

---

## MONITORAMENTO GEODÉSICO DA LINHA DE COSTA COM O EMPREGO DO GNSS

RODRIGO MIKOSZ GONÇALVES<sup>1</sup>  
CLÁUDIA PEREIRA KRUEGER<sup>2</sup>  
LEANDRO DOS SANTOS COELHO<sup>3</sup>  
BERNHARD HECK<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Centro de Tecnologia e Geociências – CTG, Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife-PE  
rodrigo.mikosz@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba-PR, ckrueger@ufpr.br

<sup>3</sup>Pontifícia Universidade Católica do Paraná, (PUC-PR)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Curitiba-PR, leandro.coelho@pucpr.br

<sup>4</sup>Karlsruhe Institute of Technology

Geodetic Institute Karlsruhe, Karlsruhe, Alemanha, heck@gik.uni-karlsruhe.de

---

**RESUMO** - O desafio inicial para detecção e monitoramento da linha de costa é desenvolver uma técnica capaz de identificar e mapear a feição denominada como “linha de costa”. Muitas praias são conhecidas por possuírem ocorrência de erosão costeira. No Brasil, a ocupação desordenada agrava essa situação e centenas de praias estão sob efeitos severos de erosão. Este trabalho apresenta o monitoramento geodésico da linha de costa por meio do GNSS (*Global Navigation Satellite System*) que vem sendo efetuado no município de Matinhos no Estado do Paraná, para os anos de 2001, 2002, 2005, 2007 e 2008. Como resultado deste trabalho gerou-se um banco de dados com as posições da linha de costa visando o monitoramento da área de estudo e subsídios para modelagens de tendência.

**ABSTRACT** – The first challenge for shoreline detection and monitoring is the development of a technique able to identify and mapping the feature called “shoreline”. Many beaches are known for having coastal erosion. In Brazil, the non-planned settlement contribute to make this situation worse and hundreds beaches are over severe erosion. This paper shows the geodetic monitoring using GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) for shoreline that has been done at the district of Matinhos, State of Paraná, Brazil, for the years 2001, 2002, 2005, 2007 and 2008. The results of this work is a data bank with the positions of shoreline to monitoring the study area and to be source of data for predictions models.

---

### 1 INTRODUÇÃO

O monitoramento de linha de costa se beneficia do estado da arte do posicionamento global (GNSS - *Global Navigation Satellite Systems*) através de levantamentos geodésicos usando o sistema americano GPS (*Global Positioning Systems*); o sistema russo GLONASS (*GLOBAL NAVIGATION Satellite System*); e em breve o sistema europeu Galileo e o sistema chinês *Beidou* (*Compass*).

Outras técnicas que são utilizadas para o mapeamento de linha de costa são as relacionadas ao Sensoriamento Remoto, e entre as mais utilizadas encontram-se: imagens de satélites, fotografias aéreas

(aerofotogrametria) e dados (levantamentos) LIDAR (*Light Detection and Ranging*).

Monitorar a estabilidade costeira é vital para gestão do meio ambiente e faz parte do conjunto de tarefas e atividades que contribuem com o gerenciamento costeiro.

Monitorar é essencial para reunir e organizar com consistência o conjunto de dados posicionais que represente a evolução da posição da linha de costa em uma determinada área de estudo.

Mediante o monitoramento contínuo, profissionais responsáveis por tomar decisões são informados sobre os agentes e variáveis que envolvem o comportamento da linha de costa.

O *Metropolitan Borough of Sefton* (2002) apresentou uma lista dos benefícios em obter informações a respeito da evolução de linha de costa:

- providenciar dados de entrada para verificar a posição da linha de costa e seu planejamento;
- planejar a manutenção de defesas costeiras;
- demarcar locais de risco;
- determinar um apropriado critério de ocupação;
- gerar um plano de ação a respeito da biodiversidade; e
- programar normas para habitação e aprendizado para gestão de áreas costeiras.

Este artigo está organizado da seguinte maneira: na seção 2, apresenta-se a área de estudo. Na seção 3, a definição de linha de costa para o monitoramento. Na seção 4, o método de monitoramento pelo GNSS que vem sendo aplicado na área de estudo. Na seção 5 os resultados obtidos e por fim as conclusões na seção 6.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo refere-se a uma região costeira do litoral paranaense de aproximadamente 6 km de extensão de linha de costa onde estão localizados os balneários do município de Matinhos (Figura 1) chamados de Caiobá e Matinhos.

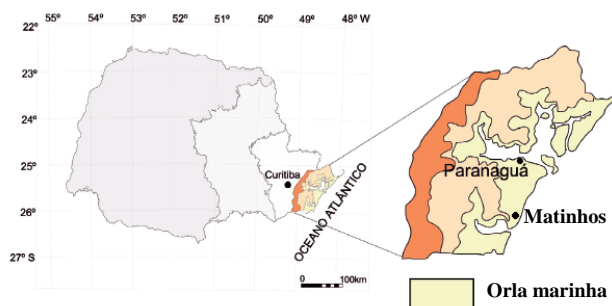


Figura 1 – Localização do Município de Matinhos no litoral paranaense. FONTE: ÂNGULO (2004).

O uso das praias no litoral centro-sul paranaense tem se caracterizado pela ocupação junto à linha de costa ou mesmo sobre a praia, pela destruição das dunas frontais, pelo aterro de brejos e pela descaracterização de rios e córregos (PIERRI *et al.*, 2006). Os processos de erosão foram detectados a partir da década de 70, quando a ocupação costeira foi intensificada próximo à praia.

Nas Figuras 2 e 3 são apresentadas duas fotografias do local de estudo, tomadas em junho de 2008, quando se verificou *in loco* que os problemas de erosão costeira continuam presentes.



Figura 2 – Fotografia da área de estudo tomada em julho de 2008, mostrando a rua com tráfego de veículos e construções muito próximo da linha de costa.

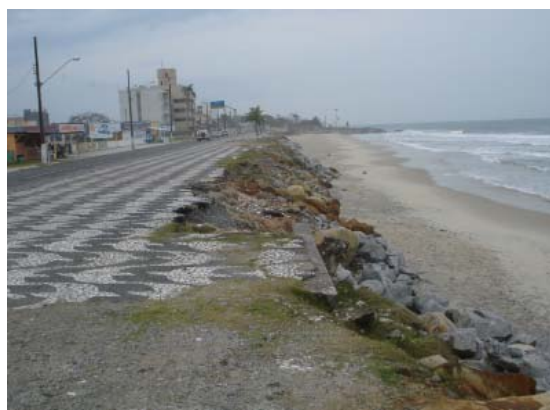


Figura 3 – Fotografia da área de estudo tomada em julho de 2008, mostrando a linha de costa sobre a calçada.

## 3 LINHA DE COSTA

O conceito de linha de costa é simplesmente o *limite entre o continente e o mar*. É necessário, de acordo com a aplicação, definir o que seria exatamente esse limite de separação entre estas duas porções: mar e continente.

O LAGE (Laboratório de Geodésia Espacial) da UFPR (Universidade Federal do Paraná) vem empregando a seguinte definição para 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* (SUGUIO, 1992).

Para esclarecer esta definição faz-se o uso das Figuras 4 e 5, que mostram exemplos de dois cenários encontrados na área de estudo e a posição da linha de costa utilizada traçada na fotografia. No exemplo da Figura 4 a linha de costa é o *limite entre a vegetação e a praia*; no segundo caso da Figura 5 a linha de costa é o

limite do continente caracterizado pela infra-estrutura urbana considerada como *feição que demarca o início da área continental no alcance máximo das ondas*.



Figura 4 – Diferentes configurações de linha de costa: limite entre a vegetação e a praia.



Figura 5 – Diferentes configurações de linha de costa: limite entre a praia e o continente (calçada).

### 3 MONITORAMENTO POR MEIO DO GNSS

Desde 1996, o LAGE coleta dados usando o posicionamento por satélites na costa do Estado do Paraná. Alguns projetos de pesquisa, projetos finais de graduação, dissertações de mestrado e teses de doutorado foram desenvolvidos envolvendo o tema sobre mapeamento costeiro.

Entre eles citam-se TEDESCO *et al.* (2000), SOUZA (2002), BABINSCK (2006), ZEFERINO (2007), TANAJURA (2008) e MAIA e MAZUR (2008).

As questões referentes ao posicionamento geodésico e avaliações de diferentes métodos de processamento de dados GPS utilizando diferentes estações bases e técnicas com aplicações em áreas costeiras podem ser encontradas em TANAJURA (2008).

Em ZEFERINO (2007) faz-se uma comparação utilizando diferentes receptores GPS demonstrando suas limitações e precisões encontradas em um experimento prático para o mapeamento da linha de costa.

SOUZA (2002) avalia variações volumétricas

temporais utilizando levantamentos GPS para uma determinada área costeira localizada no istmo da Ilha do Mel no Paraná.

TEDESCO *et al.* (2000) e BABINSKY (2006) realizam experimentos com a utilização do GPS para o mapeamento costeiro juntamente com análise de extração de linha de costa com o uso de sensoriamento remoto e câmaras fotogramétricas de pequeno formato, respectivamente.

O levantamento geodésico de linha de costa em Matinhos vem sendo efetuado através do método de posicionamento relativo cinemático. A estação base é instalada no ponto denominado “PEDRA” com coordenadas geodésicas conhecidas ( $25^{\circ}49'05,7799''S$ ,  $48^{\circ}31'49,1364''W$ ) referenciadas ao *datum* WGS-84.

Em campo é instalado um receptor geodésico GPS (*Global Position System*) de dupla frequência na estação base (Figura 6), onde o receptor é configurado para coletar dados brutos a cada 3 segundos.



Figura 6 – Fotografia do marco utilizado como estação base na área de estudo, tomada em julho de 2008.

Equipamentos móveis de dupla frequência (ou simples, nos levantamentos para os anos de 2001, 2002, 2005) configurados para um intervalo de gravação de dados de 3 segundos, no modo cinemático, com máscara de elevação de  $10^0$  são utilizados para percorrer a linha de costa a pé.

Para o ano de 2008 foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Receptor GPS Leica 900CS (antena ATX900), L1/L2 (estação móvel);
- Receptor GPS Trimble 4000SSi (antena TRM 22020-00), L1/L2 (estação base);

O número de pessoas necessárias para efetuar este mapeamento é de no mínimo três. Um para instalar e cuidar do equipamento que fica na estação base, no caso o marco geodésico PEDRA, e duas pessoas com receptores GPS móveis para realizar o caminhamento sobre a linha de costa. Sendo assim o levantamento cinemático é realizado por essas duas pessoas, sendo que cada uma

delas parte de uma extremidade da linha de costa em estudo, e se encontram no decorrer do trecho.

Os dados são pós-processados em *software* comercial no caso o *GPS Ashtech Solutions 2.6*.

#### 4 RESULTADOS

O monitoramento geodésico da posição da linha de costa em Matinhos vem sendo realizado com o objetivo de formar um banco de dados temporal. Nele são apresentadas informações referentes à obtenção da respectiva linha.

Como resultado deste trabalho apresenta-se um banco de dados com informação de linhas de costa obtidas por posicionamentos relativos cinemáticos para os anos de 2001, 2002, 2005, 2007 e 2008.

As linhas de costa temporais foram colocadas em camadas no *software* Spring 4.3.3 (CÂMARA *et al.*, 1996), todas transformadas para o mesmo sistema geodésico de referência, no caso o WGS-84, com coordenadas planas (UTM).

Foi escolhido o WGS-84 como sistema geodésico de referência, pois este é o sistema utilizado pelas cartas náuticas fornecidas pela DNH (Diretoria de Hidrografia e Navegação) no Brasil. A Figura 5 apresenta a posição da linha de costa para o ano de 2008.

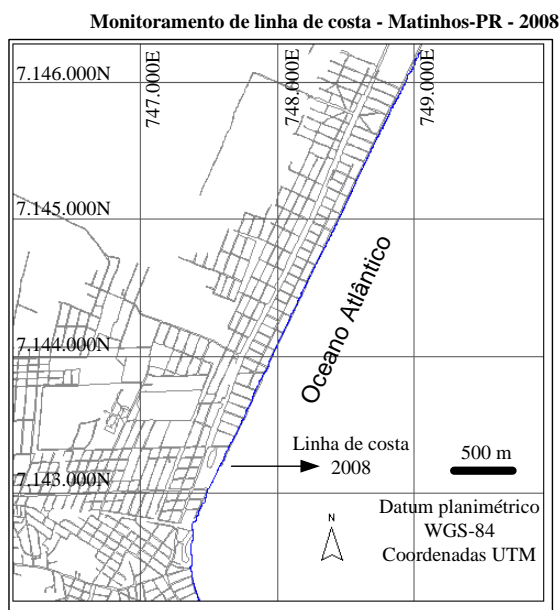


Figura 7 – Linha de costa mapeada para o ano de 2008.

Para os mapeamentos efetuados com GPS (2001, 2002, 2005, 2007 e 2008) após o re-processamento dos dados brutos obtidos de linha de costa com o método relativo cinemático filtraram-se os dados. Foram selecionados aqueles em que a componente das incertezas planimétricas fossem menores que 20 cm, valor este adotado em função do conjunto de dados processados,

visto que apenas poucos dados ultrapassavam esse limiar imposto.

#### 5 CONCLUSÕES

O monitoramento cinemático GNSS é visto como uma boa solução para pequenas áreas de estudo desde que a equipe de campo esteja treinada para identificar a feição definida como linha de costa.

O ideal seria o levantamento de dados mínimo anual na área de estudo, com o objetivo de acompanhar a erosão costeira e manter o banco de dados atualizados.

O conhecimento da posição da linha de costa no decorrer do tempo é importante para verificar a sua variabilidade. As posições da linha de costa, no passado e no presente são importantes informações para modelagens de tendência da sua posição.

Para o estudo e monitoramento de linha de costa em Matinhos recomenda-se dar continuidade nos projetos que envolvam novos levantamentos geodésicos.

Novas informações, além de aumentar as amostras temporais, contribuem diretamente no monitoramento e desempenho dos modelos de tendência.

#### AGRADECIMENTOS

RMG agradece à Universidade Federal do Paraná e ao Instituto de Geodésia de Karlsruhe (GIK) na Alemanha pelas acolhedoras estruturas e suporte para pesquisa.

RMG agradece o suporte financeiro, com o apoio de bolsa de doutorado do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento) e período sanduíche no Instituto Tecnológico de Karlsruhe (KIT) pelo projeto PROBRAL (CAPES/DAAD) (Brasil/Alemanha) com bolsa da CAPES.

#### REFERÊNCIAS

ANGULO, R. J. Mapa do cenozóico do litoral do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba, Editora da UFPR, n. 55, 2004. p. 25-42.

BABINSCK A. P. **Determinação da linha de costa por meio da monorestituição digital de imagens de câmaras de pequeno formato e técnicas GPS**. Dissertação (Mestrado) – UFPR. 2006.

CÂMARA, G.; SOUZA R. C. M.; FREITAS U. M.; GARRIDO J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, 1996. p. 395-403.

MAIA, R.; MAZUR S. **Dinâmica de linha de costa: mapeamento e monitoramento**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Cartográfica), UFPR, 2008. 73p.

METROPOLITAN BOROUGH OF SEFTON, 2002. **Shoreline monitoring annual report 2001/2002.** Disponível em <[http://www.sefton.gov.uk/pdf/TS\\_cdef\\_monitor\\_20012.pdf](http://www.sefton.gov.uk/pdf/TS_cdef_monitor_20012.pdf)>. Acesso: 14 novembro 2008.

PIERRI, N.; ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C.; KIM, M. K. **A ocupação e o uso do solo no litoral paranaense: condicionantes, conflitos e tendências.** Desenvolvimento e meio ambiente. Ocupação e uso do solo costeiro um mosaico de diversidade, editora UFPR, n. 13, 2006. p. 137-167.

SOUZA, E. C. B.; KRUEGER, C. P. Determinação das Variações Volumétricas Ocorridas no Istmo da Ilha do mel Utilizando o GPS. In: COBRAC2002 - Congresso Brasileiro de cadastro Técnico Multifinalitário, 2002, Florianópolis. **Anais do COBRAC2002 - Congresso Brasileiro de cadastro Técnico Multifinalitário**, v. 1, 2002. 1-12p.

TANAJURA, E. L. X. **Investigações quanto aos parâmetros que influenciam no processamento de dados GPS visando a geração do MDT do Esporão Arenoso da Ilha do Mel.** Dissertação de Mestrado. UFPR, 2008. 120p.

TEDESCO, A.; TEIXEIRA E. E.; LANDOVSKY S. G. **Uso das técnicas de posicionamento por satélites e sensoriamento remoto para monitoramento do impacto ambiental decorrente da ação antrópica na região de matinhos (PR).** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Cartográfica), UFPR, 2000. 141p.

ZEFERINO, C. C. **Investigações de alguns métodos de posicionamento e receptores GPS na determinação das linhas de costa de Matinhos com uma análise temporal.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Cartográfica), UFPR, 2007.