com carros até a praia. Durante os períodos de veraneio, a praia do balneário transforma-se num grande estacionamento, com centenas de carros, que circulam na praia como se fosse uma grande avenida.

Embora áreas recém-criadas por processos naturais sejam protegidas por lei, sempre houve interesse por parte dos órgãos governamentais e imobiliárias em lotear estas áreas, ou mesmo de urbanizá-las para fins recreativos. Sempre houve também interesse em modificar a vegetação de restinga, pois na opinião da população, de uma forma geral, praia bonita é aquela do nordeste, em que coqueiros ou outro tipo de vegetação de maior porte faz parte da paisagem. Como a restinga na região é formada por vegetação rasteira e arbustívora de baixo porte, não se descortina a paisagem cênica pretendida por muitos dos veranistas. Poucos são os interessados em manter estas áreas como elas realmente são, mas poucos sabem que nos brejos da restinga existem espécies de aves em extinção endêmicas da região.



**1953  
Balneário  
Pontal do Sul**

Fig. 3: Fotografia aérea de 1953 da região da Ponta do Poço no Balneário Pontal do Sul

A situação oposta à da progradação da linha de costa analisada neste trabalho é o trecho entre a antiga Ponta de Embarque para a Ilha do Mel e a Ponta do Poço, no qual se constata um recuo da linha de costa (erosão). As fotografias aéreas de 1953 mostram este setor 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 (Figura 3). As fotografias aéreas de 1980 e 1994 (Figura 4) mostram que a drenagem local foi modificada, devido à construção de um canal artificial, o Canal do DNOS, construído no final da década de 1950. A construção deste canal foi efetuada com o objetivo básico de saneamento, que na época significava acabar com as áreas de manguezais, pois uma região rica nesta vegetação era considerada insalubre. A abertura do canal foi efetuada sobre avenidas projetadas no planejamento original do balneário, sendo que sua foz mostrou-se instável desde a abertura do canal. Conseqüentemente, tornou-se necessário estabilizar a foz do rio, cuja execução foi feita pelos moradores locais com pneus e palitos de concreto. Com esta obra, o transporte de sedimentos pela deriva litorânea foi modificado, tendo ocorrido captura da areia na porção anterior ao canal (descrito anteriormente) e erosão na parte posterior. Particulares têm colocado enrocamentos para proteger as suas residências.

O erosão consequente da construção desta obra foi analisada por Krueger *et al.* (1996). A área total erodida entre 1953 e 1996 (Figura 3) foi estimada em 373.427,896 m<sup>2</sup>, tendo ocorrido uma pequena progradação da linha de costa próximo à Ponta do Poço, resultando num aumento em área, na ordem de 3.972 m<sup>2</sup>. O recuo da linha de costa não foi homogêneo em todo o setor, tendo-se encontrado um recuo máximo de 250 m na área próxima à antiga Ponta de Embarque para a Ilha do Mel, resultando numa taxa média anual de 5,8 m/ano no ponto mais crítico. A construção do trapiche da TECHINTE, entre a Ponta de Embarque para a Ilha do Mel e a Ponta do Poço também gerou erosão neste setor, pelas mesmas causas acima mencionadas. Atualmente a área próxima ao Canal do DNOS já evidencia sinais de estabilidade, devido à formação de manguezais e marismas. A erosão, entretanto, começou a atacar as propriedades situadas mais ao norte.

### 3. Métodos de levantamento das variações da linha de costa

No presente artigo adota-se a seguinte definição para 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 por qualquer outra feição que marque o início da área continental. Essa linha pode sofrer uma progradação ou um recuo (erosão) (Suguió, 1992; Angulo, 1994).

Diferentes são os limites adotados para o seu levantamento. Nos levantamentos descritos na seção 4.3, considera-se a separação entre a vegetação e a praia, buscando-se sempre repetir os levantamentos seguindo-se este mesmo limite.

Dentre os métodos empregados na determinação destas linhas e de suas variações pode-se citar: a comparação entre fotografias aéreas de diferentes datas, medições periódicas com teodolitos e níveis de precisão, comparação e análise de imagens de satélites. O método fotogramétrico e as imagens de satélites são alternativas de custo elevado, principalmente se houver necessidade da sua repetibilidade (fotos aéreas). Os equipamentos clássicos de levantamentos (p.ex.: teodolitos, níveis de precisão e estações totais) proporcionam excelentes dados, contudo apresentam limitações em termos da duração do levantamento, degradação da precisão com o aumento da linha de base e das condições atmosféricas. O surgimento do Sistema de Posicionamento Global (GPS), com sua disponibilidade contínua, fácil aplicação, independência em relação às condições atmosféricas e a capacidade em fornecer alta precisão, cativou mais e mais os usuários de diversas áreas. Desde 1996 (Krueger *et al.*, 1996), tem-se empregado este sistema na detecção da variação de algumas linhas de costa sujeitas a progradação e ao recuo, verificando a sua viabilidade; de obter maiores informações sobre a área em estudo, em face da falta de dados atuais; e de manter um



Fig. 4: Fotografia aérea de 1994 da região da Ponta do Poço

cadastro atualizado dessas linhas de costa.

Com este sistema torna-se possível uma coleta contínua das posições à pé ou através de um meio de locomoção e com um intervalo de gravação dos dados superior a 0,5 s (receptores Ashtech Z-XII).

Nestes artigos o GPS foi empregado para monitorar a variação da linha de costa detectada na região entre a Antiga Ponta de Embarque para a Ilha do Mel e a Ponta do Poço e entre a Antiga Ponta de Embarque para o Village, no Balneário Pontal do Sul, município de Pontal do Paraná - PR. O recuo, no 1º trecho é marcado pela presença de falésias com árvores tombadas e muros de proteção nas casas fronteiriças ao mar (Figura 5). No 2º trecho, conforme item 3, verifica-se uma progradação na região.

## 4. Materiais e Métodos

### 4.1 Equipamentos Utilizados

Utilizou-se nos levantamentos descritos na seção 3.3 os seguintes equipamentos:

- 2 Receptores Ashtech ZX-II: estes receptores apresentam as seguintes características principais: operam com 12 canais, possuem portadoras  $L_1$  e  $L_2$  com comprimento de onda completo, aplicam a técnica de *P-W Tracking* e apresentam o módulo diferencial. A eles foram acopladas antenas de dupla frequência;
- Computadores (para o pós-processamento dos dados).

### 4.2 Programas Empregados

Encontram-se no mercado diversos programas GPS, que podem ser comerciais (p.ex. GPPS, PRISM, GPSurvey, RELIANCE) e ou científicos (GEONAP-K, BERNESE). No pós-processamento dos dados coletados nestes levantamentos empregou-se os programas PRISM e GEONAP-K.

#### PRISM

O PRISM (*Ashtech Precision GPS Surveying Software*) é um programa comercial que permite a preparação dos dados brutos, o processamento e o ajustamento deles. É possível trabalhar com dados obtidos em um levantamento estático, estático rápido, cinemático ou pseudocinemático, além de permitir realizar um processamento automático ou manual. Este programa possui diferentes módulos que possibilitam, por exemplo: o planejamento de levantamentos futuros; transformações de RINEX para dados brutos e vice-versa; edição de arquivos brutos; visualização gráfica (*plots*) ou tabular da qualidade dos resultados; transformações entre sistemas de referência e outros. Para aplicações em navegação precisa, deve-se recorrer ao módulo PNAV, o qual combina os dados de dupla-frequência e aplica a técnica OTF. Para maiores detalhes consultar manual técnico do programa PRISM II™ (1994).

**GEONAP** O GEONAP (*GEOdetic NAVSTAR Positioning*) é um programa GPS de processamento de dados geodésicos brutos, inicialmente desenvolvido no *Institut für Erdmessung* (Wübbena, 1991); Hannover; Alemanha. O programa permite o processamento de dados obtidos de um levantamento estático, estático rápido, cinemático ou pseudocinemático, bem como a utilização de diferentes tipos de receptores, emprega observações GPS não-diferenciadas. Obtém-se a avaliação das ambigüidades através da combinação dos códigos e da fase das portadoras, do método geométrico, ou através da utilização dos sinais ionosféricos. Esse programa permite a realização da combinação linear das portadoras  $L_1$  e  $L_2$  e ainda aplica a técnica da *Wide Lane* e da *Extra-Wide Lane*. Uma das grandes vantagens que esse programa apresenta é a modelagem dos parâmetros, os quais podem ser estimados simultaneamente, através de uma combinação do método dos Mínimos Quadrados com o Modelo de Gauss-Markov e do Filtro Kalman. Os parâmetros factíveis de serem estimados são: coordenadas do receptor; erros dos relógios do receptor e do satélite; órbita dos satélites para arcos curtos; atraso do sinal interno no *hardware* do

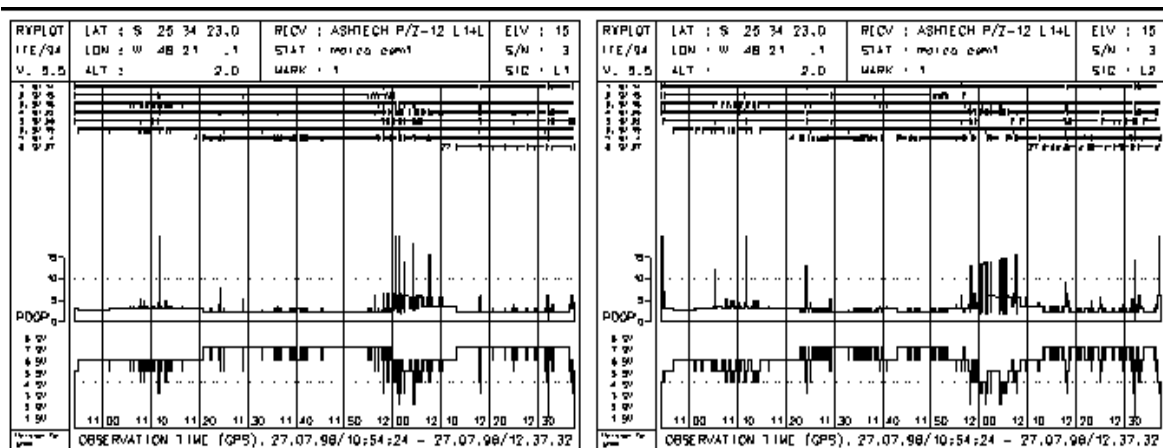


**Fig. 5:** Árvores tombadas na Ponta do Poço, indicando processo de recuo da linha de costa (erosão)

escolha dessa taxa de coleta de dados, foi consequência da pouca capacidade de memória de armazenamento dos dados nos receptores (2Mb) e à não disponibilidade de computadores para a descarga automática em ambas as estações. A estação móvel, nesse caso, fica caracterizada por uma pessoa percorrendo a costa a pé numa velocidade média de 4km/h, com um receptor *Ashtech Z-XII* e a antena cinemática devidamente instalados na mochila *Ashtech*.

A linha de costa foi percorrida no sentido da antiga Ponta de Embarque (Ilha do Mel) para a Ponta do Poço. Nesses levantamentos cinemáticos, realizou-se a inicialização permanendo 5 minutos no ponto inicial das trajetórias a serem descritas (ida e volta). Procurou-se manter a sintonia com pelo menos 4 satélites, utilizar dados de dupla frequência e a combinação dos códigos com as portadoras. Esses fatores, são de extrema importância para quando se deseja recuperar os *Cycles Slips* no método cinemático (SEEBER, 1993). Quando foi detectada a recepção do sinal de no máximo 3 satélites, procurou-se recuperar o sinal de pelo menos mais um satélite. Em geral, foi realizada uma parada com um tempo de observação igual a 1 segundo.

Na Figura 6, observa-se as áreas críticas nos intervalos de tempo compreendidos entre 11 h e 05 min a 11 h e 15 min ( $Dt_1$ ) e entre 11 h e 55 min a 12 h e 10 min ( $Dt_2$ ). Nessa área, foi detectada a presença de obstáculos (vegetação densa) que dificultaram a perfeita sintonia com pelo menos 4 satélites. Nos demais instantes de observação houve pequenas perdas de sinais, mas de forma geral manteve-se a sintonia com pelo menos 4 satélites e no máximo com 8 satélites.



**Fig. 6:** Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP na estação móvel 001 em 1996 - Ponta do Poço

Um outro levantamento cinemático contínuo foi realizado em julho de 1997. Neste levantamento percorreu-se esta linha de costa em sentido contrário (Ponta do Poço @ Antiga Ponta de Embarque para a Ilha do Mel), utilizando-se e empregando-se equipamentos e metodologia acima descritos. A partir dos RXPLOT's, gerados para estes dados coletados, verifica-se também intervalos de tempo com sensíveis perdas de sinal. Estes, correspondem as áreas com presença de obstáculos, citadas anteriormente.

#### b) Levantamento da Linha de Antiga Ponta de Embarque para a Ilha do Mel - Village

Esta linha de costa está compreendida entre a antiga Ponta de Embarque para a Ilha do Mel e o Village, localizados no Balneário de Pontal do Sul. Foram realizados 2 levantamentos, sendo: julho de 1997 e maio de 1998. Foi empregado o método de posicionamento relativo cinemático contínuo, com um intervalo de gravação dos dados igual a 3 s, o marco CEM1 como estação base e a estação móvel, nesse caso, fica caracterizada por uma pessoa percorrendo a costa a pé numa velocidade média de 4km/h, com um receptor *Ashtech Z-XII* e a antena cinemática devidamente instalados na mochila *Ashtech*. No levantamento de 1997, verifica-se nos RXPLOT's (Figura 7 e 8), perdas de sinais (principalmente na estação móvel) e uma elevação do PDOP ( $< 15$ ) para ambas as estações no intervalo de tempo compreendido entre 13h 05m a 13h 30m. Em 1998, observa-se uma redução nas perdas de sinal e um PDOP inferior a 5. Cabe ressaltar que há maiores perdas de sinal para a onda portadora  $L_2$ , que serão eliminadas ou minimizadas a

satélite e do receptor; refração ionosférica e troposférica e ambigüidades. É um programa universal de exploração geodésica muito flexível, que permite a determinação da posição da antena com alta precisão. As principais características desse programa são enumeradas a seguir: trabalha com dados obtidos por diferentes tipos de receptores; emprega observações não-diferenciadas; ajustamento de estações; ajustamento simultâneo; otimização do algoritmo de procura e fixação das ambigüidades. O GEONAP é um pacote de programas. Por ser de caráter científico, exige do usuário experiência, capacidade de interpretação e análise do processamento e dos resultados obtidos (geonap, 1992).

### 4.3 Levantamentos de Campo

Os levantamentos realizados consistem basicamente em:

- a) levantamento da linha de costa - Ponta do Poço (1996 e 1997);
- b) levantamento da linha de costa - Village (1997 e 1998).

#### a) Levantamento da Linha de Costa - Ponta do Poço

Em julho de 1996, foi realizado um levantamento cinemático contínuo desta linha de costa, com a utilização de 2 receptores GPS *Ashtech Z-XII*, uma antena geodésica e uma cinemática. Empregou-se, como estação de referência (estação base - marco CEM1), o marco implantado no Centro de Estudos do Mar (CEM), com um intervalo de gravação dos dados igual a 3 s. A

partir da combinação linear das ondas portadoras (Figuras 9 e 10).

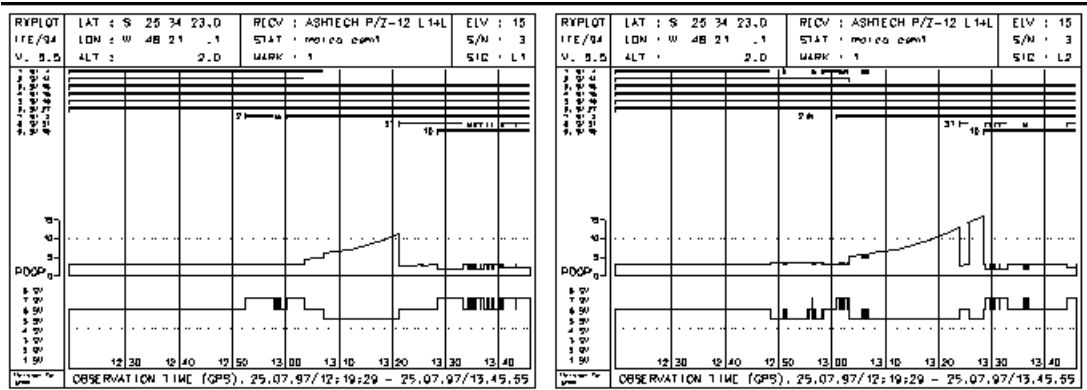


Fig. 7: Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP na estação base CEM1, em 1997

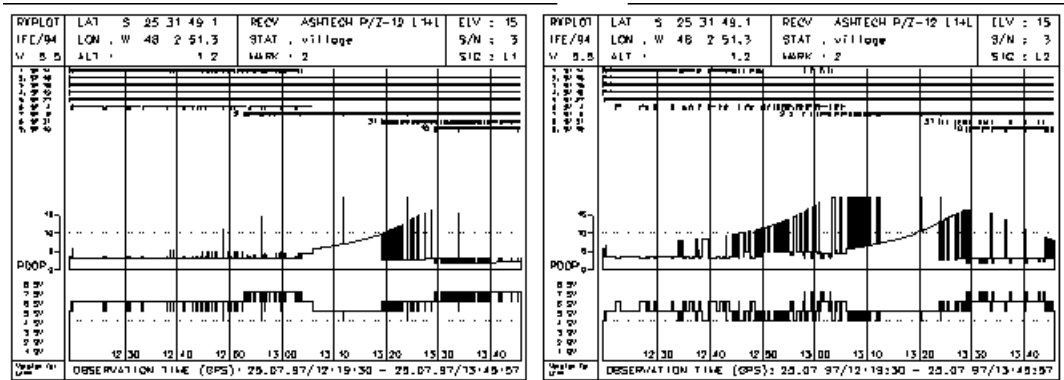


Fig. 8: Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP na estação móvel Village, em 1997

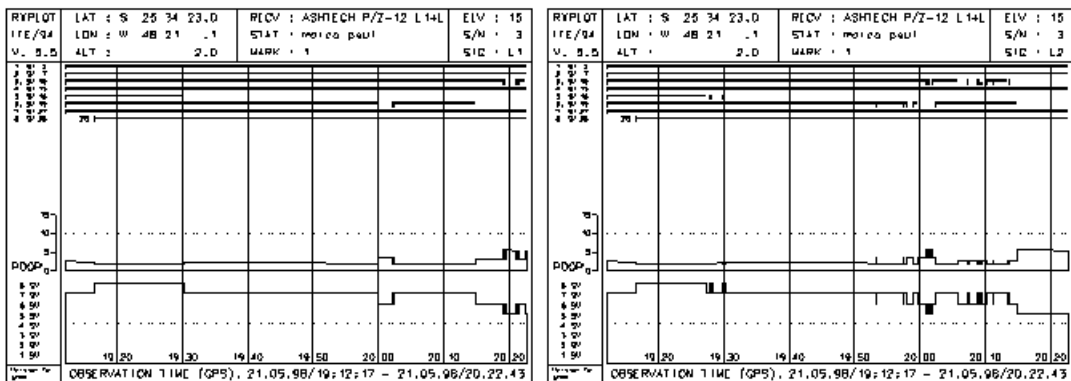


Fig. 9: Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP na estação base CEM1, em 1998

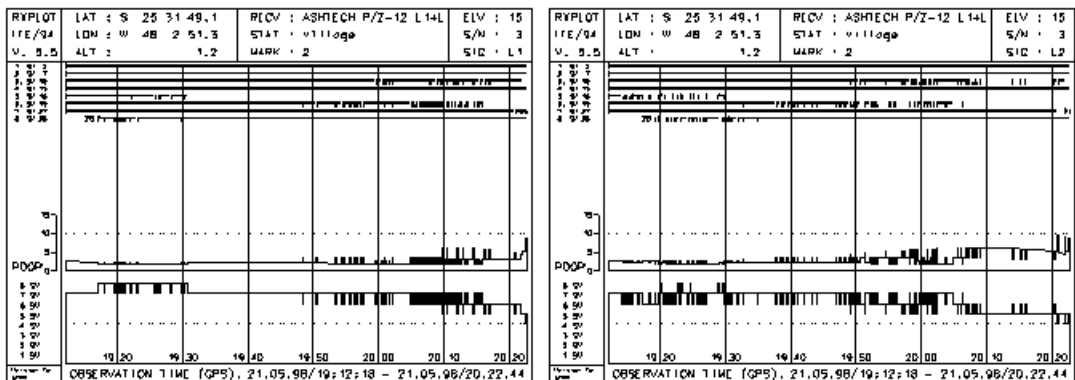


Fig. 10: Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP na estação móvel Village, em 1998

## 5. Resultados

a) Levantamento da linha de costa - Ponta do Poço (1996 e 1997)

Os dados coletados nestes dois levantamentos foram pós-processados com o auxílio do programa PRISM, descrito em 4.1. Na figura 11 observa-se as linhas de costas superpostas, obtidas nos anos de 1996 e 1997. Verifica-se estabilidade da linha de costa neste setor no período de tempo analisado neste trabalho, havendo pequenas diferenças que envolvem tanto progradação como recuo, que podem ser atribuídas ao caminhamento realizado durante os levantamentos, prejudicado pelas árvores tombadas, que impossibilitam delinear a exata posição da linha de costa.

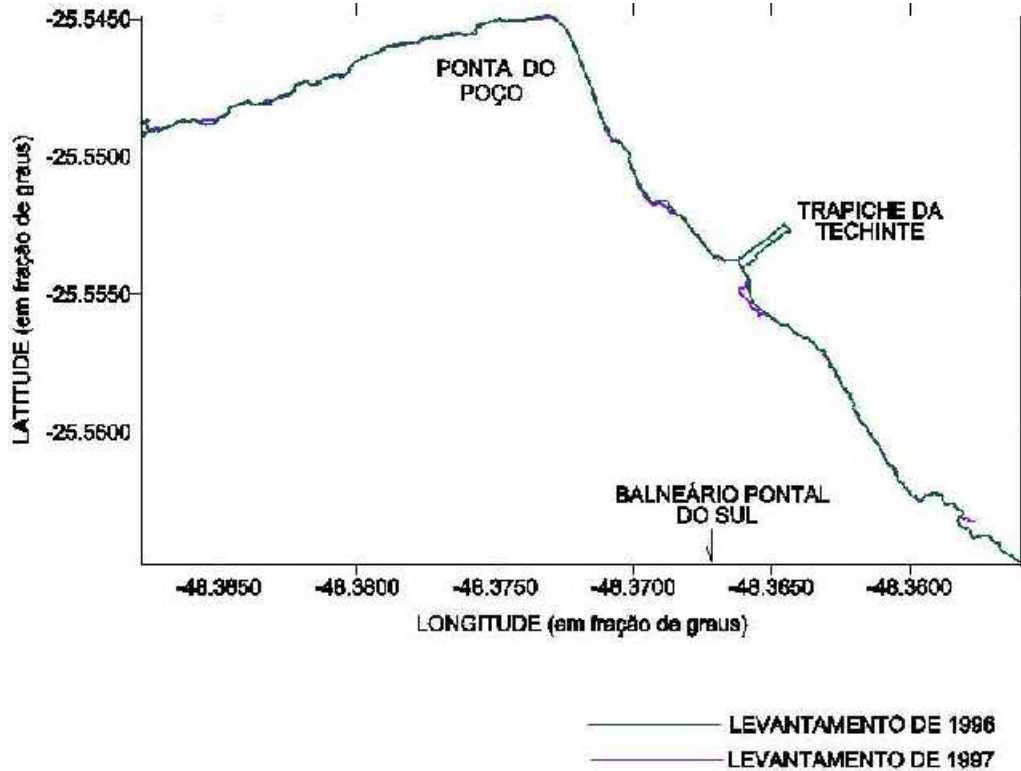


Fig. 11: Sobreposição da linha de costa dos levantamentos efetuados em 1996 e 1997 para a região da Ponta do Poço

O desvio padrão (rms) obtido para a solução gerada para o ano de 1996 pode ser observado na figura 12. Consta-se alguns picos, mas de forma geral estes valores foram inferiores a 0,1m. Verificou-se que os desvios padrão mais elevados foram para as altitudes. Na figura 13 observa-se que o resíduo da fase foi inferior a 0,02 m.

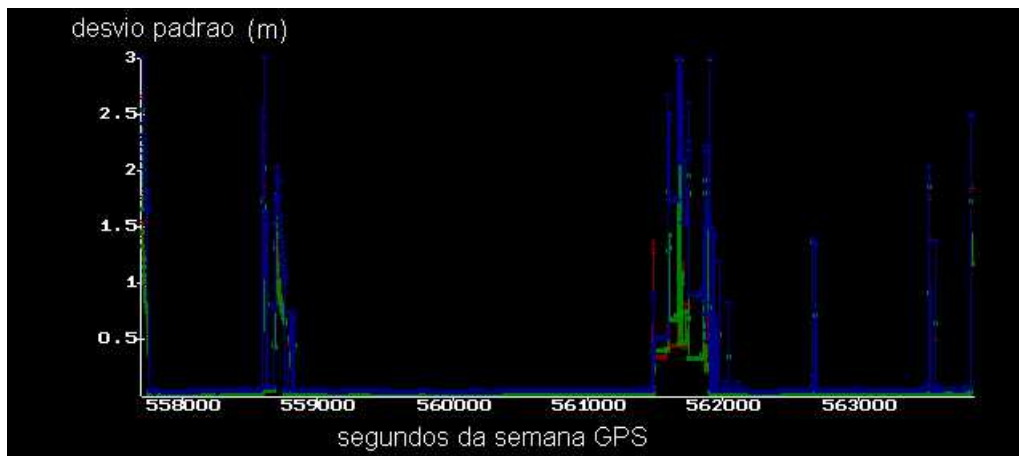
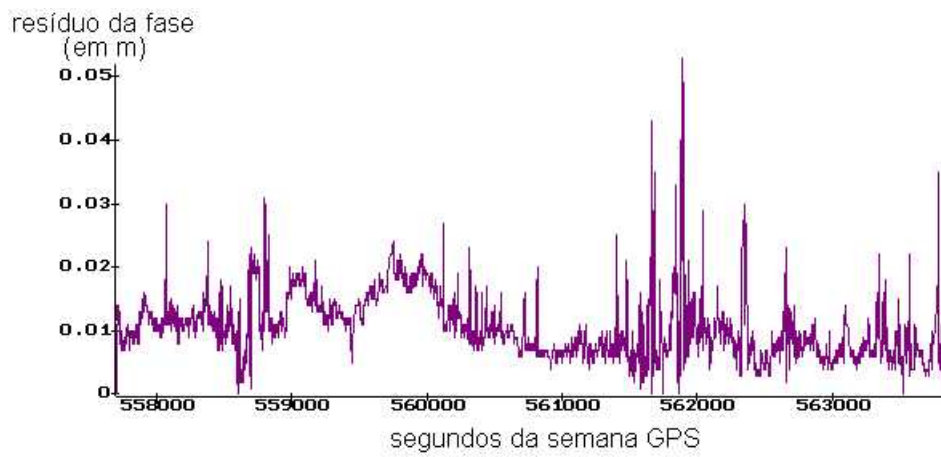
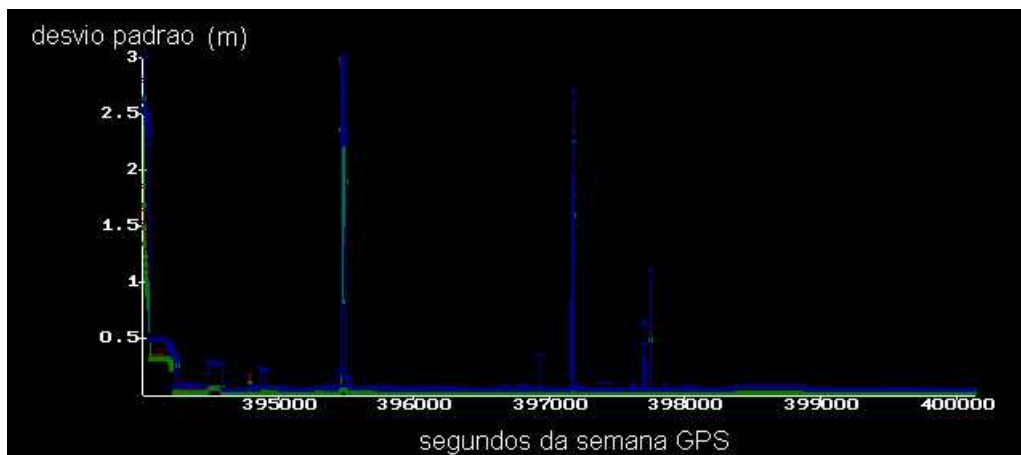


Fig. 12: Desvio padrão (rms) para a solução (1996)

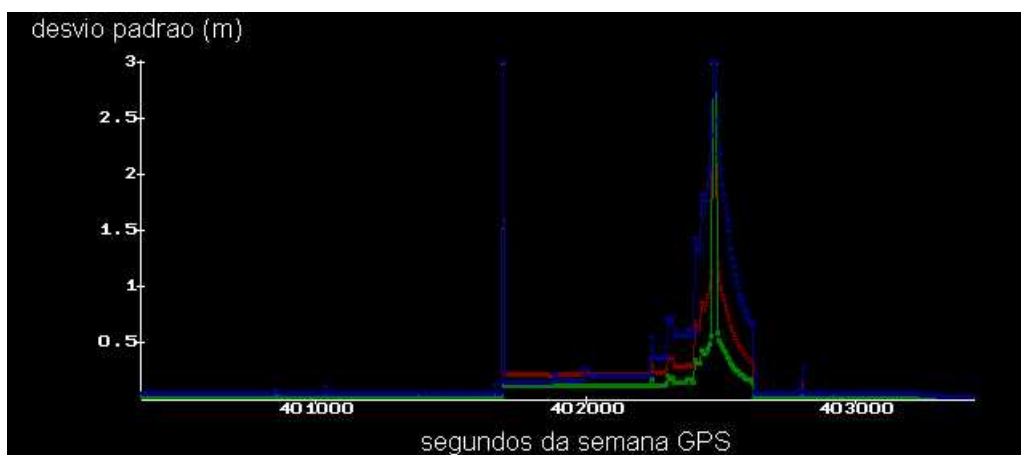


**Fig. 13:** Resíduo da Fase (1996)

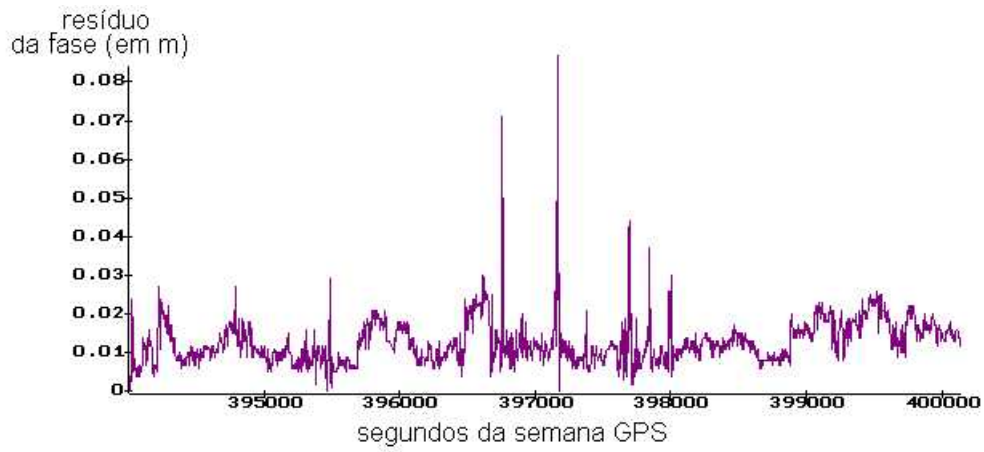
Para a solução gerada para o ano de 1997 verifica-se que o desvio padrão foi de maneira geral inferior a 0,15 m, O resíduo da fase para esta solução foi inferior a 0,02 m.



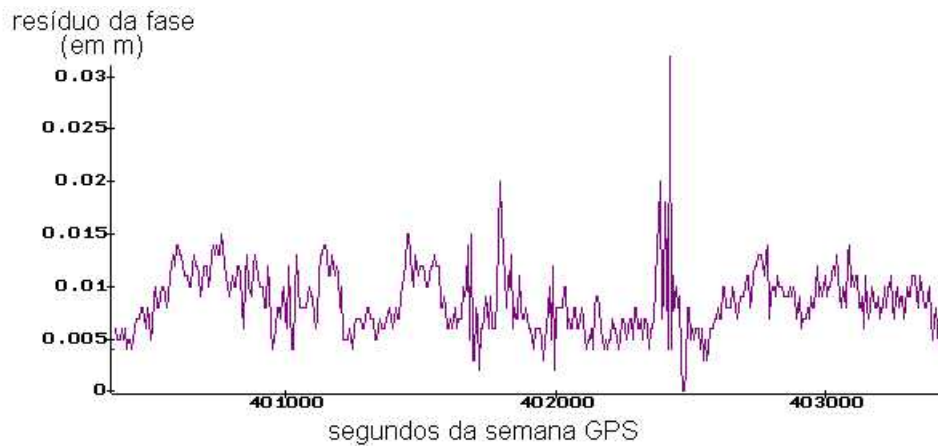
**Fig. 14a:** Desvio padrão (rms) para a solução (1997)



**Fig. 14b:** Desvio padrão (rms) para a solução (1997)



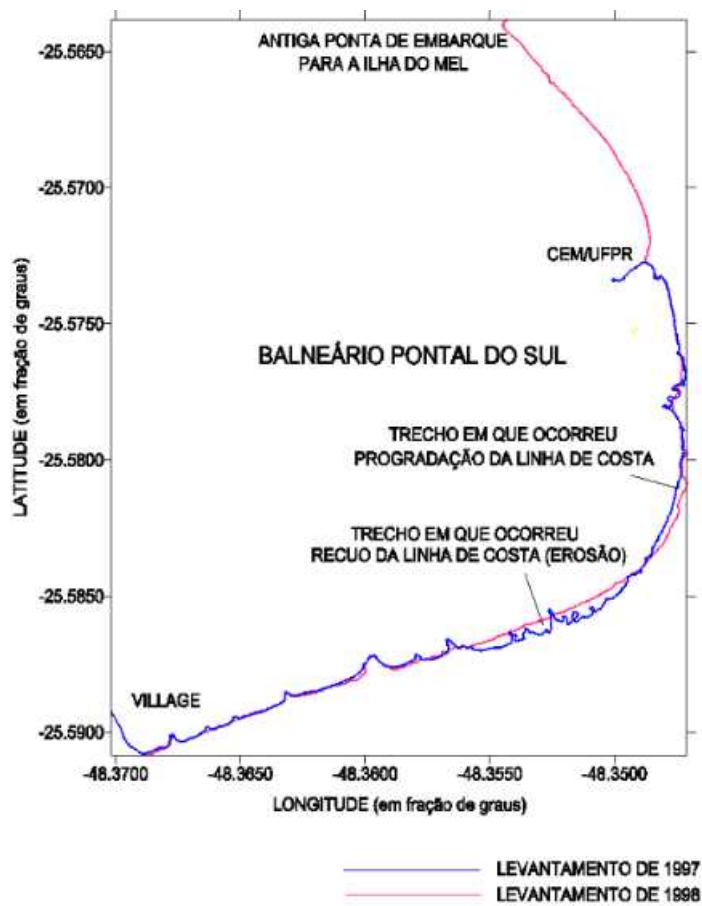
**Fig. 15a:** Resíduo da Fase (1997)



**Fig. 15b:** Resíduo da Fase (1997)

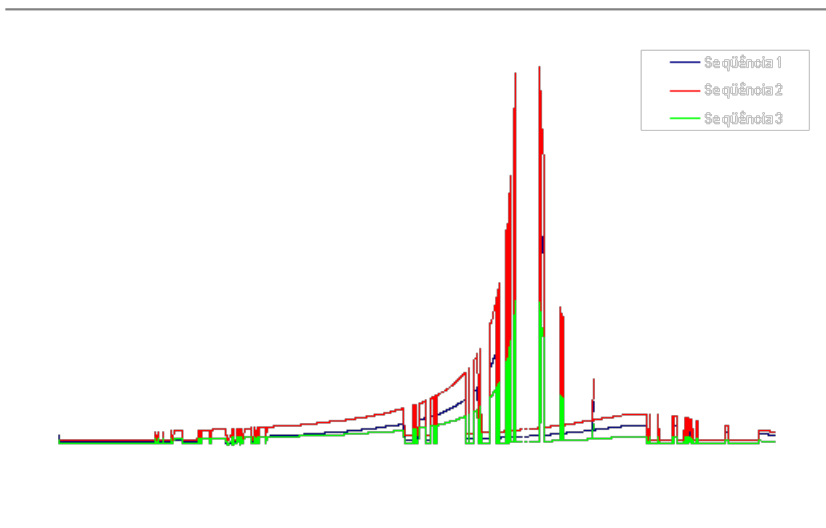
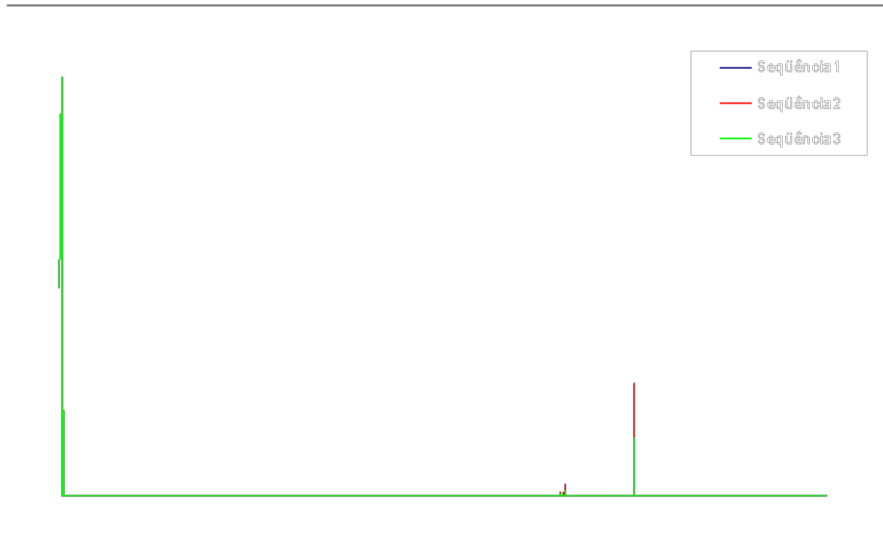
b) Levantamento da linha de costa - Village (1997 e 1998).

Utilizou-se no pós-processamento dos dados coletados nesta linha de costa em 1997 o programa GEONAP e para o ano de 1998 o programa PRISM, descritos em 4.1. As trajetórias descritas estão indicadas na figura 16. Com a superposição destas trajetórias constata-se neste setor houve estabilidade, progradação e recuo da linha de costa, como assinalado na Figura 16. Tanto a progradação como o recuo foram da ordem de metros no intervalo de tempo analisado neste trabalho.



**Fig. 16:** Linhas de costa para o ano de 1997 e 1998 superpostas

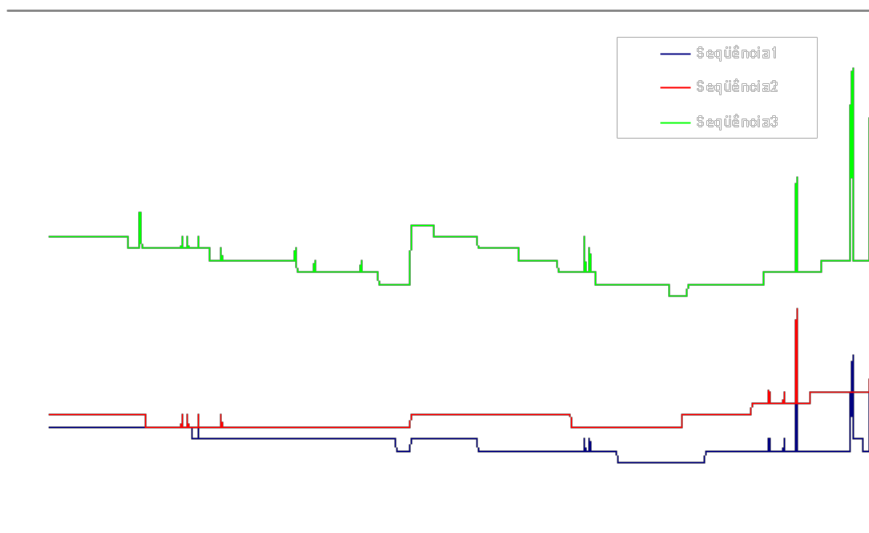
Os desvios padrão obtidos para as coordenadas (X,Y,Z) calculadas com o programa GEONAP podem ser observados na figura 17a. Verifica-se a presença de dois picos e na figura 17b, observa-se estes desvios padrão quando inferiores a 5 m. Constata-se que a grande maioria deles são inferiores a 0,2 m e que no intervalo de tempo GPS compreendido entre 479500 s (13h 11m 40s) a 480000 s (13h 20m 00s) são superiores a 0,5 m.



**Fig. 17a/b:** Desvio padrão (rms) para a solução (1997)

Sendo: Seqüência 1@S<sub>X</sub> , Seqüência 2@S<sub>Y</sub> , Seqüência 3@S<sub>Z</sub> .

Na figura 18, observa-se os desvios padrão para as coordenadas (N,E,h) calculadas com o programa PRISM, cujos valores foram inferiores a 0,03 m. As altitudes apresentam os maiores valores.



**Fig. 18:** Desvio padrão (rms) para a solução (1998)

Sendo: Seqüência 1@S<sub>W</sub>, Seqüência 2@S<sub>N</sub>, Seqüência 3@S<sub>H</sub>.

## 6. Discussões, Conclusões e Recomendações

Na figura 11, levantamento da linha de costa compreendida entre a antiga ponta de embarque para a Iha do Mel e a Ponta do Poço, verificou-se estabilidade da linha de costa para o período de tempo analisado. Ao se analisar as figuras 12 e 14 constata-se que os valores mais elevados nos desvios padrão correspondem aos períodos onde houveram perdas de sinais em função da vegetação ali presente (figuras 6 e 7).

Na linha de costa levantada em 1997 e 1998, trecho compreendido entre o Centro de Estudos do Mar (CEM) e o Village, também verificou-se estabilidade da linha de costa, havendo entretanto alguns setores onde ocorreu progradação ou recuo. Para o levantamento realizado em 1998 os desvios padrão são da ordem de centímetros, contudo para 1997 estes valores são mais elevados. Este fato é consequência das perdas de sinais e da elevação do PDOP que podem ser observados na figura 8.

Embora o sistema GPS seja preciso e prático, nem sempre é possível percorrer exatamente a linha de costa, devido aos obstáculos que se apresentam contribuindo também para as perdas do sinal GPS.

Deve-se procurar realizar um pré-planejamento antes da realização do levantamento de campo, visando detectar em que horário pode-se contar com o maior número de satélites contribuindo para a obtenção de um baixo PDOP. É claro que nem sempre pode-se aliar este melhor horário ao horário de maré baixa necessário para se percorrer algumas linhas de costa.

## 7. Referências Bibliográficas

**Angulo, R.J. 1992.** Geologia da planície costeira do Estado do Paraná. Tese de doutoramento apresentada ao Instituto de Geociências da USP, 334p, inédito.

**Angulo, R.J. 1993.** Variação na configuração da linha de costa no Estado do Paraná nas últimas quatro décadas. *Boletim Paranaense de Geociências*, nº 41, pp. 52-70.

**GEONAP REFERENZ HANDBUCH.** GEOSPACE. 1992. Gesellschaft für Satellitengestützte Geodätische und Navigatorische Technologien mbH, Germany.

**Krueger, C.P.; Soares, C.R.; Marone, E., Riesemberg, C.E.; Pilati, F.B.; Krüger, M.M.; Prado, A; Masuko, H.A. 1996.** Levantamento com GPS da linha de costa na área erosiva da Ponta do Poço (PR). In: *2º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário*, Florianópolis, Anais, III-184 - III-192.

**Krueger, C.P. 1996.** Investigações sobre aplicações de alta precisão do GPS no âmbito marinho. *Tese de doutoramento apresentada ao CPGCG - Universidade Federal do Paraná*. Curitiba, Paraná, 267 p.

**Pilkey, O.H. 1991.** Coastal erosion. *Episodes*, vol. 14, nº 1, pp. 46-51.

**Pilkey, O. H. & Thielert, E.R. 1992.** Erosion of the United States shoreline. *Quaternary Coasts of the United States : Marine and Lacustrine Systems*, SEPM Special Publication nº 48, 7 p.

**PRISM ASHTECH,1996.**

**Seeber, G. 1993.** *Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications*. Berlin - New York.

**Soares, C.R. 1994.** Exame geral de qualificação: I) processos costeiros; II) erosão marinha, III) técnicas para o monitoramento das variações da linha de costa. Unesp, 147 p, inédito.

**Soares, C.R.; Paranhos F° , A.C.; Souza, M.C.; Branco, J.C.; Fabianovicz, R.; Prazeres F° , H.; Kogut, J.S. 1994.** Variações na linha de costa no Balneário Pontal do Sul (PR) no período 1953-1993: um balanço sedimentar. *Boletim Paranaense de Geociências*, nº 42, p. 161 - 171.

**Soares, C.R.; Angulo, R.J.; Lessa, G.C. 1997.** Morfodinâmica de ambientes atuais, evolução da planície durante o Quaternário e problemas de erosão costeira. *VI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, Curitiba, Publicação Especial nº 2 (Roteiro da Excursão ao Litoral do Paraná), 127p.

**Suguio, K. 1992.** *Dicionário de geologia marinha*. São Paulo, T.ª Queiroz, 171 p.

**WÜBBENA, G. 1991.** Zur Modellierung von GPS-Beobachtungen für die hochgenaue Positionsbestimmung. *Tese*, Nr.168, Institut für Erdmessung, Universität Hannover.