

Análise da suscetibilidade aos movimentos de vertente na Bacia do Marumbi (Morretes/PR): aplicação do método estatístico multivariado da regressão logística

Uber, J.A. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ) ; Zêzere, J.L. (UNIVERSIDADE DE LISBOA) ; Santos, L.J.C. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

RESUMO

O intuito deste trabalho é a aplicação de métodos estatísticos multivariados - mais especificamente a regressão logística - para realizar a análise da suscetibilidade aos movimentos de vertente na Bacia do Marumbi (Morretes/PR). O uso do geoprocessamento e SIG (Sistema de Informação Geográfica) tornou-se imprescindível. Os resultados demonstraram-se satisfatórios, uma vez que a taxa de sucesso tem área acumulada abaixo da curva de 0.84, enquanto que a taxa de predição tem um valor de 0.81.

PALAVRAS CHAVES

Regressão Logística; Movimentos de vertente; Suscetibilidade

ABSTRACT

The aim of this work is the application of multivariate statistical methods, specifically the logistic regression - to perform the analysis of susceptibility to landslides in Basin Marumbi (Morretes/PR). The use of geoprocessing and GIS (Geographic Information System) has become essential. The results showed satisfactory, since the success rate has a cumulative area under the curve of 0.84, whereas the prediction rate has an absolute value of 0.81.

KEYWORDS

Logistic Regression; Landslide; Susceptibility

INTRODUÇÃO

Segundo dados do banco global EM-DAT (*Emergency Events Database*), o continente que apresentou o segundo maior número de registros de desastres naturais foi o americano, com 2.416 no período de 1900-2006. No ano de 1993 os movimentos de vertente causaram 2.517 mortes em todo o mundo (MARCELINO, 2007). No Brasil, entre 1928 a 2011 foram cadastrados 4.431 vítimas mortais provocadas por movimentos de vertentes, dentre eles, duas no Litoral Paranaense, município de Antonina, em 2011 (FERNANDES e AMARAL, 2000; GAZETA DO POVO, 2011). A Serra do Mar - inserida no Litoral Paranaense - devido a características como relevo acidentado, solos rasos, elevados índices pluviométricos e densa cobertura vegetal, apresenta uma dinâmica de evolução de encostas. Neste contexto insere-se a área de estudo, a Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi (Morretes/PR). A bacia possui uma área de 102 km² e tem como principal processo geomorfológico atuante os movimentos de vertente (KOZCIK, 2005), em particular deslizamentos. O "Mapa Inventário das Cicatrizes dos Movimentos de Vertente da Bacia do Rio Marumbi - PR" (UBER, 2010), atualizado neste trabalho, inclui 76 cicatrizes identificadas por foto interpretação de imagens obtidas em 1984, 1996, 2005, 2006 e 2010, o que permitiu a organização multitemporal do inventário. O objetivo do presente estudo é obter como produto um mapa de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente da Bacia do Marumbi (Morretes/PR) - baseado em métodos estatísticos multivariados, mais especificamente a regressão logística.

MATERIAL E MÉTODOS

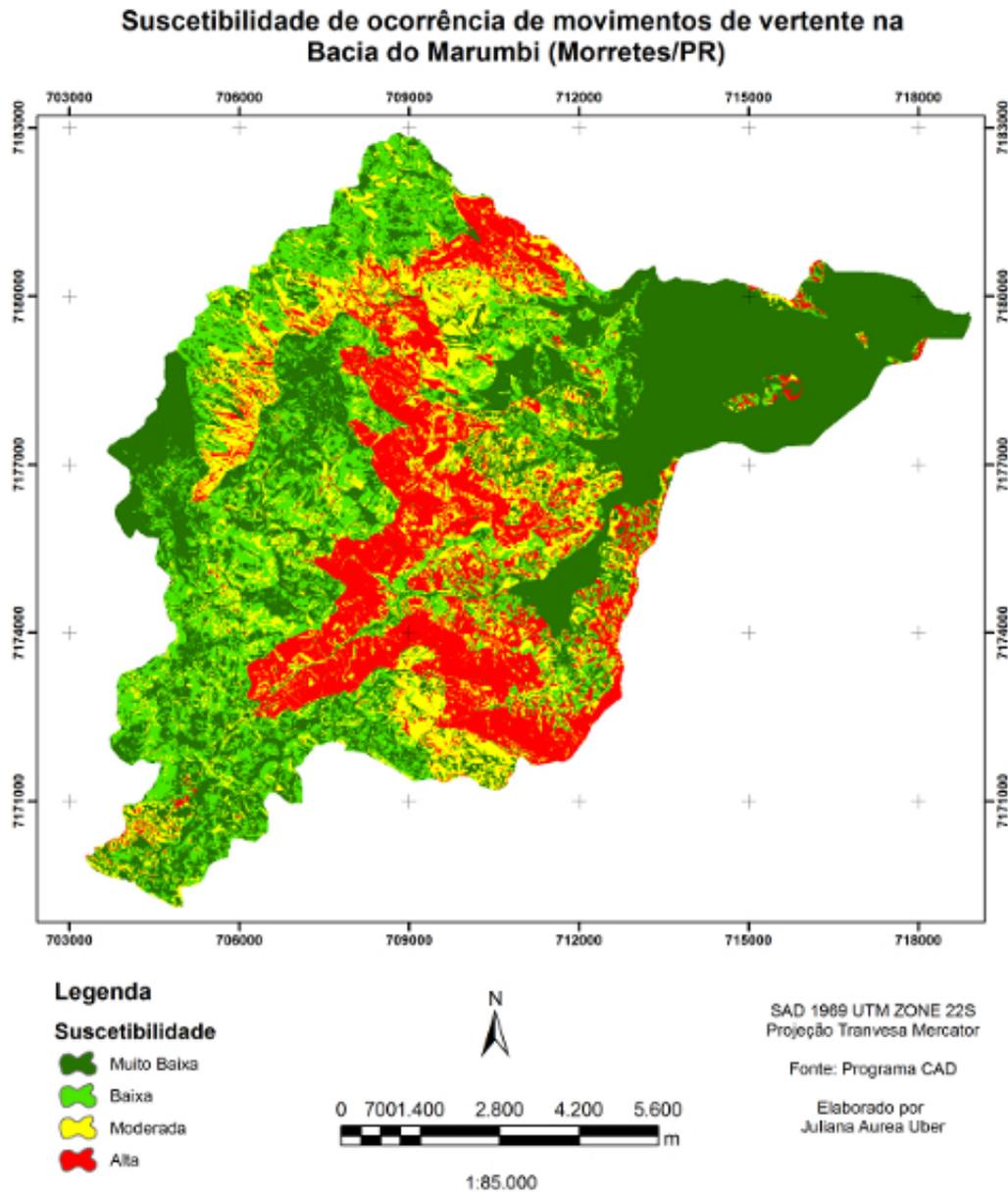
O método estatístico multivariado "Regressão Logística" foi aplicado para a Bacia do Marumbi utilizando o *software ArcGIS 9.3.1*. em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica). A base cartográfica utilizada na escala de 1:25.000 foi cedida pelo Departamento de Serviço Geográfico (DSG) e digitalizada por Paula (2006). A equidistância das curvas de nível é de 10 metros. O TIN

(*Triangular Irregular Network*) e MDT (Modelo Digital do Terreno) apresentam uma resolução de 10x10 m. Todos os mapas obtidos dos condicionantes físicos estão na escala 1:50.000. Para a confecção do mapa de suscetibilidade, baseando-se em Zêzere *et al.* (2003), os seguintes procedimentos foram realizados: atualização do “Inventário dos Movimentos de Vertente” com base em imagens disponibilizadas pelo Google Earth; identificação dos fatores de predisposição; repartição das cicatrizes - utilizando critério temporal - em grupos de modelação (até 2006) e validação (pós 2006); ponderação dos elementos, confecção do mapa de suscetibilidade, e, por fim, avaliação do desempenho do modelo (taxas de sucesso e predição). Os condicionantes físicos empregados foram hipsometria, declividade, curvatura das vertentes, wetness index, compartimento geológico, solos e uso do solo. O Tool utilizado foi o SDM (Spatial Data Modeller) desenvolvido por SAWAATZKY *et al.* (2009). Nesta extensão, a ponderação dos elementos foi obtida por meio do Weights of Evidence e o mapa de suscetibilidade por Logistic Regression. O modelo da regressão logística demonstra eficiência ao determinar a relação entre um conjunto de variáveis independentes e uma variável dependente que contém somente dois valores dicotômicos. Este método utiliza uma combinação linear de variáveis independentes com o objetivo de explicar a variância de uma variável dependente tendo apenas dois estados. A variável dependente da análise considera a ausência ou presença de um movimento de vertente (DAI e LEE, 2003; Valley, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

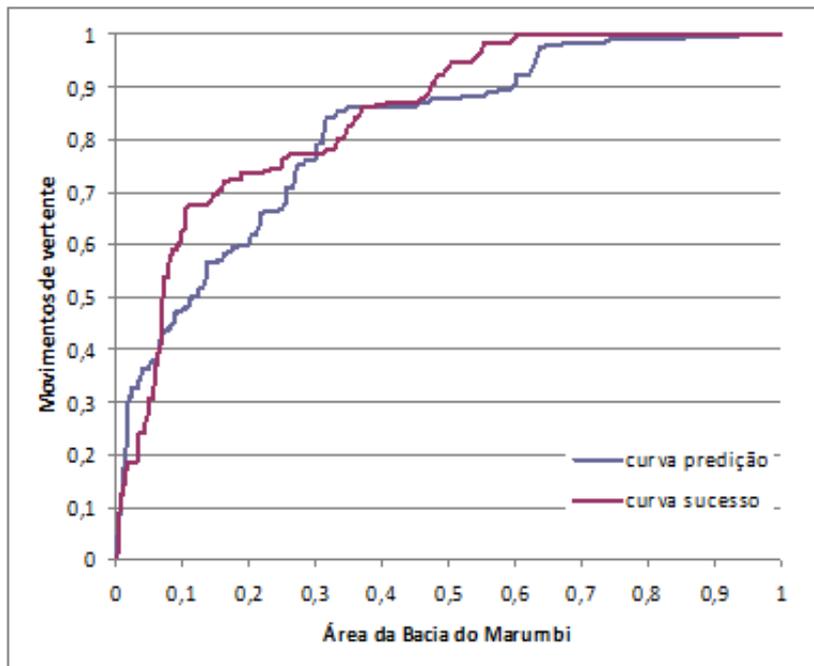
Após as etapas relacionadas ao geoprocessamento e SIG, obteve-se o mapa de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente (Figura 1). Baseando-se no critério área por movimentos de vertente acumulados, o mapa foi classificado em quatro principais divisões de suscetibilidade: alta, moderada, baixa e muito baixa, depois hierarquizar por ordem decrescente os *scores* obtidos com a regressão logística para cada unidade matricial de 100 m². Os limites das classes de suscetibilidade foram estabelecidos tendo em conta a capacidade preditiva do modelo. Assim, a classe de suscetibilidade alta abrange 20% da área total da bacia e nela deverão ocorrer cerca de 60% dos futuros deslizamentos. A classe de suscetibilidade moderada abrange 21% da área total e deverá integrar cerca de 26% dos futuros deslizamentos. Em situação oposta, a classe de suscetibilidade muito baixa ocupa mais de metade (60%) da superfície total da bacia e nela deverão ocorrer apenas 8% dos futuros deslizamentos. A avaliação do modelo preditivo é baseada na tabulação cruzada do mapa de suscetibilidade com a distribuição dos movimentos de vertente. Quando esta é feita com os movimentos de vertente que originaram o mapa obtém-se a taxa de sucesso. Entretanto, quando é feita a partir de cicatrizes que não participaram desta etapa obtém-se a taxa de predição. A área abaixo da curva (AAC), possui um intervalo de 0 a 1 e quantifica a capacidade preditiva do modelo. Para a validação do modelo deve-se analisar a área acumulada abaixo da curva de sucesso e predição. Conforme o gráfico abaixo (Gráfico 1), observa-se que a taxa de sucesso tem uma área acumulada abaixo da curva de 0.84, enquanto que a taxa de predição tem um valor absoluto de 0.81. Como a curva de sucesso é obtida por meio da utilização das mesmas cicatrizes que deram origem ao mapa, a tendência é de possuir um resultado maior que a de predição. No entanto, ambos os resultados são considerados como muito satisfatórios, de acordo com o critério de Guzzetti (2005).

Figura 1



Mapa de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente da Bacia do Marumbi (Morretes/PR).

Gráfico 1



Curvas de sucesso e de predição da Bacia do Marumbi.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a validação do modelo percebe-se que os resultados obtidos demonstram coerência e eficácia devido ao elevado valor das taxas de sucesso e predição. Enfatiza-se a importância de possuir uma base de dados de qualidade. Neste contexto, a obtenção de um mapa inventário das cicatrizes de movimentos de massa torna-se indispensável, pois se pressupõe que futuros movimentos de vertente têm maior probabilidade de ocorrência em condições semelhantes as do passado (DAI, 2002). A aplicação, desenvolvimento e análise de metodologias que permitam identificar áreas de risco podem contribuir com maior precisão no ordenamento territorial, auxiliando na prevenção de desastres naturais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa “Ciência Sem Fronteiras” por ser a agência de fomento que possibilitou a Graduação Sanduíche no Exterior e deu subsídios à pesquisa; à equipe do RISKam/UL (Avaliação e Gestão de Perigosidades e Risco Ambiental/Universidade de Lisboa) e do LABS/UFPR (Laboratório de Biogeografia e Solos/Universidade Federal do Paraná) pela apoio à concretização deste trabalho; e, por fim, ao Diego Frantz por eventuais assistências relacionadas ao software utilizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- BIGARELLA, J. J. A SERRA do mar e a porção oriental do Estado do Paraná: um problema de segurança ambiental e nacional; contribuições à geografia, geologia e ecologia regional. Curitiba: SEPL/ADEA, 1978. 248p., il. Inclui bibliografia.
- CHEN, Z. ; WANG, J.. Landslide hazard mapping using logistic regression model in Mackenzie Valley, Canada. Nat Hazards, 2007.
- DAI, F. C.; LEE, C. F.; Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong. Geomorphology, v.42, p. 213-228, 2002.
- DAI, F. C.; LEE, C. F.. A Spatiotemporal Probabilistic Modelling Of Storm-Induced Shallow Landsliding Using Aerial Photographs And Logistic Regression. Earth Surface Processes and Landforms. Published

online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/esp.456, 2003.

EM-DAT - Emergency Events Database. The OFDA/CRED International Disaster Database. Disponível em <<http://www.emdat.be>>. Acesso em 10/04/2012.

FERNANDES, N. F.; AMARAL C. P. Movimentos de Massa: uma abordagem Geológico Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S B. (Comp.). Geomorfologia e meio ambiente. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2000. ap. 3, p. 123-194.

GAZETA DO POVO. Gazeta do Povo. 2011. Disponível em <<http://www.gazetadopovo.com.br/vidaecidadania>>. Acesso em 19/06/2012.

GUZZETTI, F.. Landslide hazard and risk assessment. Bona: Dissertação de doutoramento, 2005.

KOZCIAK, S. Análise Determinística da Estabilidade de Vertentes na Bacia do Rio Marumbi - Serra do Mar - Paraná. Curitiba, 2005, p. 151. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental). Universidade Federal do Paraná.

MARCELINO. E. V. Desastres Naturais e Geotecnologias: conceitos básicos. Santa Maria: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2007.

REIS, E.; ZÊZERE, J.L.; VIEIRA, G.T.; RODRIGUES, M.L.. Integração de dados espaciais em SIG para avaliação da susceptibilidade à ocorrência de deslizamentos. Finisterra, XXXVIII, 76, Lisboa, p.3-34, 2003.

SAWATZKY, D.L., RAINES, G.L. , BONHAM-CARTER, G.F., LOONEY, C.G.. Spatial Data Modeller (SDM): ArcMAP 9.3 geoprocessing tools for spatial data modelling using weights of evidence, logistic regression, fuzzy logic and neural networks. 2009.

UBER, J. A., SANTOS, L. J. C. Espacialização das cicatrizes de movimento de massa na bacia hidrográfica do rio Marumbi (Morretes/PR): Subsídios para a delimitação das áreas prioritárias à recuperação ambiental. Curitiba, 2010.