

Análise da Influência da Massa d' Água de um Reservatório na Ondulação Geoidal

Mauro J. Alixandrini ¹
Prof. Dr. Carlos Loch ²

¹ Doutorando - Universidade de Karlsruhe -
IPF - Instituto de Fotogrametria de Sensoriamento Remoto
alixandrini@hotmail.de

² Professor no Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil
Área de Concentração em Cadastro Técnico Multifinalitário
loch@ecv.ufsc.br

RESUMO : Neste artigo é retratada uma análise sobre a influência da massa d' água de um reservatório na ondulação geoidal. Pois no caso da utilização de dados oriundos do Airborne laser scanner – ALS em levantamentos com a finalidade de modelagem digital de terrenos, uma análise sobre a influência da massa d' água na ondulação geoidal e conseqüentemente na obtenção da componente altimétrica. Esta análise conclui de que a influência ocorre de maneira local, em pequenas áreas localizadas na região em torno do centro do reservatório.

Palavras-chaves : Ondulação Geoidal, Barragens, Airborne Laser Scanner

ABSTRACT : In this article an analysis is portrayed on the influence of the water body of a reservoir in the undulation geoidal. because in the case of the use of data originating from of airborne laser scanner - ALS in risings with the purpose Digital Terrestrial Model - DTM, an analysis on the influence of the water body in the undulation geoidal and consequently in the obtaining of altimetric component. This analysis concludes that the influence happens in a local way, in small located areas in the area around the center of the reservoir.

Key-Words : Undulation Geoidal, Dams, Airborne Laser Scanner

1. Introdução:

Imaginando o uso do ALS para o monitoramento ambiental, como, por exemplo, na avaliação da biomassa antes e depois da implantação de uma barragem, remete-se ao problema gerado a partir da criação de um reservatório artificial formado pela barragem.

Como se observa na figura 1, o geóide se deforma localmente, com a variação do nível do reservatório, neste caso levantamentos ALS seriam afetados por não levarem em considerações medidas que avaliem localmente o comportamento da referida superfície que é referência para medidas altimétricas.

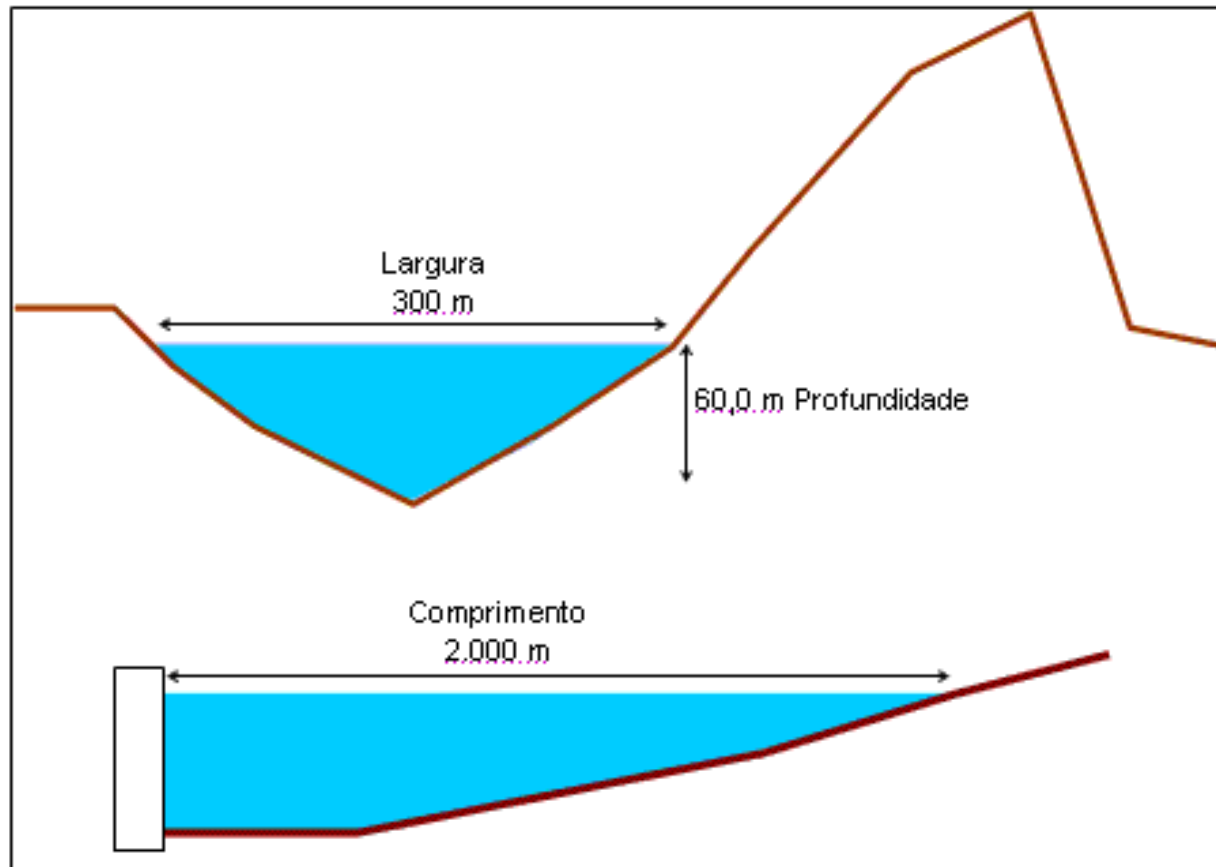
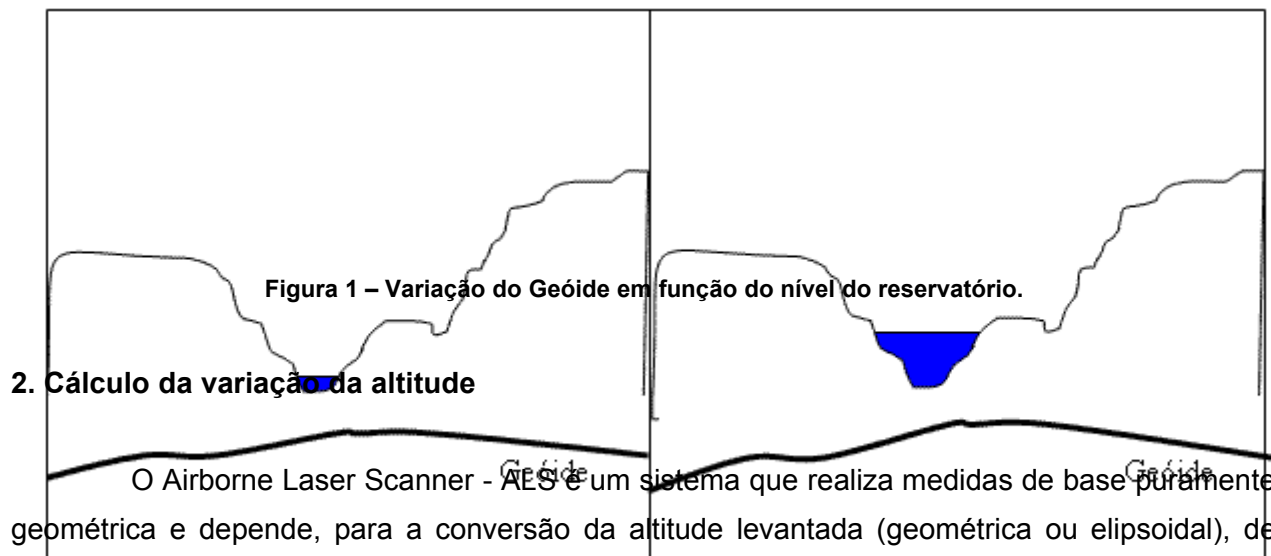


Figura 2– Dimensões médias de um reservatório proposto.

Para as medidas apresentadas encontrara-se um volume:

$$V = \frac{H_{ml} \cdot L_{ml}}{2} \cdot E_l = \frac{60.300}{2} \cdot 2000 = 18.10^6 \text{ m}^3 \quad (3)$$

Admitindo-se para as condições normais de temperatura e pressão (CNTP), o valor da densidade da água como sendo de 100 kg/m^3 , obteve-se para massa do reservatório 18.10^8 kg . Esta massa estaria distribuída em toda a extensão do reservatório, mas, para efeito de simplificação, utilizou-se esse valor aplicado ao centro de massa do reservatório. Assim, a implicação dessa massa de água em um ponto na margem do reservatório, poderia ser descrita utilizando a equação fundamental da gravitação:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2} \quad (4)$$

onde,

F = força gravitacional (N)

M, m = massas dos objetos (kg)

D = distância entre as massas (m)

G = $6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$

Para efeito de cálculo, aplicou-se como distância mínima entre um ponto e o centro de massa do reservatório, o valor de 300 m. Este valor foi estimado a partir das medidas médias, multiplicadas por um fator 2, visto que, a distância dependeria da forma do reservatório, que foi desconsiderada, por se tratarem de dimensões médias impostas neste problema, assim:

$$Dg = \frac{G \cdot M}{D^2} = \frac{6,7 \cdot 10^{-11} \cdot 18 \cdot 10^8}{152^2} = 5,22 \cdot 10^{-4} \text{ Gal} = 0,1340 \text{ mGal} \quad (5)$$

É necessário, então, relacionar este valor de variação de gravidade Dg com a variação altimétrica. A abordagem mais natural dessa questão parte da definição de altitude ortométrica que seria a: distância do geóide ao ponto, medida sobre a vertical. Integrando-se a diferença dos potenciais gravíficos entre duas superfícies equipotenciais separadas por uma distância infinitesimal, obtém-se (TORGE, 2001) a expressão da ALTITUDE ORTOMÉTRICA:

$$h = \frac{C}{g} \quad (6)$$

$$C = W_0 - W = \int g \cdot dh = \sum g \cdot \Delta h_{obs} \quad (7)$$

sendo C o NÚMERO GEOPOTENCIAL, g o valor médio da gravidade ao longo da linha de prumo entre o geóide e a superfície física, W, o potencial gravífico (índice zero significando potencial do geóide), g_m os valores médios da gravidade observada nos pontos nivelados e Δh_{obs} os desníveis entre estes pontos. A expressão exposta por Torge (2001) refere-se a valores relacionados à diferenças de nível, mas compara proporcionalmente altitudes e medidas de gravidade. Assim sendo, pode-se comparar os valores estimados para um ponto na superfície

terrestre e uma variação gravífica.

A correspondência da variação da gravidade Dg com a variação da ondulação geoidal pode ser observada quando se calcula o raio médio para a latitude local, através da equação 8, e aplica-se o valor resultante à equação 6:

$$R_m = (N.M)^{-0.5} \quad (8)$$

onde:

$$N = a \cdot (1 - e^2 \cdot \sin^2(\phi))^{-2}$$

$$M = a \cdot (1 - e^2) \cdot (1 - e^2 \cdot \sin^2(\phi))^{-2}$$

SAD 69

$$a = 6378160,0$$

$$f = 1/298,25$$

$$e^2 = 2 \cdot f - f^2$$

$$\text{Raio médio para latitude de } 25^\circ 08' 15'' = (N.M)^{-0.5} = 6360601,741 \text{ m.}$$

Então, admitindo a gravidade na superfície terrestre como $g = 9,8665 \cdot 10^5 \text{ mGal}$, temos a variação de gravidade devido ao reservatório em termos de:

$$Dh = R_m \cdot Dg / G = 0,86 \text{ m} \quad (9)$$

Uma importante variável associada a esta estimativa é a distância do ponto considerado ao centro de massa do reservatório. No exemplo proposto, pode-se imaginar uma distância mínima de 300 m. Na tabela a seguir, demonstra-se as variações obtidas com a mesma estimativa para novas distâncias.

Distância do centro de massa do reservatório ao ponto considerado	Variação da altitude
300 m	0,80 m
500 m	0,20 m
1.000 m	0,05 m

Tabela 1 – Variação da altitude x distância do centro de massa do reservatório.

A tabela acima (1) ilustra as variações obtidas (figura 3).

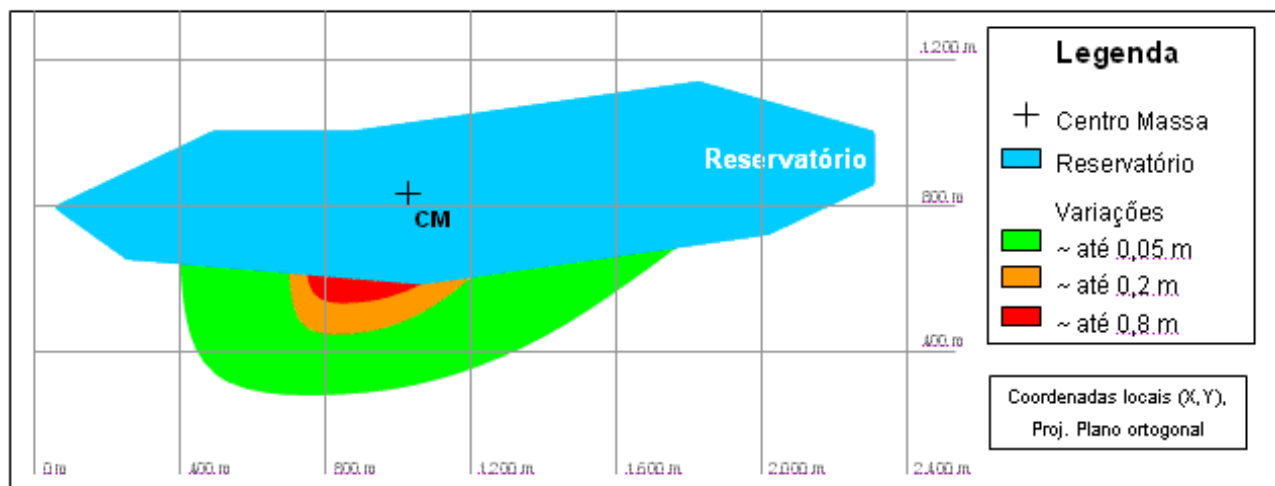


Figura 3 – Influência das variações estimadas.

3. Conclusão

Verifica-se que as variações encontradas afetariam somente as medidas ALS numa pequena área no entorno do centro do reservatório, numa amplitude que pudesse ser considerada dentro da acurácia vertical das medidas ALS (cerca de 20 cm). As estimativas postas aqui necessitam de uma série de aprofundamentos. Visto que, para efeitos de simplificação, se eliminam muitas variáveis. Sugere-se que o tema seja aprofundado, comparando-se medidas de campo com cálculos mais detalhados, a respeito do problema que, para este trabalho, não é relevante para efeito de correções. Num futuro próximo, com o desenvolvimento do sistema ALS, estes efeitos podem ter forte influência em aplicações em barragens artificiais

4. Referências Bibliográficas

ALIXANDRINI, M. J. Jr.; LOCH, C. *Parâmetros físicos de barragens definidos através do ALS para o cadastro e licenciamento ambiental*. Anais do Congresso Brasileiro de Cartografia, Macaé/RJ:2005.

ASPRS, *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Manual of Photogrammetry Manual of Photogrammetry*, 5ª Edition, American Society of Photogrammetry, Falls Church, VA: 2004.

AXELSSON, P.,. *Ground estimation of laser data using adaptive TIN models. Proceedings of*

OEEPE workshop on airborne laserscanning and interferometric SAR for detailed digital elevation models, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. Publication No. 40. CD-ROM. (pp. 185-208). :2001(pp. 185-208).

BRANDALIZE, M. C. B. *A qualidade cartográfica dos resultados do laserscanner aerotransportado*. Tese. Pós Graduação Engenharia Civil UFSC, Florianópolis: 2004.

DALMOLIN, Q.; SANTOS, D. R. dos. *Sistema Laserscanner: Conceitos e princípios de funcionamento*. Editor UFPR, Curitiba: 2004.

GEMAEL, C. *Introdução ao Ajustamento de Observações: Aplicações Geodésicas*. Curitiba, Editora UFPR: 1994.

HENSSEN, J.; WILLIAMSON, I. Land registration, cadastre and its interaction – a world perspective. In: GRANT, D.; WILLIAMSON, I. *Administering our land*. Cessnock, Australia: Cadastral and Land Management Commision of the Institution of Surveyors, Australia:1997.

ISERNHAGEN, I. ; SILVA, S. M. ; GALVÃO, F. *A fitossociologia florestal no Paraná: listagem bibliográfica comentada* (dissertação) Universidade Federal do Paraná, 2001.

JENKINS, A., L. *Dynamic modelling at Integrated Monitoring sites - Model testing against observations and uncertainty*. The Finnish Environment 636. Finnish Environment Institute, Helsinki, Finland. ISBN 952-11-1440-1.:2003 (37 pp)..

KRAUS, K., PFEIFER, N. *Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 53: 1998 (pp.193-203.).

LOHMANN, P. *Laserscanning introduction*. Hannover: Institut für Photogrammetrie und GeoInformation, Universität Hannover, Remote Sensing II Lecture, 2003. (31p).

LANDIN, P. B *Introdução aos metodos de estimação espacial para a confecção de mapas* <http://epi.minsal.cl/SigEpi/doc/interpo.pdf> . Departamento de Geologia UNESP:2000.

MÜLLER; M. *Extração de seções transversais a partir da tecnologia de mapeamento digital a laser para fins de estudos hidrodinâmicos*. IV Simpósio Brasileiro sobre pequenas e médias centrais hidrelétricas. Porto de Galinhas : 2004.

VOSSELMAN and MAAS,. *Adjustment and filtering of raw laser altimetry data. Proceedings of OEEPE workshop on airborne laserscanning and interferometric SAR for detailed digital elevation models*, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. paper 5, :2001. (11 p.).

TORGE, W.: *Geodesy*. 3. ed., de Gruyter, Berlin : 2001.

WACK, R. W. Digital terrain models from airborne laser scanner data – a grid based approach. . *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 35, Part 3B,: 2002 (pp. 293-296).

WEHR, A., LOHR, U. *Airborne laser scanning – na introduction and overview*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 54: 1999 (pp. 68-82).