

Simulação matemática aplicada à identificação de áreas susceptíveis a escorregamentos translacionais rasos no Morro do Baú – Santa Catarina

Silva, L. (UFRJ) ; Braga, B. (UFRJ) ; Araújo, J. (UFRJ) ; Fernandes, N. (UFRJ)

RESUMO

O Estado de Santa Catarina vem sendo palco de várias ocorrências de movimentos de massa, como os que ocorreram no evento catastrófico de Novembro de 2008. Foi caracterizado o papel dos fatores topográficos e litológicos que controlam a distribuição dos movimentos de massa na área. Foram feitas simulações através do modelo SHALSTAB e os resultados comparados com a localização dessas cicatrizes. Também foi analisada a correlação entre a ocorrência dos movimentos de massa e o uso do solo.

PALAVRAS CHAVES

Movimentos de massa; Modelagem matemática; Uso do solo

ABSTRACT

The state of Santa Catarina has been the scene of several incidents of mass movements such as the catastrophic event in November 2008. Was characterized the role played by topographics and lithologies factors controlling the spatial distribution of landslides in the area. Numerical simulations with the SHALSTAB model were carried out and the results compared to the original location of the scars. We also analyzed the correlation between the occurrence of mass movements and the land use.

KEYWORDS

Mass movements; Mathematical modeling; Land use

INTRODUÇÃO

As mudanças do uso e cobertura do solo causam efeitos diretos e indiretos na estabilidade das encostas e, freqüentemente, representam um importante fator controlador na ocorrência de movimentos de massa (GREENWAY, 1987; ROERING et al., 2003; SIDLE & OCHIAI, 2006). No Brasil, florestas naturais vêm sendo substituídas pela agricultura nas últimas décadas, causando importantes modificações nas propriedades do solo. Em Novembro de 2008, em Santa Catarina, após um longo período de chuvas intensas, inúmeros movimentos de massa ocorreram na região do Complexo do Morro do Baú. Notou-se que diversos pontos de deslizamentos ocorreram em áreas de plantação de pinus, eucaliptos e bananas (GARCINDO, 2009; VIANNA & SOUZA, 2009). Com seus grandes maciços e a precipitação elevada ao longo do ano, o Morro do Baú se torna uma área de grande susceptibilidade a movimentos de massa (HERMANN et al., 2006; AUMOND et al., 2009). Diante da falta de zoneamento das áreas susceptíveis a movimentos de massa e em busca de um entendimento mais apurado em relação às modificações mecânicas e hidrológicas da mudança de uso e cobertura do solo na região, torna-se essencial a previsão de deslizamentos de encostas no Complexo do Morro do Baú, auxiliando no planejamento de uso e ocupação do solo. Nesse trabalho será utilizado o modelo SHALSTAB (Shallow Landslide Stability Analysis), um modelo matemático determinístico que combina um modelo hidrológico com um modelo de estabilidade de encosta, definindo as zonas susceptíveis à ocorrência de escorregamentos translacionais rasos (DIETRICH & MONTGOMERY, 1998). O presente trabalho tem o objetivo de estabelecer áreas susceptíveis a escorregamentos translacionais rasos no Morro do Baú, na bacia hidrográfica do Ribeirão Braço do Baú, dentro do vale do rio Itajaí. Além disso, nesse estudo foi feita a correlação entre os movimentos de massa e a cobertura vegetal, mostrando como o uso e cobertura do solo controlou esses processos.

MATERIAL E MÉTODOS

O Complexo do Morro do Baú, localizado no Baixo Vale do Itajaí, situa-se nos municípios de Ilhota, Luiz Alves e Gaspar, totalizando uma área de 750 ha (GAPLAN, 1986). A região é constituída basicamente por rochas do Complexo Granulítico de Santa Catarina, do Grupo Itajaí e pela cobertura sedimentar quaternária (IBGE, 2002). A sub-bacia que será analisada é a bacia hidrográfica do Ribeirão Braço do Baú, que está contida na bacia do rio Itajaí-Açu, na parte leste de Santa Catarina, ocupando uma área de 40km², muito ocupada por plantações de bananas, pinus e eucaliptos. Foi gerado um modelo digital de elevação com 10 m de resolução espacial obtido a partir da base topográfica do IBGE 1:50.000. A distribuição espacial dos movimentos de massa foi feita a partir do mapeamento de cicatrizes através de uma imagem GeoEye, obtida após o evento de 2008.. Foram analisados os fatores topográficos e litológicos que controlam a distribuição dos deslizamentos na área do Morro do Baú a partir dos índices de Freqüência (F), Concentração de Cicatrizes (CC) e Potencial de Escorregamentos (PE) (GAO, 1993; GUIMARÃES, 2000). Foi utilizado o modelo SHALSTAB de modo a simular a geração dos escorregamentos e feita à definição das áreas instáveis. Foram simulados quatro cenários, denominados A1, A2, A3 e A4. O objetivo dessas simulações foi verificar condições de susceptibilidade da bacia considerando valores geotécnicos fixos, alterando apenas as espessuras do solo (A1 = 2 m, A2 = 5 m, A3 = 10 m e A4 = 15 m). O objetivo dessa variação foi analisar o papel exercido pela espessura do solo tão significativa na região dos diferentes tipos de rocha. Foi feita também a correlação entre os movimentos de massa e a cobertura vegetal, mostrando como o uso e cobertura do solo controlou esses processos. Foi realizado um mapeamento de uso e cobertura do solo com imagens anteriores ao evento e feita a correlação com a distribuição espacial dos movimentos de massa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A FIGURA 1 apresenta o histograma de ângulo de encosta da bacia. Cerca de 60 % das encostas possuem ângulos entre 11 e 27°, totalizando 68% dos escorregamentos. Embora essas classes apresentem elevado PE (7%), os ângulos entre 27 e 55° totalizam 16% de PE, mesmo totalizando baixos valores de concentração de cicatrizes (17%). A freqüência (F) nas classes baixas é muito elevada (76% na classe 0-22°), e o PE tende a aumentar com o aumento do ângulo da encosta. Contudo, a partir de 44°, o PE tende a diminuir. GUIMARÃES (2000) encontrou essa mesma tendência, e afirmou que tal fato se deve a presença de paredões rochosos ou solo pouco espessos nesses ângulos de encostas. Na análise da hipsometria, o menor PE (0,47%) encontra-se na classe 730-811.1. Nas encostas mais elevadas, a presença de paredões rochosos e solos pouco espessos podem justificar poucas cicatrizes, tendo em vista que esses valores estão localizados aos paredões próximos ao Morro do Baú, compostos basicamente por arenitos com solos pouco espessos (2 a 3 m). Além disso, esse relevo composto por rochas sedimentares possui uma característica de relevo tabular, subhorizontal, muito difícil de ser intemperizado. Quanto à distribuição percentual das unidades litológicas, o Complexo Granulítico aparece em 78,86% da bacia e a CC é de 81,22%, com um PE de 1,79%. Contudo, o Grupo Itajaí, composto por rochas sedimentares que tem uma Freqüência (F) de 12,74% na bacia, possui um PE mais elevado (2,3%) que o Complexo Granulítico. Em relação ao mapeamento de uso e cobertura do solo, verificou-se que a substituição da floresta natural pelas grandes plantações de banana, pinos e eucaliptos na região, associado com elevados gradientes topográficos e intensas chuvas, controlaram a distribuição espacial de cicatrizes. Em relação à modelagem, houve um aumento significativo na classe de incondicionalmente estável, chegando a quase 90% quando o valor de solo é igual a 2 m. Todos os cenários apresentaram valores na categoria incondicionalmente estável. A escala utilizada (1:50.000) pode contribuir para esse comportamento não esperado nessa classe. A mudança mais significativa entre os cenários ocorreu na área ocupada pela classe incondicionalmente estável entre A4 e A1. No cenário A1, 90% da bacia possuem valores localizados na classe de incondicionalmente estável, percentual esse que é reduzido para 40% com o aumento da espessura do solo (cenário A4 - 15 m). Na avaliação da Concentração de Cicatrizes (CC) todos os cenários apresentaram tendência semelhante quanto à distribuição dos escorregamentos em cada uma das classes de susceptibilidade. O maior índice de CC se situou no cenário A1, em torno de 80% na classe incondicionalmente estável. O cenário A4 apresentou 60% da CC nas classes de instabilidade, enquanto o cenário A1 apresentou menos de 15% da CC nessas mesmas classes. Tendência muito similar ao comportamento do cenário A4

nessas classes foi a do cenário A3 para as mesmas classes instáveis. Dessa forma, observa-se que o aumento da espessura do solo é capaz de aumentar os valores de CC nas classes instáveis, reduzindo esse percentual nas classes estáveis. De modo geral, em todas as análises a classe estável obteve muitas cicatrizes, indicando um pequeno acerto no modelo. Esse resultado é diretamente relacionado com a base 1:50.000. Esse mesmo comportamento foi encontrado por GOMES (2002) quando o autor comparou a escala de 1:50.000 com a escala de 1:10.000. Em relação à espessura do solo, o cenário A1 apresentou o maior PE (Figura 2) em quase todas as classes (exceto a classe incondicionalmente instável), contudo a diferença percentual entre esses valores é muito baixa (0,01%) entre as classes. Novos cenários devem ser processados, assim como outros parâmetros devem ser analisados.

Ângulo da Encosta

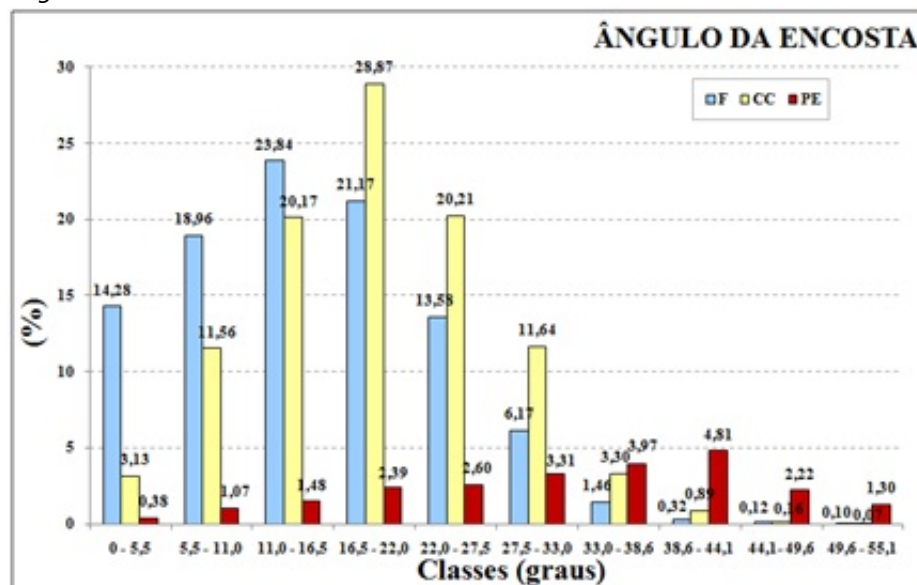


Figura 1: Distribuição do percentual de Freqüência (F), Concentração de Cicatrizes (CC) e Potencial de Escorregamentos (PE) para cada classe de ângulo

Potencial de Escorregamentos

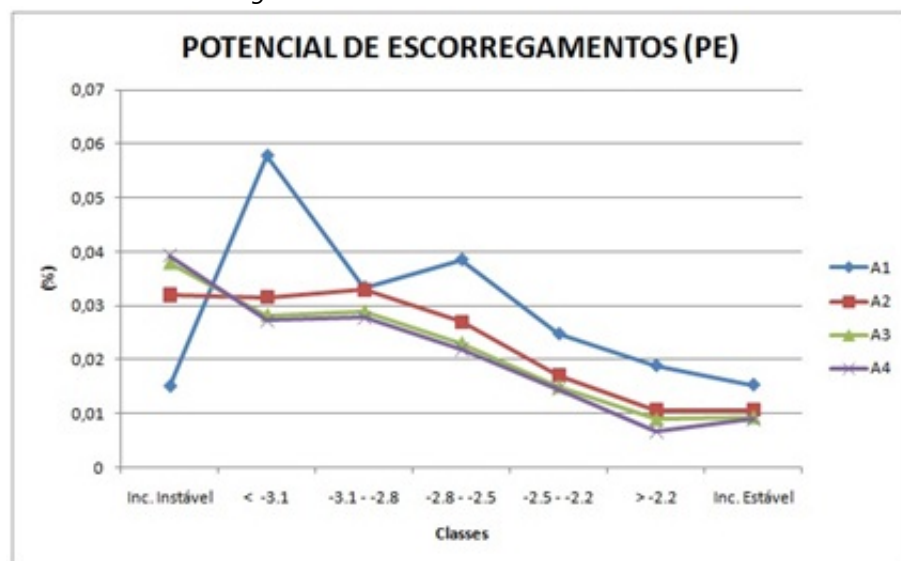


Figura 2: Potencial de Escorregamentos (PE) das classes de susceptibilidade dos mapas gerados nos cenários A1, A2, A3 e A4.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram observadas importantes relações entre os fatores topográficos e a distribuição dos escorregamentos ocorridos em 2008. A litologia bastante diversificada na área influenciou diretamente nos escorregamentos, assim como a topografia côncava que controlou muito a ocorrência desses processos. A correlação entre a classe crítica e as cicatrizes de escorregamento foi baixa, apresentado cerca de 80% da CC na classe incondicionalmente estável. Esta baixa correlação deve estar relacionada a: falta de discretização dos tipos de solo e parâmetros geotécnicos; mudanças no uso do solo; e, sobretudo, a base topográfica de 1:50.000 utilizada. Os resultados demonstraram a importância da resolução do MDE para a análise. A escala de 1:50.000 apresentou muitas limitações, contudo, é recomendada por sua facilidade de acesso e baixo custo. Notou-se também que a análise dos efeitos causados pelas intensas modificações no uso e cobertura do solo é de extrema importância para a gestão da área.

AGRADECIMENTOS

Aos professores da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Edison Tomazzoli e Joel Pellerin, pela receptividade na Instituição, pelo trabalho de campo e por toda ajuda necessária. A professora da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Carla Madureira, pela ajuda na elaboração do mapa de uso e cobertura do solo, assim como a concessão do uso do seu laboratório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AUMOND, J. J.; SEVEGNANI, L.; TACHINI, M.; BACCA, L. E. (2009). Condições naturais que tornam o vale do Itajaí sujeito aos desastres. In: FRANK, B.; SEVEGNANI, L. (orgs.). Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: Água, gente e política. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí. 192p.

DIETRICH, W. E.; MONTGOMERY, D. R. (1998). SHALSTAB: A digital terrain model for mapping shallow landslide potential. NCASI (National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement), Technical Report.

GAPLAN. (1986). Atlas de Santa Catarina. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro. 173p.

GAO, J. (1993). Identification of topographic settings conducive to landsliding from Nelson County, Virginia, U.S.A. Earth Surface Processes and Landforms. n. 18, p. 579-591.

GARCINDO, L. B. (2009). Análise preliminar dos escorregamentos no Morro do Baú - out a nov de 2008. EPAGRI/CIRAM. Relatório técnico apresentado ao GTC - Grupo técnico científico de apoio às catástrofes naturais em Santa Catarina. 11p.

GOMES, R. A. T. (2002). Condicionantes Geomorfológicas e o Efeito da Escala Cartográfica na Previsão de áreas críticas a deslizamentos. Dissertação de Mestrado. UFRJ/PPGG, Rio de Janeiro. 109p.

GREENWAY, D. (1987). Vegetation and slope stability. In: ANDERSEN, M; RICHARDS, K. (eds.). Slope Stability. New York: Wiley.

GUIMARÃES, R. F. (2000). Utilização de um modelo de previsão de áreas susceptíveis a escorregamentos translacionais rasos com controle topográfico: adequação e calibração em duas bacias de drenagem. Tese de Doutorado. Departamento de Geografia. UFRJ, Rio de Janeiro.

HERMANN, M. L.; PELLERIN, J. R. G. M.; SAITO, S. M. (2006). In: HERMANN, M. L. (org.) Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina. Florianópolis: IOESC. 146p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2002). Projeto Gerenciamento Costeiro - GERCO (3ª fase). Florianópolis.

ROERING J. J.; SCHMIDT K. M.; STOCK J. D.; DIETRICH W. E.; MONTGOMERY D. R. (2003). Shallow Landsliding, root reinforcement, and the spatial distribution of trees in the Oregon Coast Range. *Canadian Geotechnical Journal*. n. 40, p.237-253.

SIDLE, R. C.; OCHIAI, H. (2006). Landslide processes and management effects. *Water Resources Monograph*. v. 18, 312p.

VIANNA, L. F. N. V.; SOUZA, J. M. (2009). Relatório sobre o levantamento dos deslizamentos ocasionados pelas chuvas de novembro de 2008 no complexo do Morro do Baú nos municípios de Ilhota, Gaspar e Luis Alves. EPAGRI/CIRAM. Relatório técnico apresentado ao GTC - Grupo técnico científico de apoio às catástrofes naturais em Santa Catarina. 30p.