



**Simpósio de Métodos  
Numéricos em Engenharia**

**25 a 27 de outubro, 2017**

## ***Identificação de zonas de alagamento no litoral do Paraná com os dados de altitude do SRTM***

*Maria Carolina Sturmer, Vinícius Rogel, Fernando Augusto Silveira Armani e Alexandre Bernardino Lopes*

Centro de Estudos do Mar  
Universidade Federal do Paraná  
Pontal do Paraná - Brasil

**Resumo**—Este trabalho apresenta a intercomparação de medições de altitude do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com dados medidos por nivelamento geométrico em campo para avaliar a utilização dos dados do SRTM na detecção de prováveis áreas de alagamento do litoral do Paraná (áreas planas). Os resultados indicaram que os dados do SRTM interpolados com o método bilinear foram capazes de identificar 86,6% das áreas planas do local de estudo deste trabalho.

**Palavras-chave**—Altitude; Declividade; Missão SRTM;

### I. INTRODUÇÃO

No presente trabalho realizou-se a intercomparação dos dados de altitude gerados na missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) da NASA com dados obtidos em campo através de nivelamento geométrico de alta precisão para avaliar se a acurácia vertical dos dados do SRTM no litoral do Paraná permite a detecção de zonas de alagamento.

A missão SRTM obteve dados de altitude da superfície terrestre através de uma técnica de sensoriamento remoto por RADAR no ano 2000. Os dados do SRTM foram disponibilizados gratuitamente e são capazes de identificar aspectos topográficos com qualidade superior a de cartas topográficas com escalas menores do que 1:25.000 [1]. Desta forma, esses dados têm sido utilizados em diversas aplicações: 6 utilizaram os dados do SRTM para mapear um ecossistema de mangue, analisando a altura dos manguezais e a distribuição de sua biomassa no Parque Nacional Everglades nos Estados Unidos; 8 utilizaram o modelo digital de elevação (MDE) do SRTM para avaliar a acurácia dos dados de altitude de uma floresta obtidos pelo *Geoscience Laser Altimeter System*, primeira tecnologia LIDAR espacial de observação global contínua da Terra; Já 9 descreveram um método para estimar a alteração no volume e na superfície das geleiras Akshirak (Tien Shan, Ásia Central) com os dados do SRTM. Além desses trabalhos, o MDE gerado pelo SRTM tem sido amplamente utilizado para delimitação de bacias hidrográficas [7] [10].

2 e 4 constataram que a acurácia do MDE do SRTM está diretamente relacionada com a declividade do terreno, sendo que o erro quadrático médio (RMSE) aumenta com a elevação da declividade. 2 verificaram em seu trabalho que o terreno plano apresenta aproximadamente a metade do valor do RMSE (2,9 m) de um terreno montanhoso (5,4m). Além disso, a acurácia do MDE do SRTM também varia com a cobertura vegetal. De acordo com 5 e 3, regiões com maior densidade de vegetação concentram os maiores erros altimétricos nos dados do SRTM.

Considerando os trabalhos supracitados, as áreas urbanizadas da cidade de Pontal do Paraná do litoral do Paraná apresentam erros de altitude do SRTM menores em comparação com outras regiões, pois a região é bastante plana e nessas áreas grande parte da vegetação nativa foi suprimida pela urbanização. Nessa região, a topografia plana é evidenciada pela formação de zonas de alagamento em toda a extensão do litoral, que são agravadas pela proximidade do lençol freático da superfície do terreno e pela ausência de medidas de controle de águas pluviais. Neste trabalho, o objetivo é avaliar a viabilidade do uso dos dados do SRTM em análises prévias do escoamento superficial de águas pluviais sobre as ruas do litoral do Paraná para identificar zonas de alagamento nesse litoral.

### II. METODOLOGIA

Os dados de altitude do SRTM foram avaliados através de sua intercomparação com dados medidos em alta precisão pelo método do nivelamento geométrico executado seguindo a norma NBR 13133. Para isso, mediu-se os níveis da rua Rio Grande do Norte de Pontal do Paraná a cada 10 metros ao longo da rua, aproximadamente. O nivelamento foi realizado com o nível eletrônico modelo Sprinter 150m, marca Leica, com mira de código de barras. O ponto inicial do nivelamento foi georreferenciado com o equipamento GNSS VIVA.

Os dados do SRTM foram obtidos do banco de dados do projeto Topodata (<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>) do Instituto Nacional de

Pesquisas Espaciais (INPE). Esses dados têm resolução espacial de 90 metros, e foram interpolados neste trabalho para se estimar o nível de cada uma das 70 estacas para intercomparação com os dados medidos em campo pelo método do nivelamento geométrico. Os níveis das estacas que se encontravam dentro das quadrículas do SRTM foram estimados através do método de Interpolação Bilinear fazendo uso de quatro pontos de altitude do SRTM que compunham os vértices da quadrícula circunscrita e mais próxima da estaca. Também se utilizou o Método Triangular Linear para estimar essas altitudes, mas neste caso fez-se uso de apenas três pontos do SRTM, que são àqueles formados pelo triângulo circunscrito e mais próximo da estaca em questão.

Na Fig. 1 exibe-se a rua medida, os 70 pontos de medição de nível destacados com os marcadores amarelo enumerados (aqui denominados por estacas) e os pontos de medição do RADAR SRTM destacados com a letra Q nos marcadores roxo e verde. Os dados do SRTM utilizados pela interpolação bilinear estão indicados por marcadores da cor roxa e verde na Fig. 1, enquanto que no método triangular linear utilizou-se apenas os dados do SRTM indicados pelos marcadores da cor roxa.



Figura 1: Pontos de medição de nível na Rua Rio Grande do Norte de Pontal do Paraná (Imagem obtida do Google Earth)

Os dados de altitude medidos em campo e estimados pela interpolação foram intercomparados avaliando-se tanto a diferença entre as altitudes quanto a diferença entre as declividades geradas pelas altitudes a cada 2 (~ 10 m) estacas consecutivas.

### III. RESULTADOS

As altitudes medidas pelo método do nivelamento geométrico ( $H_R$ ), estimadas pela interpolação bilinear ( $H_B$ ) e triangular linear ( $H_T$ ) estão plotadas na Fig. 2, e as estatísticas na tabela I.

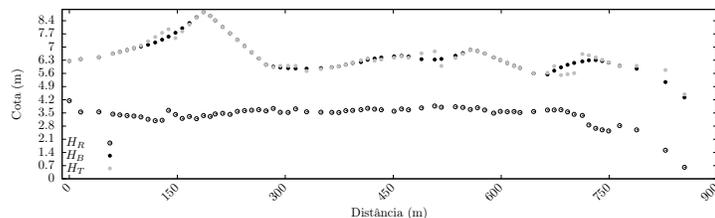


Figura 2: Dados de altitude medidos em campo ( $H_R$ ) e obtidos pela interpolação bilinear ( $H_B$ ) e triangular linear ( $H_T$ ).

Tabela I: Comparação entre as amostras de níveis do terreno.

Estatísticas	Cotas		Declividades	
	$H_R - H_B$	$H_R - H_T$	$D_{H_R} - D_{H_B}$	$D_{H_R} - D_{H_T}$
Média	-3,15	-3,18	-0,15	-0,06
Desvio padrão	0,87	0,91	2,30	2,86

As altitudes obtidas pelos dois métodos de interpolação foram semelhantes, nota-se na Fig. 1 que, aparentemente, as interpolações identificaram tanto a área plana da distância de 300 a 700 m, quanto a maior declividade das estacas 61 a 70, que estão na faixa delimitada pela linha de preamar e o oceano. Observa-se na tabela I que o método de interpolação bilinear estimou melhor as altitudes medidas em campo, pois apresentou menor média e desvio padrão na diferença entre as amostras reais e estimadas pelas interpolações, e menor desvio padrão na intercomparação das declividades. Para verificar se os dados do SRTM são capazes de identificar áreas planas ao longo da rua, contabilizou-se as declividades entre 0 e 3% que ocorriam nos dados reais e nos dados interpolados: 66 distâncias entre estacas consecutivas medidas em campo foram consideradas planas, onde 86,6% dessas distâncias foram detectadas pelo método de interpolação bilinear e 74,24 % pelo método triangular linear.

### IV. CONCLUSÃO

Embora a diferença entre a data de medição do SRTM e do nivelamento geométrico seja de 17 anos, podendo ter havido alteração na superfície da rua, os dados do SRTM interpolados pelo método bilinear identificaram grande parte das áreas planas ao longo da rua. É necessário replicar este estudo a novas ruas de Pontal do Paraná para concluir sobre a acurácia dos dados verticais do SRTM. Com base apenas neste trabalho, o MDE do SRTM é capaz de identificar prováveis zonas de alagamento com erro de aproximadamente 15%.

### REFERÊNCIAS

- [1] A. Jarvis, J. Rubiano, A. Nelson, A. Farrow, and M. Mulligan. Practical use of srtm data in the tropics - comparisons with digital elevation models generated from cartographic data. Technical report, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2004.
- [2] A. K. Karwel and I. Ewiak. Estimation of the accuracy of the srtm terrain model on the area of poland. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2008.
- [3] Y. Liu. An evaluation on the data quality of srtm dem at the alpine and plateau area, north-western of china. 09 2017.
- [4] S. Mukherjee, P. Joshi, S. Mukherjee, A. Ghosh, R. Garg, and A. Mukhopadhyay. Evaluation of vertical accuracy of open source digital elevation model (dem). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21:205 – 217, 2013.
- [5] A. Shortridge and J. Messina. Spatial structure and landscape associations of srtm error. *Remote Sensing of Environment*, 115(6):1576 – 1587, 2011.
- [6] M. Simard, K. Zhang, V. H. Rivera-Monroy, M. S. Ross, P. L. Ruiz, E. Castañeda-Moya, R. R. Twilley, and E. Rodriguez. Mapping height and biomass of mangrove forests in everglades national park with srtm elevation data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2006.
- [7] T. A. Sobrinho, P. T. S. Oliveira, D. B. B. Rodrigues, and F. M. Ayres. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados srtm. *SciELO*, 2010.
- [8] G. Sun, K. Ranson, D. Kimes, J. Blair, and K. Kovacs. Florest vertical structure from glas: An evaluation using lvis and srtm data. *Science Direct*, 2008.
- [9] A. B. Surazakov and V. B. Aizen. Estimating volume change of mountais glaciers using srtm and map-based topographic data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2006.
- [10] J. C. Tomazoni, E. Guimarães, T. C. Gomes, and T. G. da Silva. Uso de modelo digital de elevação gerados a partir do aster gdem e srtm para caracterização de rede de drenagem. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2011.