

ANÁLISE COMPARATIVA DO PERFIL ALTIMÉTRICO OBTIDO PELO GPS DE NAVEGAÇÃO E O GOOGLE ELEVATION API

Flávio G Vaz de Almeida Filho

Pós Graduação em Engenharia de Sistemas Logísticos
Universidade de São Paulo - Poli-USP

Irineu de Brito Jr.

Faculdade de Tecnologia Prof. Jessen Vidal
FATEC – São José dos Campos – SP

Hugo T.Y. Yoshizaki

Pós Graduação em Engenharia de Sistemas Logísticos
Universidade de São Paulo - Poli-USP

Cláudio Barbieri da Cunha

Pós Graduação em Engenharia de Transportes
Universidade de São Paulo - Poli-USP

RESUMO

A popularização dos sistemas de informações geográficas (SIG) e o barateamento de receptores do sistema de posicionamento satelital *Global Positioning System* (GPS) têm permitido o auxílio na otimização de certas questões logísticas como, por exemplo, a obtenção de informações geoespaciais sobre o itinerário de veículos de carga de forma acurada e precisa. Neste estudo, foi realizada uma comparação entre as informações altimétricas obtidas por um receptor GPS de navegação e o perfil altimétrico obtido através do serviço para ambiente Internet Google Elevation API (GEA). Esta comparação apresenta como resultado uma ótima correlação ($R^2=0,9909$ ou 99,09%) entre ambas as fontes. Assim, este nível de coerência obtido permite concluir que qualquer uma das fontes de dados tratadas neste trabalho apresenta resultados equivalentes na determinação do perfil altimétrico de uma rota, podendo ser usadas como um dos parâmetros do trajeto em modelos de estimativa de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

1. INTRODUÇÃO

Este artigo tem por objetivo apresentar uma análise comparativa entre duas diferentes fontes de dados para obtenção das coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) em um itinerário rodoviário como, por exemplo, um corredor de escoamento de carga. Estas coordenadas podem ser utilizadas para uma análise prévia das variações altimétricas, declividade do trecho e, de forma indireta, a sinuosidade do percurso. Assim, este trabalho se focou em formas simples e pouco dispendiosa, se não gratuitas, de estimar o perfil altimétrico do trajeto percorrido por um veículo teste (carro de passeio) ao longo de uma rodovia. Vale ressaltar que estas coordenadas podem ser utilizadas, junto a outros fatores, como parâmetros de entrada em alguns modelos de estimativa de emissão dos gases causadores do efeito estufa (GEE) a partir da potência instantânea do veículo, como apresentado em (Demir *et al.*, 2011). A primeira técnica utilizada neste trabalho para obtenção de tais coordenadas é baseada no sistema de posicionamento global por satélites denominado *Global Positioning System* (GPS), sistema desenvolvido pelo Departamento de Defesa Norte Americano (DoD) e disponibilizado para usuários civis no final do século passado. Esta técnica, hoje já bastante popular, é baseada na estimativa das distâncias do receptor aos satélites pertencentes a uma constelação composta de 27 veículos em órbita a aproximadamente 20.200 km de altitude. Conhecido o tempo de viagem do sinal de cada satélite ao receptor e a posição orbital de cada veículo espacial, por um processo de triangulação, é possível determinar com precisão a posição do receptor sobre a superfície terrestre. Diferentes técnicas podem ser aplicadas para melhorar a precisão obtida. O receptor de navegação em modo cinemático utilizado neste trabalho apresenta precisão estimada em 15m nas coordenadas para 95% do tempo de coleta e de 0,05 m/s na velocidade (GARMIN, 2011).

A segunda técnica utilizada está baseada na obtenção, via internet, das coordenadas fornecidas pelo sistema de informações geográficas (SIG) Google Elevation API (GEA, 2011). Passado alguns parâmetros de origem e destino o sistema disponibiliza as coordenadas ao longo do traçado rodoviário entre estes pontos e, numa segunda etapa, é possível obter o perfil altimétrico neste mesmo sistema. Este serviço trabalha com diferentes fontes de dados e conseqüentemente diferentes precisões nas coordenadas. Para a maior parte da cobertura da América do Sul, a fonte de informações para o sistema altimétrico utilizado foi o *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (Rodriguez *et al.*, 2005; Far *et al.*, 2007), com precisão nominal de 9m na altitude para a resolução espacial de 90m.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Conjunto de dados

Para o levantamento de dados deste trabalho foi considerado um percurso de São Paulo até uma fábrica de produtos alimentícios na cidade de Itu (ida e volta) através das rodovias Castelo Branco, Dep Archimedes Lammoglia e Waldomiro Corrêa de Camargo, além de trecho urbano nas cidades de São Paulo e Itu, totalizando aproximadamente 177,8 km (91,6 km ida e 86,2 km volta). A escolha deste itinerário se justifica na medida em que poder ser considerado como um trecho dos principais corredores de carga para a capital paulista.

2.1.1. Dados GPS

Para o rastreamento dinâmico do veículo teste foi utilizado um receptor GPS de navegação modelo GARMIN eTrex Vista C (GARMIN, 2011b), configurado para o registro das coordenadas geográficas limitadas a um intervalo de 10 metros ou 1 Hz no ciclo de obtenção. O receptor foi posicionado no painel do veículo de modo a minimizar as perdas de sinal dos satélites por obstrução da antena. As informações GPS foram acumuladas na memória interna do aparelho, onde até 10.000 pontos posicionais podem ser registrados. Os dados foram então transferidos do receptor para um microcomputador PC com o uso do software TrackMaker PRO (2011) e salvos em um arquivo no modo texto, contendo as seguintes informações do rastreio: Data, hora, latitude, longitude e altitude de cada ponto observado. Este arquivo texto, por sua vez, foi então importado para uma planilha eletrônica MS-Excel 2007.

2.1.2. Dados Google Elevation API (GEA)

A partir da determinação das coordenadas geográficas da posição inicial do ponto de partida e chegada o programa GoogleEarth 6.0 (2011) elaborou o traçado rodoviário entre estes dois pontos. As coordenadas planimétricas do trecho puderam ser salvas em um arquivo com a formatação na linguagem *Keyhole Markup Language* (KML, 2011). O programa TrackMaker PRO (2011) foi utilizado para converter o arquivo padrão KML em um arquivo tipo texto e, em seguida, importado no MS-Excel 2007. Nesta planilha foi desenvolvida uma aplicação em *Visual Basic for Applications* (VBA, 2011) para acessar o serviço Internet *Google Elevation API* com o objetivo de obter as altitudes de cada ponto.

2.2. Metodologia

Os dados do percurso obtidos por ambas as fontes (GPS e GEA) foram migrados para uma planilha e traçados os perfis altimétricos de ambas as séries, divididos em dados do percurso de ida e da volta, apresentados na Figura 1 e Figura 2 respectivamente. Os resíduos entre ambas as séries foram calculados considerando a diferença dos valores altimétricos obtidos pelo GPS subtraídos daqueles do GEA.

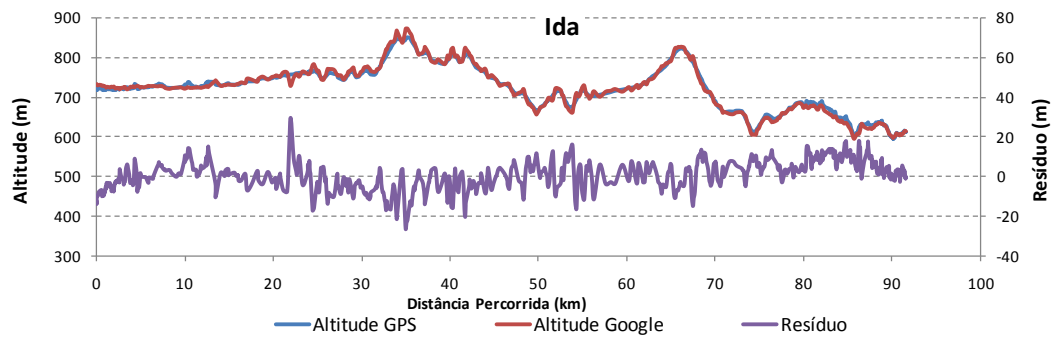


Figura 1: Perfil altimétrico do percurso de ida e resíduo da diferença entre a altitude obtida pelo GPS e estimada pelo GEA

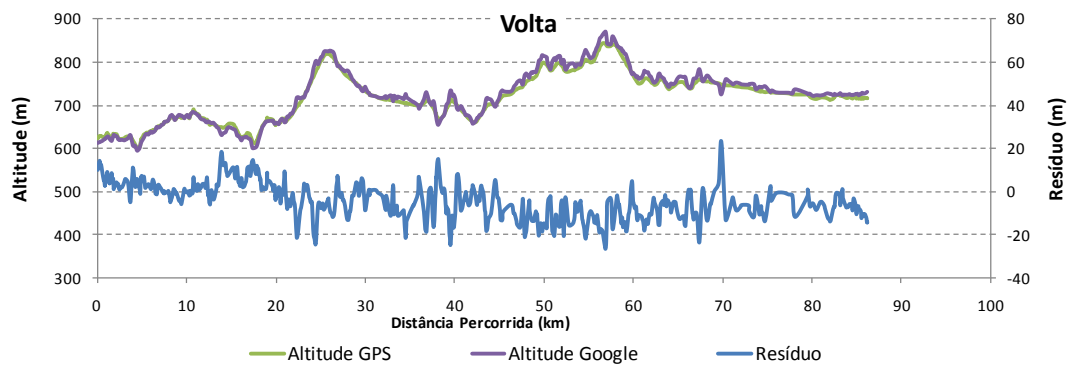


Figura 2: Perfil altimétrico do percurso de volta e resíduo da diferença entre a altitude obtida pelo GPS e estimada pelo GEA

Para a obtenção da medida de coerência entre as duas séries foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson (R) e apresentados no gráfico de espalhamento na Figura 3. O coeficiente R^2 é usado para designar quão bem os dados se ajustam à reta de regressão e, por consequência, mensurar a coerência entre as duas fontes de dados. A Equação 1 apresenta como foi calculado o coeficiente de Pearson neste trabalho:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

onde:

X e Y são os vetores das séries GPS e GEA;

\bar{x} e \bar{y} são os valores médios de X e Y respectivamente.

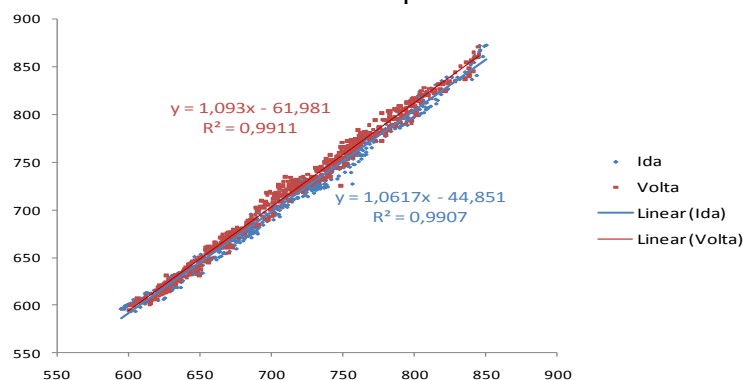


Figura 3: Espalhamento dos valores altimétricos GPS (eixo x) vs. GEA (eixo y) para o percurso de ida (azul) e volta(vermelho); e respectivos coeficientes de correlação R^2

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste trabalho não foi considerada uma superfície de referência altimétrica com significância física associada ao campo de gravidade (geóide). Isto não impacta na obtenção da coerência entre as duas séries e, por consequência, no valor de R^2 . O valor máximo e mínimo do resíduo (GPS-GEA) foram respectivamente 29,5m e -26,5. Tais discrepâncias foram encontradas sobre viadutos e vales, onde o SRTM considera a altitude média da quadrícula de 90 x 90 metros da resolução da grade para a região, desprezando alturas pontuais. Outro fator que pode introduzir diferença no valor do resíduo está associado à presença de cobertura de árvores. Além de degradarem o sinal GPS por obstrução podem refletir o sinal radar do SRTM a uma altura acima do solo, fazendo que a leitura da informação altimétrica seja a da copa das árvores. O resíduo médio obtido na ida foi de 0,995m e na volta -4,41m.

4. CONCLUSÕES

Neste estudo foi encontrada uma ótima coerência entre as fontes de dados aqui tratadas ($R^2 = 0,9909$ ou 99,09%). Isso permite supor que neste corredor de cargas, ou corredores com características físicas e topográficas semelhantes, os dados obtidos através de um receptor GPS de navegação ou estimadas a partir do serviço Google Elevation API podem ser utilizadas como ferramentas de obtenção das coordenadas cartesianas do trajeto com a mesma coerência. Assim, ambas as fontes de dados podem ser usadas como uma aproximação inicial em modelos de emissões de GEE.

A estimativa das coordenadas do trajeto via o serviço Internet fornecida pelo Google tem a vantagem eliminar a necessidade de realizar o percurso com um equipamento GPS de navegação embarcado para obtenção das coordenadas geográficas.

Como continuidade deste trabalho cabe uma análise mais profunda realizando o rastreamento do veículo teste com um GPS geodésico de precisão de duas frequências (L1/L2) em percursos rodoviários com características de sinuosidade e declividade mais acentuadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) através do Programa Nacional de Pós Doutorado (PNPD) e as empresas parceiras do laboratório de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Logísticos – Poli-USP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Demir E., T. Bektaş, G. Laporte, (2011), A comparative analysis of several vehicle emission models for road freight transportation, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 16, Issue 5, July 2011, Pages 347-357, ISSN 1361-9209, 10.1016/j.trd.2011.01.011.
- Farr T.G., P.A. Rosen, E. Caro, R. Crippen, R. Duren, S.Hensley, M. Kobrick, M. Paller, E. Rodriguez, L. Roth, D. Seal, S. Shaffer, J. Shimada e J. Umland (2007), The Shuttle Radar Topography Mission, *Rev. Geophys - American Geophysical Union*, v. 45, RG2004, doi:10.1029/2005RG000183.. http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_paper.pdf - acessado em 8/07/2011
- GARMIN (2011a), http://static.garmincdn.com/pumac/eTrexVistaC_OwnersManual.pdf; visitado em 8/07/2011
- GARMIN (2011b) <https://buy.garmin.com/shop/shop.do?cID=167&pID=263>; visitado em 8/07/2011
- GEA (2011) <http://code.google.com/intl/pt-BR/apis/maps/documentation/elevation/> - visitado em 8/07/2011
- GoogleEarth 6.0 (2011) - <http://earth.google.com/intl/pt-BR/> - acessado 8/07/2011
- KML (2011) *Keyhole Markup Language*, <http://code.google.com/intl/pt-BR/apis/kml/documentation/> - acessado em 8/07/2011
- Rodriguez, E., C.S. Morris, J.E. Belz, E.C. Chapin, J.M. Martin, W. Daffer, S. Hensley, (2005), An assessment of the SRTM topographic products, *Technical Report JPL D-31639*, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, 143p. http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_D31639.pdf - acessado em 8/07/2011
- TrackMaker PRO (2011) – <http://www.trackmaker.com> – acessado em 8/07/2011
- VBA MS-Excel 2007 (2011) - <http://msdn.microsoft.com/pt-br/office/ff688774.aspx> - acessado em 8/07/2011

Flavio G Vaz de Almeida – flaviovaz@usp.br - Av. Almeida Prado, Trav. 2 n.128, Butantã, São Paulo-SP 05508-970