

ANÁLISE DOS MÉTODOS DE MAPEAMENTO E PROCESSAMENTO GNSS (*GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS*) APLICADOS NA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DA TRAJETÓRIA DA LINHA DE COSTA

Thomás de Lima Martins¹; Rodrigo Mikosz Gonçalves²

¹Estudante do Curso de Engenharia Cartográfica - CTG – UFPE; E-mail: thomaslmartins@gmail.com;

²Docente/pesquisador do Depto de Engenharia Cartográfica – CTG – UFPE. E-mail: rodrigo.mikosz@ufpe.br.

Sumário: Um dos usos práticos do GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) é o levantamento costeiro da feição chamada de linha de costa. A linha de costa é uma das feições cartográficas mais dinâmicas em um ambiente costeiro. O objetivo deste trabalho foi utilizar o levantamento geodésico GNSS para determinar as coordenadas (trajetória) da posição espacial da linha de costa em um determinado instante de tempo aplicado ao estudo de caso na praia de Boa Viagem em Recife-PE. Os resultados encontrados demonstram que o levantamento pelo método RTK foi mais preciso que o levantamento realizado pelo método cinemático: o primeiro obteve precisão horizontal de suas coordenadas com média de 7.6 mm, enquanto que o segundo de 11.84 cm. Quando comparado as duas linhas de costa obtidas pelos métodos em um conjunto com 96 amostras foram encontrados uma diferença média de 30.1 cm com desvio padrão de 61.3 cm.

Palavras-chave: GNSS; linha de costa; posicionamento geodésico

INTRODUÇÃO

A linha de costa é definida como a feição no plano horizontal que limita a área seca do continente com a parte onde há efetiva ação das águas, onde o local esteja fora do alcance das águas incluindo as maiores marés de sizígia. Detalhes descrevendo a importância do monitoramento e técnicas de extração da linha de costa podem ser encontrados em Boak e Turner (2005). Uma tecnologia que já faz parte da vida, não só da comunidade científica, mas também de usuários em geral, devido a precisão que o GNSS possibilita no posicionamento, ele tem sido utilizado para diversos fins operacionais, desde uma simples navegação por aventureiros, até a realização de posicionamento de ordem milimétrica. (MONICO, 2008). Uma das áreas que se beneficiaram com o avanço no posicionamento global foi o monitoramento costeiro (TANAJURA, 2008). Os métodos diferenciais de posicionamento se caracterizam pelas suas particularidades de obtenção de coordenadas geodésicas em tempo real. O princípio do método diferencial consiste no posicionamento de uma estação móvel através das correções diferenciais geradas na estação de referência. Essas correções são enviadas em tempo real por meio de um sistema de comunicação (rádio de transmissão, linha telefônica ou satélites de comunicação) e dentro de um formato apropriado (SEEBER, 2003; MONICO 2008). Um posicionamento relativo é caracterizado pelo rastreamento simultâneo dos satélites em, no mínimo, dois receptores. Um receptor deve ser instalado em uma estação de coordenadas conhecidas, denominada de base, e o outro aparelho é instalado no local onde se deseja obter as coordenadas geodésicas,



denominado de estação móvel ou itinerante (SEEBER, 2003; MONICO 2008). Neste contexto, o presente trabalho visou analisar a aplicabilidade dos levantamentos geodésicos cinemáticos para determinar a posição da linha de costa utilizando diferentes métodos e processamentos.

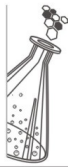
MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo foi selecionada por ser uma das áreas de maior aglomeração populacional do município, além de outras particularidades é uma área costeira residencial e comercial. Ela se estende pela praia de Boa Viagem (Recife), onde vem sendo monitorada pelo Laboratório de Cartografia Costeira (LACCOST) da UFPE. O bairro de Boa Viagem, é um dos barros mais importantes da cidade do Recife. Nesse estudo foram utilizados os seguintes materiais: Dois pares de receptores GNSS: *Topcon Hiper Lite Plus* e *Leica Viva GNSS GS15*, imagem Geoeye (2011), softwares AutoCAD® 2014, ArcGIS 10, Leica GeoOffice 8.2, ProGRID 2010, Topcon Link 8.2 e *Tool Detect Shifting Toolbox®* para ArcGIS. Os levantamentos geodésicos foram realizadas no dia 5 de Agosto, com a realização da medição da Linha de Costa de parte do bairro de Boa Viagem, partindo do Terceiro Jardim de Boa Viagem, seguindo o planejamento com a amplitude de preamar. Os receptores da Topcon foram utilizados para o levantamento pelo método RTK, enquanto que os outros, da Leica, foram utilizados para o levantamento cinemático relativo. Para a medição da linha de costa, o receptor da Topcon utilizado como fixo (que serviu como base), ficou instalado em um marco geodésico (ver tabela 1a) da Prefeitura do Recife, localizado no Terceiro Jardim de Boa Viagem (Av. Boa Viagem, no canteiro em frente ao prédio nº 1958), e o outro receptor Topcon considerado como móvel, foi deslocado no modo RTK no sentido de caminhamento para Boa Viagem (Norte - Sul). Houve a necessidade da determinação de um novo ponto que serviria de base para o levantamento cinemático. Utilizou-se o método RTK para tal tarefa, escolheu-se um ponto bem definido no entorno e determinou-se, via método RTK, as coordenadas (também em SIRGAS-2000) desse ponto e suas respectivas precisões (ver tabela 1b):

Tabela 1 – Coordenadas UTM da Base 1 (a) e Base 2 (b)

(a)		(b)		
Coordenadas UTM		Coordenadas UTM	Precisão	
E:	291946.791 m	E:	291956.627 m	0.0009 m
N:	9103236.979 m	N:	9103233.184 m	
H (ortométrica):	4.533 m	H (ortométrica):	4.159 m	0.011 m

Após efetuado o levantamento de campo, os dados foram organizados e processados. Os dados do levantamento RTK, correspondendo as coordenadas da linha de costa não precisaram de pós processamento. Por sua vez, os dados provenientes do levantamento cinemático, com o outro equipamento (receptores Leica) utilizado no teste, necessitaram de um pós processamento em laboratório. Para esta etapa foi utilizado o software *Leica GeoOffice*. Nele foram feitos: o processamento dos dados, geração do relatório e por fim, exportação dos dados para o formato *dwg*. No caso deste levantamento, as coordenadas tiveram que ser convertidas de geodésicas (latitude, longitude ou φ , λ) para coordenadas UTM (*E*, *N*) por meio do software *Progrid* para compatibilizar todas as coordenadas que estavam em UTM. Todos os dados encontram-se no mesmo sistema geodésico de referência, no caso o *Datum* planimétrico oficial do nosso país, o SIRGAS 2000. Para mensurar a diferença entre as duas linhas de costa, utilizou-se uma rotina no



software ArcGIS na linguagem de programação *Python*, que foi desenvolvida por uma ex-pesquisadora do LACCOST na extensão *Detect Shifting Toolbox*® (BARTELT, 2012). O software utiliza as distâncias dos transectos entre a linha considerada como base (RTK) e a que está sendo feita a comparação (cinemático relativo). Foram configuradas uma distância de 10 em 10 m com um comprimento de 50 m para os transectos perpendiculares a linha de base.

RESULTADOS

Após a realização do pós-processamento em laboratório dos dados provenientes do levantamento cinemático foi obtido a tabela 2 referentes as coordenadas corrigidas e suas respectivas precisões horizontais. A extensão total da linha de costa foi de 890 m, desse modo originaram-se muitos pontos coletados, tornando-se inviável mostrar todos os dados e respectivas acurácias. Sendo assim, escolheu-se uma pequena amostra dos dados para ser representada (tabela 2a). De maneira análoga, gerou-se uma tabela reduzida para o pelo levantamento pelo método RTK (tabela 2b):

Tabela 2 – Parte das coordenadas levantadas pelo método cinemático (a) e RTK (b) e suas precisões horizontais

(a)				(b)			
Ptos	N (m)	E (m)	Precisão (m)	Ptos	N (m)	E (m)	Precisão (m)
1	9103222.951	291978.265	0.0283	1	9103222.209	291977.168	0.006
2	9103158.073	291945.748	0.2490	2	9103204.605	291969.093	0.008
3	9103134.511	291935.700	0.063	3	9103191.092	291962.494	0.009
4	9103113.603	291926.024	0.031	4	9103177.241	291955.232	0.008
5	9103091.235	291915.864	0.027	5	9103164.661	291949.883	0.009

A tabela 3 apresenta a comparação da trajetória obtida pelos dois métodos de levantamento geodésico através do software *Detect Shifting Toolbox*, nesta tabela é possível verificar o conjunto total de amostras, a média dos deslocamentos, o deslocamento máximo e mínimo e o desvio padrão obtido:

Tabela 3 – Dados do *Detect Line Shifting*

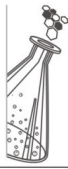
Quantidade de Transectos	Média dos desvios entre as linhas de costa	Deslocamento Mínimo	Deslocamento Máximo	Desvio Padrão
93	0.301 m	-1.462 m	2.104 m	0.613 m

DISCUSSÃO

É possível perceber, de acordo com os dados numéricos das tabelas 2a e 2b, que as acurácias das coordenadas obtidas pelo método RTK foram muito melhores do que as obtidas pelo levantamento cinemático: enquanto as primeiras tiveram precisão de ordem milimétrica com média de 7.6 mm, as segundas resultaram numa precisão na ordem do centímetro com média aritmética do conjunto de dados de 11.84 cm. Os resultados da tabela 3 indicam que o percurso da trajetória formada pelas duas linhas de costa foram divididas em 93 transectos, separados em intervalos regulares de 10 metros, gerando como média dos deslocamentos nesta comparação de aproximadamente 30 cm, com valores de deslocamentos mínimo e máximo de -1.4 m e 2.1 m, respectivamente. O desvio padrão em relação à média aritmética dessas diferenças foi de aproximadamente 61 cm.

CONCLUSÕES

O nível de precisão do método de levantamento cinemático com pós-processamento é de 10 cm podendo alcançar poucos centímetros caso as condições sejam favoráveis (SEEBER, 2003). No caso particular desse estudo, como se tratou de um levantamento cinemático rápido, as estações não foram ocupadas por mais que 5 segundos (tempo de



ocupação médio de dois segundos), esperava-se que os resultados realmente não atingissem essa precisão. O método RTK foi o que apresentou melhores resultados, com a obtenção de coordenadas horizontais mais precisas comparada com as do levantamento relativo cinemático. Esse era um resultado esperado pelo fato de se tratar de um método diferencial de posicionamento por satélites, ou seja, as coordenadas são obtidas em tempo real já com as correções fornecidas pela base através de rádio acoplado ao equipamento, gerando assim um resultado melhor em termos posicionais. Outro fato positivo em relação ao posicionamento pelo método RTK é que, como as coordenadas não precisam de pós processamento, os resultados obtidos em campo já estão prontos para ser utilizados, o que é imprescindível em algumas aplicações. Embora o levantamento pelo método RTK tenha gerado um resultado melhor (mais preciso), o levantamento teve que ser interrompido por conta da limitação da transmissão do sinal de rádio entre a base e o receptor móvel com aproximadamente 1km de distância da base. Apesar do rádio interno dos dispositivos suportarem uma distância muito maior (segundo dados do manual do fabricante, aproximadamente 10 km) que a distância em que houve perda de sinal (no último ponto, o sinal da conexão rádio apontava 89%), algumas obstruções juntamente com o declive natural da região podem ocasionar a perda de sinal. O presente estudo aponta que os levantamentos geodésicos podem e devem ser utilizados para determinar as posições da linha de costa em zonas costeiras. Não obstante o método cinemático relativo também pode ser utilizado na definição das coordenadas da linha de costa: a precisão de centímetros já é o suficiente para o mapeamento da linha de costa, uma vez que esta última é uma feição dinâmica, tornando-se extremamente difícil mapear exatamente sua posição. Outra solução é realizar o posicionamento pelo método cinemático relativo com o tempo de ocupação das estações um pouco maior, depende da precisão almejada. Uma sugestão para trabalhos futuros seria verificar o comportamento para mapeamento costeiro utilizando o RTK com outro meio de conexão entre as estações, como por exemplo o sistema N-TRIP (internet móvel) para realizar a transmissão das coordenadas, caracterizando o método diferencial.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer o apoio financeiro da FACEPE/CNPq através do projeto de pesquisa PPP/APQ-1242-1.07/10 e aos alunos de Engenharia Cartográfica que participaram do trabalho de campo: Diogo Nunes, George França, João Falcão e Renan Dozzo.

REFERÊNCIAS

- BOAK, E. H.; TURNER, I. L. Shoreline definition and detection: A review, **Journal of Coastal Research**, v. 21, n. 4, 2005. p. 688-703.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e aplicações**. São Paulo, 2008, 476p. Editora UNESP, 2ª ed.
- SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications**. Berlin-New York, 2003, 589p. Walter de Gruyter. 2nd revised edition.
- TANAJURA, E. L. X.; KRUEGER, C. P.; GONÇALVES, R. M. Análise da acurácia dos métodos cinemáticos de posicionamento GPS em aplicações costeiras **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba v. 17, nº1, p. 23-36, jan-mar, 2011.