

# ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DO MODELO SINMAP À RESOLUÇÃO DO MDT NA SIMULAÇÃO DE DESLIZAMENTOS NA BACIA DO RIO SAGRADO – SERRA DO MAR PARANAENSE

Moura Bueno, K.E. (UFPR) ; Santos, I. (UFPR) ; Bauer Schultz, G. (UFPR)

## RESUMO

Este trabalho consiste na avaliação da influência da resolução do Modelo Digital de Terreno (MDT) nas simulações da ocorrência de deslizamentos na bacia do rio Sagrado, PR, utilizando o modelo SINMAP. A análise da sensibilidade foi realizada a partir das simulações utilizando MDTs com resoluções entre 5 e 100m. Os resultados mostraram que a resolução do MDT afeta a qualidade da previsão de deslizamentos, sendo recomendada a resolução de 10m para este tipo de simulação.

## PALAVRAS CHAVES

*Resolução do MDT; Deslizamento; SINMAP*

## ABSTRACT

This work consists on evaluating the influence of Digital Terrain Model's (DTM) resolution on the simulations of landslides occurrence in the Sacred River basin, PR, using SINMAP model. A sensitivity analysis was performed based upon simulations using DEM's with resolutions between 5 and 100m. The results showed that the MDT's resolution affects the quality of the prediction of landslides, and that the resolution of 10m is the most appropriate.

## KEYWORDS

*Resolution of MDT; Landslide; SINMAP*

## INTRODUÇÃO

A previsão e monitoramento de deslizamentos vêm assumindo um papel importante na literatura geomorfológica, assim como o uso de modelos matemáticos de previsão de áreas susceptíveis a deslizamentos (Fernandes et al., 2001). A disponibilidade de softwares de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e a transformação de dados topográficos em Modelos Digitais de Terreno (MDT) possibilitam a integração dos dados espaciais e posteriores análises avançadas (Wawer e Nowocien, 2003). Dados topográficos de alta resolução apresentam maior potencial para identificar as características morfológicas de uma paisagem (Tarolli e Fontana, 2008). As variáveis topográficas podem ser computadas no Modelo Digital de Terreno (MDT) e este é o dado de entrada para realização de simulações com o modelo SINMAP (Pack et al 1998). A determinação da resolução do MDT é um fator que influencia o resultado final e o nível de detalhamento desejado. Diversos trabalhos avaliaram a sensibilidade e a melhor resolução do MDT para indicar áreas instáveis e deslizamentos (APPT et al., 2002; TAROLLI e TARBOTON, 2006; TAROLLI e FONTANA, 2008; e CLAESSENS et al., 2005). Este trabalho tem por objetivo analisar a sensibilidade do modelo SINMAP à resolução do MDT e indicar a melhor resolução para indicar áreas passíveis a deslizamentos.

## MATERIAL E MÉTODOS

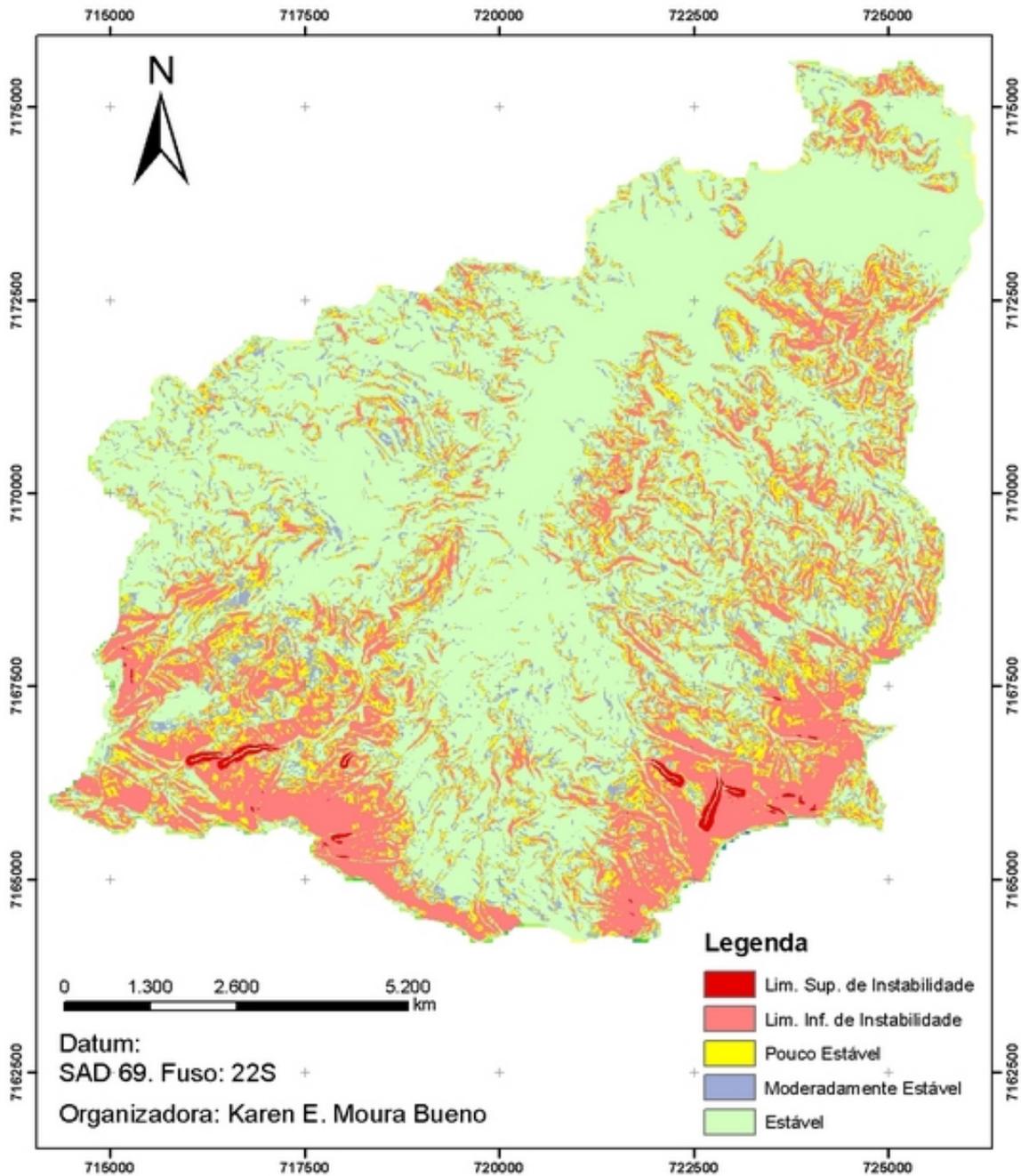
Foi utilizado o modelo de estabilidade de encostas SINMAP desenvolvido por Pack et al (1998) e reelaborado por Pack et al (2005), que indica áreas de instabilidade passíveis a deslizamentos baseado em fatores topográficos, características dos solos e a altura da precipitação. O modelo é fisicamente baseado e distribuído e considera a equação do Fator de Segurança (FS), que leva em consideração a razão entre as forças estabilizantes e desestabilizantes. Os parâmetros do modelo são: ângulo de atrito do solo, a relação entre transmissividade do solo e a precipitação (T/R) e a coesão adimensional do solo. O SINMAP considera também duas variáveis distribuídas oriundas do modelo digital de terreno (MDT), que são a declividade e a área de contribuição específica para cada pixel da área simulada. Para avaliar a influência da resolução do MDT no mapa de estabilidade foram

feitas simulações para uma região homogênea com MDT's de resolução de 5, 10, 20, 30, 50 e 100 metros. Os MDT's foram criados a partir de cartas topográficas em escala 1:20.000, utilizando-se curvas de nível com equidistância de 10 metros, pontos cotados e hidrografia. Os MDT's foram gerados com o interpolador Topo to Raster, disponível no pacote 3D Analyst do software ArcGis 9.3. Os parâmetros do modelo foram calculados a partir dos dados extraídos de (KOZCIAK, 2005) e (Paula, 2010) e se mantiveram fixos em todos os testes.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

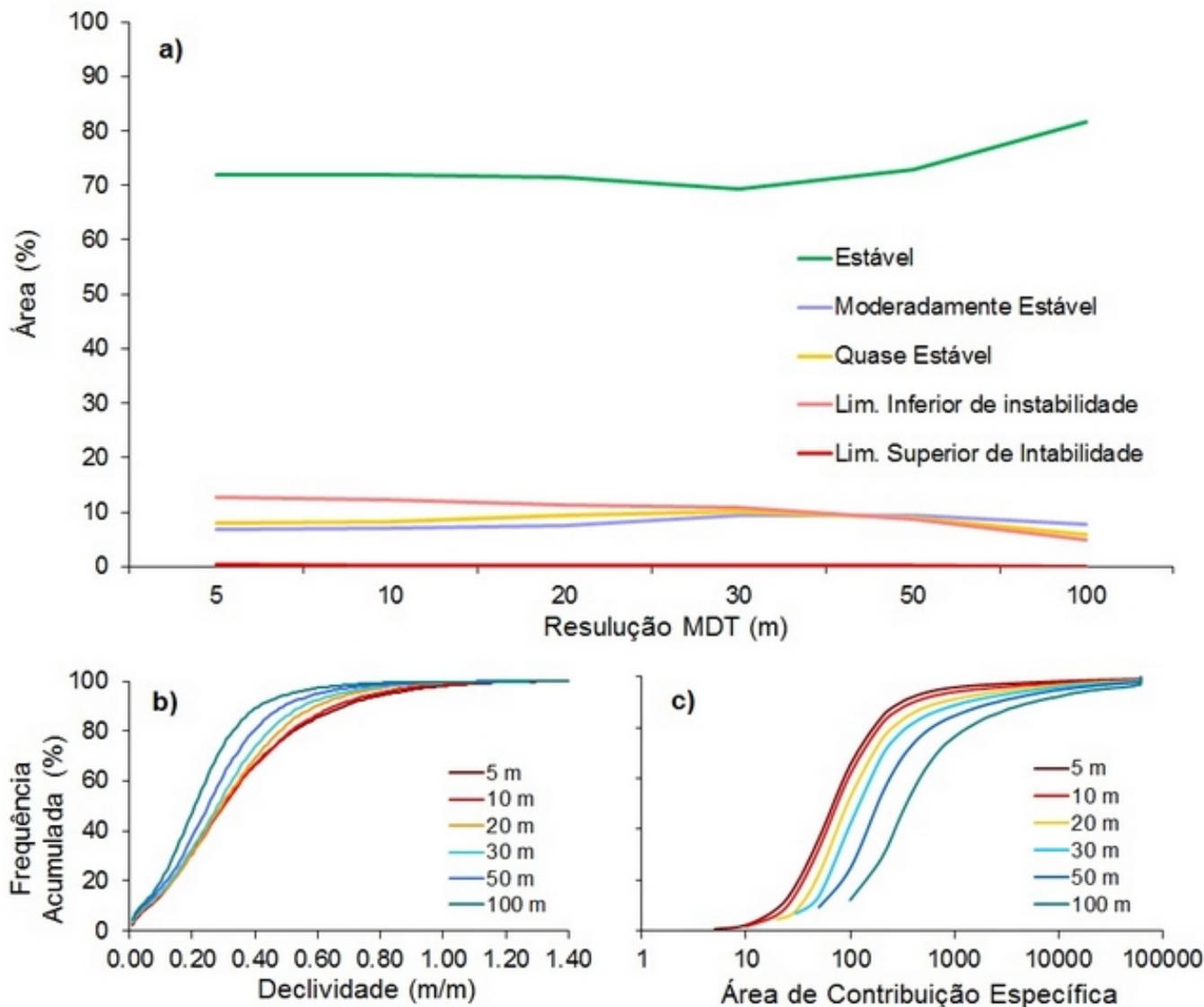
A Figura 1 apresenta a simulação do índice de estabilidade da área de estudo com o modelo SINMAP com resolução de 10 m. Os resultados das simulações realizadas pelo SINMAP (Figura 2a) mostram a influência da resolução do MDT nas áreas ocupadas pelas classes de estabilidade. Nota-se que as resoluções de 5 e 10 não geram diferenças significativas entre si, e que as diferenças aumentam com o tamanho do pixel para as demais resoluções avaliadas. De maneira geral, a medida em que diminui a resolução do MDT aumenta-se a porcentagem de áreas estáveis e decresce as áreas com indicação de instabilidade pelo modelo. Como o MDT influencia diretamente os mapas de declividade e de áreas de contribuição específica, utilizados como variáveis de entrada no modelo SINMAP, fez-se também uma avaliação dos efeitos da resolução do MDT nestas variáveis. A Figura 2b mostra a porcentagem da frequência acumulada dos valores de declividade para as seis resoluções estabelecidas. As menores resoluções tendem a concentrar menores declividades, enquanto à medida que se aumenta a resolução têm-se uma melhora progressiva da distribuição, contemplando também as maiores declividades. As resoluções de 5 e 10 m apresentam declividades muito semelhantes, indicando 10 m como limiar para aumento de qualidade com o aumento da resolução. A Figura 2c apresenta a frequência acumulada da área de contribuição específica para os diferentes níveis de resolução. Maiores resoluções possibilitam uma boa identificação dos divisores de água e topos de morro, onde os pixels de valor unitário compreendem 0,7% da área de contribuição da bacia. Já o MDTs com resoluções acima de 20m não detalham as condições topográficas da bacia, generalizando os divisores de água e as microbacias. Nota-se, por exemplo, que para a resolução de 100 m apenas os pixels unitários ocupam 12% da área total. Estudos relacionados à influência da resolução do MDT sobre análise morfológica e do potencial de instabilidade de terrenos utilizando o SINMAP realizados por (Tarolli e Fontana, 2008) e (Tarolli e Tarboton, 2006) indicam a resolução de 10 m como a mais adequada para estudos com essa finalidade.

*Figura 1*



Mapa de estabilidade da bacia do rio Sagrado com MDT de resolução de 10 metros.

Figura 2



*Influência do MDT nas classes de estabilidade do SINMAP (a), na declividade (b) e na área de contribuição (c).*

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A resolução do MDT influencia o resultado de simulações do modelo SINMAP, interferindo no mapa de estabilidade, distribuição da declividade e área de contribuição específica. De maneira geral, na medida em que diminui a resolução do MDT aumenta a porcentagem de áreas estáveis e decrescem as áreas com indicação de instabilidade pelo modelo. No mapa de declividade, as menores resoluções tendem a concentrar menores declividades e o aumento da resolução leva a uma melhora da distribuição, contemplando também as maiores declividades. Quanto ao mapa de área de contribuição específica, maiores resoluções possibilitam uma boa identificação dos divisores de água e topos de morro, enquanto as resoluções acima de 20m não detalham adequadamente o relevo. A exemplo de outros trabalhos, a resolução de 10 m mostrou-se adequada para simulações com o modelo SINMAP, pois com resoluções menores que 20m ocorre generalização das informações espacial e 5 m não gera melhora significativa nos resultados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

APPT. J.; SKAUGSET. A; PYLES. M.; WING, M.G. "Discriminating between landslide sites asn potentially unstable terrarin using topographic variables". Council on Forest Engineering (COFE) Conference

Proceedings: "A Global Perspective" Auburn, 2002.

CLAESSENS, L.; HEUVELINK, G. B. M.; SCHOORL, J. M.; VELDKAMP, A. "DEM resolution effects on shallow landslide hazard and soil redistribution modeling" Earth Surface Processes and Landforms, 2005.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. 2001. "Condiciones geomorfológicas dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis". Revista brasileira de Geomorfologia, UGB, 2001. Vol. 2, Nº 1. p 51-71.

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

PACK, R. T., TARBOTON D. G., GOODWIN C. N., PRASAD, A. "SINMAP user's manual", 2005.

Disponível em <http://www.engineering.usu.edu/dtarb/sinmap.html>

PACK, R. T., D. G. TARBOTON AND C. N. GOODWIN, "The SINMAP Approach to Terrain Stability Mapping," Paper Submitted to 8th Congress of the International Association of Engineering Geology, Vancouver, British Columbia, Canada 21-25 September 1998.

PAULA, E. V. "Análise do Processo de Produção de Sedimentos na Área de Drenagem da Baía de Antonina: Uma Abordagem Geopedológica". Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TAROLLI, P.; FONTANA, G. D. "Analysis of the headwater basins' morphology by high-resolution lidar-derived DTM". Padova, Italy, 2008. Disponível em:

[http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/5-C55/papers/tarolli\\_paolo\\_1.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/5-C55/papers/tarolli_paolo_1.pdf)

TAROLLI, P.; TARBOTON, D. G. "A new method for determination of most likely landslide initiation points and the evaluation of digital terrain model scale in terrain stability mapping". Hydrology and Earth Sciences. Padova, Italy, 2006.

WAWER, R.; NOWOCIEN, E. "Application of SINMAP terrain stability model to Grodarz stream watershed". Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Environmental Development 6/1, 2003. <http://www.ejpau.media.pl/volume6/issue1/environment/abs-03.html>