



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

RECONSTRUÇÃO TOPOGRÁFICA DIGITAL DE ÁREAS AFETADAS POR MOVIMENTOS DE MASSA E CÁLCULO DO VOLUME DE MATERIAL MOBILIZADO

João Paulo de Carvalho Araújo^(a), Renato Fontes Guimarães^(b), Nelson Ferreira
Fernandes^(c)

^(a) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro,
jpaulo_geo@hotmail.com

^(b) Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, renatofg@unb.br

^(c) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, nelsonff@acd.ufrj.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Uma vez impactada por momentos de massa, a área afetada sofre alterações morfológicas que modificam o arranjo das forças internas responsáveis pela estabilidade das encostas. MDTs de alta resolução, obtidos após a ocorrência dos escorregamentos não são, portanto, adequados para serem utilizados em modelos matemáticos que visam prever/validar escorregamentos já mapeados. Este trabalho apresenta um método de reconstrução topográfica que estima a morfologia do terreno sobre o qual os escorregamentos do passado ocorreram. Em última análise, a diferença entre superfície pré-ruptura e pós-ruptura permite estimar a espessura e o volume dos solos nos locais de ruptura e transporte dos escorregamentos.

Palavras chave: LIDAR, MDT pré-ruptura, MDT pós-ruptura, Movimentos de massa.

1. Introdução

Os modelos digitais do terreno (MDTs), utilizados na modelagem de previsão de movimentos de massa são, tradicionalmente, obtidos após a ocorrência dos eventos de escorregamento. Entretanto, uma vez impactada por movimentos de massa, a área afetada apresentará mudanças na rugosidade do terreno, no gradiente, na forma das encostas e, conseqüentemente, na dinâmica de fluxos superficiais e subsuperficiais. Estas mudanças



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

morfométricas são especialmente quantificadas por MDTs de alta resolução espacial, como por exemplo, aqueles obtidos pelos sistemas ALS (*Airbone Laser Scanning*). Conseqüentemente, o conjunto de forças que mantinha uma encosta estável no passado se modifica em um novo arranjo de forças que será erroneamente computado pelos modelos de estabilidade determinísticos ou estatísticos.

Uma possível solução para este problema, segundo Conoscenti *et al.* (2015), é assumir que a morfologia pré-ruptura pode ser inferida pelas áreas adjacentes às cicatrizes mapeadas que não foram atingidas pelos escorregamentos. Nesse sentido alguns trabalhos buscam inferir, indiretamente, as características topográficas do terreno que geraram escorregamentos (SÜZEN e DOYURAN, 2004a; b; NEFESLIOGLU, HAKAN A. *et al.*, 2008; NEFESLIOGLU, H. A. *et al.*, 2008; BAI *et al.*, 2010; NANDI e SHAKOOR, 2010; NEFESLIOGLU *et al.*, 2011; COSTANZO *et al.*, 2012) ou utilizam métodos de reconstrução da superfície erodida a fim de representar a topografia pré-ruptura (Van Den EECKHAUT *et al.*, 2006; GORUM *et al.*, 2008; CONOSCENTI *et al.*, 2015; STEGER *et al.*, 2016).

Este trabalho apresenta um novo método de reconstrução da topografia das áreas afetadas por movimentos de massa, baseado na interpolação dos pontos editados do último retorno do sensor LIDAR (*Light Detection and Ranging*). O método visa reproduzir o cenário pretérito, sob o qual os escorregamentos tiveram lugar e desta forma, dá suporte à modelagem de susceptibilidade à escorregamentos. Por fim, a razão entre os MDTs pré-ruptura e pós-ruptura permite estimar a espessura e o volume do material mobilizado pelos escorregamentos.

2. Área de Estudo

Foram selecionadas duas bacias piloto, denominadas bacias dos rios Quitite e Papagaio (5,4 km²), localizadas na parte oeste do Maciço da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro. A área de estudo foi atingida por chuvas de 380mm, em menos de 24h (1996),



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

deflagrando centenas de escorregamentos translacionais e corridas de detritos nos canais principais (GEORIO, 1996).

Segundo Coelho Netto (1997), no vale do rio Quitite, a espessura média dos solos, nas cicatrizes de escorregamento, é de 2 metros. (GOMES *et al.*, 2013) estimaram a espessura dos solos, nas cicatrizes de escorregamento, em 1 metro. Os autores também calcularam o volume do material mobilizados pelas corridas de detritos, originadas pelos escorregamentos, em 137.800m³. Já a GEORIO (1996), estimou o volume total mobilizado pelas corridas de detritos de detritos em 132.000m³.

3. Materiais e Métodos

3.1 Modelo Digital do Terreno LIDAR Pós-ruptura (MDT-Pós)

A base de dados LIDAR foi adquirida pela Fundação Instituto de Geotécnica “Geo-Rio”, no ano de 2013, e foi amplamente discutida por (BARBOSA, 2015). Os retornos dos pontos LIDAR, na área de estudo, foram classificados pelo *software TerraScan* e interpolados pelo *software Surfer*, produzindo um MDT pós-ruptura (MDT-Pós) com resolução de 2m.

3.2 Inventário de Cicatrizes

O mapeamento foi realizado pelo método de vetorização interativa, pela interpretação e identificação das rupturas de escorregamento e das zonas de transporte, utilizando, principalmente, as informações topográficas obtidas pelo MDT-Pós (199 cicatrizes).

3.3 Modelo Digital do Terreno LIDAR Pré-ruptura (MDT-Pré)

O MDT pré-ruptura (MDT-Pré) representa as mudanças nos valores de elevação dos *pixels* localizados nas áreas erodidas pela ruptura e pelo transporte dos escorregamentos mapeados. A confecção do MDT-Pré seguiu as seguintes etapas: i) os polígonos de feições de escorregamentos mapeadas (zonas de ruptura e de transporte) foram integrados; ii) os pontos do último retorno do sensor LIDAR, localizados dentro dos polígonos gerados na etapa anterior, foram excluídos; iii) os pontos da superfície do terreno, que não foram excluídos na



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

etapa anterior, foram novamente interpolados no *software* Surfer (MDT-Pré - 2m) (ARAÚJO, 2018).

4. Resultados e Discussões

Os MDTs pré-ruptura e pós-ruptura foram computados, conforme metodologia apresentada e, posteriormente, subtraídos, de forma a obter a variação espacial da espessura do solo erodido pelos escorregamentos, tanto pelo transporte, quanto pela ruptura. A figura 1 destaca os perfis longitudinais de duas feições de escorregamento nos MDTs pré-ruptura e pós-ruptura. É possível observar que a diferença de elevação entre os MDTs, nas feições de escorregamento, varia entre 0,3m a 23m.

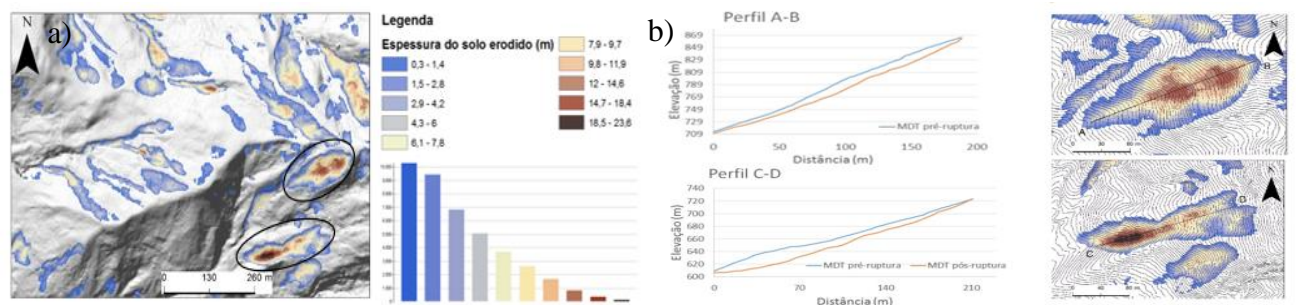


Figura 1: a) Distribuição espacial da espessura do solo nas feições de escorregamento: em azul, valores de menor espessura e em vermelho, valores de maior espessura. b) Destaque para dois escorregamentos e seus respectivos perfis longitudinais A-B e C-D sobre os MDTs pré-ruptura e pós-ruptura.

O valor médio da espessura do solo erodido é de 3,7m. A área real (3D) das feições de escorregamento é de 307.175 m² e o volume do material erodido estimado é de 1.078.125 m³. O volume de solo estimado neste trabalho é substancialmente superior aos volumes apresentados por (GEORIO, 1996; GOMES *et al.*, 2013), uma que este dado é obtido a partir dos valores distribuídos da espessura dos solos, nos locais dos escorregamentos (ruptura) e nas zonas de transporte, que foram deflagradas por diferentes eventos de chuva, incluindo a do ano de 1996.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

5. Conclusões

O trabalho apresenta um método de reconstrução da superfície pré-ruptura que pode ser utilizada nos cálculos de estabilidade, em modelos estatísticos e determinísticos. A razão entre superfície pré-ruptura e pós-ruptura permite estimar a espessura distribuída dos solos mobilizados por escorregamentos, assim como seu volume. A espessura do solo, no local de ruptura, também é um parâmetro importante que pode ser utilizado em modelos determinísticos de previsão de escorregamentos.

6. Referências Bibliográficas

ARAÚJO, J. P. C. **Reconstrução Topográfica e Previsão de Escorregamentos Translacionais Utilizando Modelos Estatísticos e Determinísticos de Susceptibilidade**. 2018. Tese (Doutorado). Departamento de Geografia (PPGG/UFRJ), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ).

BAI, S.-B. et al. GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping of the Zhongxian segment in the Three Gorges area, China. **Geomorphology**, v. 115, n. 1, p. 23-31, 2010/02/15/ 2010. ISSN 0169-555X.

BARBOSA, L. S. **Avaliação de Modelos Digitais do Terreno por escaneamento a laser (LIDAR) no Maciço da Tijuca, RJ**. 2015. 107 Mestrado (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro.

COELHO NETTO, A. L. **Geologia Estrutural e Hidrogeologia da Região do Quitite, Jacarepaguá (RJ): Condicionantes dos Escorregamentos nas Encostas**. 1997. 29 Monografia Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CONOSCENTI, C. et al. Assessment of susceptibility to earth-flow landslide using logistic regression and multivariate adaptive regression splines: A case of the Belice River basin (western Sicily, Italy). **Geomorphology**, v. 242, p. 49-64, 2015/08/01/ 2015.

COSTANZO, D. et al. Exporting a Google Earth™ aided earth-flow susceptibility model: a test in central Sicily. **Natural Hazards**, v. 61, n. 1, p. 103-114, 2012/03/01 2012.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEORIO. **Estudos geológico-geotécnicos a montante dos condomínios capim melado e vilarejo, Jacarepaguá.** Fundação Instituto de Geotécnica -GEORIO. Órgão da Secretaria Municipal de Obras da cidade do Rio de Janeiro -RJ. 1996

GOMES, R. A. T. et al. Combining Spatial Models for Shallow Landslides and Debris-Flows Prediction. **Remote Sensing**, v. 5, p. 2219-2237, 2013.

GORUM, T. et al. Implementation of reconstructed geomorphologic units in landslide susceptibility mapping: the Melen Gorge (NW Turkey). **Natural Hazards**, v. 46, n. 3, p. 323-351, 2008. ISSN 0921-030X.

NANDI, A.; SHAKOOR, A. A GIS-based landslide susceptibility evaluation using bivariate and multivariate statistical analyses. **Engineering Geology**, v. 110, n. 1-2, p. 11-20, 2010.

NEFESLIOGLU, H. A.; DUMAN, T. Y.; DURMAZ, S. Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey). **Geomorphology**, v. 94, n. 3-4, p. 401-418, 2008.

NEFESLIOGLU, H. A.; GOKCEOGLU, C.; SONMEZ, H. An assessment on the use of logistic regression and artificial neural networks with different sampling strategies for the preparation of landslide susceptibility maps. **Eng. Geology**, v. 97, n. 3-4, p. 171-191, 2008.

NEFESLIOGLU, H. A. et al. Medium-scale hazard mapping for shallow landslide initiation: the Buyukkoy catchment area (Cayeli, Rize, Turkey). **Landslides**, v. 8, n. 4, p. 459-483, December 01 2011. ISSN 1612-5118.

STEGER, S. et al. The propagation of inventory-based positional errors into statistical landslide susceptibility models. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, v.16, n.12, p. 2729-2745, 2016.

SÜZEN, M. L.; DOYURAN, V. A comparison of the GIS based landslide susceptibility assessment methods: multivariate versus bivariate. **Environmental Geology**, v. 45, n. 5, p. 665-679, March 01 2004a. ISSN 1432-0495.

_____. Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information systems: a method and application to Asarsuyu catchment, Turkey. **Engineering Geology**, v. 71, n. 3, p. 303-321, 2004b.

VAN DEN EECKHAUT, M. et al. Prediction of landslide susceptibility using rare events logistic regression: A case-study in the Flemish Ardennes (Belgium). **Geomorphology**, v. 76, n. 3, p. 392-410, 2006/06/30/ 2006.