



INFLUÊNCIA DA CURVATURA DAS VERTENTES NA OCORRÊNCIA DE ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS NA SUB-BACIA DO RIO SAGRADO (MORRETES/PR)

Ana Paula Marés Mikosik ¹ - ¹ Bolsista Iniciação Científica CNPq -
anammikosik@hotmail.com

Eduardo Vedor de Paula ² - ² Bolsista DTI-1 CNPq - UFPR
eduardovedordepaula@yahoo.com.br

Leonardo José Cordeiro Santos ³. Professor Doutor do Departamento de Geografia - UFPR
santos@ufpr.br

RESUMO: Várias hipóteses foram formuladas na tentativa de identificar a curvatura das vertentes mais propícia aos escorregamentos translacionais rasos, sem que haja atualmente um consenso de opiniões dos autores. De maneira a contribuir nesta discussão, o objetivo deste trabalho é analisar a curvatura das vertentes, principalmente o plano (côncavo/convexo), que mais contribui para a ocorrência de escorregamentos translacionais rasos na sub-bacia hidrográfica do rio Sagrado, Morretes (PR). Foi utilizado o modelo SHALSTAB (*Shallow Landslide Stability Analysis*) com o intuito de gerar um mapa de suscetibilidade aos escorregamentos translacionais e posteriormente analisadas as curvaturas das vertentes com ocorrência de cicatrizes de escorregamentos translacionais. Os resultados demonstraram que as vertentes côncavas em planta e perfil apresentaram maior suscetibilidade aos escorregamentos translacionais independente da posição da cicatriz na vertente.

Palavras-chave: Curvatura, SHALSTAB, Suscetibilidade

ABSTRACT: Several hypotheses have been formulated in an attempt to identify the plan curvature most favorable to the shallow translational landslides, with no consensus on the research results found. In order to contribute in this discussion, the objective with this work was to analyze the plan the curvature, especially the plane (concave/convex) that mostly contributed to the occurrence of shallow translational landslides in the sub-basin of the Sagrado River, in Morretes, State of Paraná. The SHALSTAB (*Shallow Landslide Stability Analysis*) model was used in order to generate a map of the susceptibility to translational landslides and posteriory were analyzed the curvature of slopes with the occurrence of translational landslide scars. The results showed that the slopes with concave plane and convergent profile showed greater susceptibility to translational landslides.



Keywords: Plan the curvature, SHALSTAB, Susceptibility.

1 – INTRODUÇÃO

A dinâmica das paisagens é diretamente afetada pelas formas da superfície terrestre que constituem o relevo, por isso deve-se compreender a unidade básica do relevo denominada de vertente.

Segundo DYLIK (1968) *apud* PAULA (2007), a vertente pode ser conceituada como uma “forma tridimensional que foi modelada pelos processos de denudação, atuantes no presente ou no passado e representando uma conexão dinâmica entre o interflúvio e o fundo de vale”.

Ao se classificar as vertentes pela forma que as mesmas assumem no relevo, conforme ARCHAMBAULT, LHÉNAF & VANNEY (1968) *apud* MULLER FILHO & SARTORI (1999), há a existência de três tipos de perfis: côncavos, convexos e retilíneos.

As vertentes com perfis côncavos favorecem a convergência dos fluxos d’água, as vertentes convexas atuam de maneira contrária as côncavas, ou seja, favorecem a dissipação d’água na encosta por meio do fluxo difuso, enquanto que as vertentes retilíneas têm um padrão reto que contribui para que a água flua de maneira laminar.

De acordo com as características supracitadas nota-se que as mesmas exercem influência nos processos que ocorrem nas vertentes, assim o estudo das formas das vertentes no que se refere à instabilidade das suas condições física e à dinâmica ocorrida pela sua evolução elucidam como são superados os limites da estabilidade das vertentes, o que permite compreender os processos deflagradores dos movimentos de massa.

Entretanto, PENTEADO (1983) afirma que o estudo da estabilidade das vertentes e o seu grau de equilíbrio ainda é um problema aberto da geomorfologia, pois não se pode determinar com exatidão o grau de irregularidade das superfícies e de interferências externas significativas num determinado estado.

BLOOM (1970) afirma que de modo geral a superfície superior convexa da vertente é controlada pelos escorregamentos, principalmente os rastejos, e os trechos inferiores com características côncavas predominam os processos em que atuam o transporte pela água.

FERNANDES *et al.*, (2001), em estudos realizados nas bacias hidrográficas do rio Quitite e Papagaio averiguaram que o parâmetro morfológico forma da vertente determinou um potencial de



escorregamentos com superioridade de cerca de três vezes mais nas porções côncavas do que naquelas com feições convexas e retilíneas.

Contudo, KOZCIAK (2005) discorre que nas vertentes da bacia do rio Marumbi localizada na Serra do Mar Paranaense, os índices de segurança referente a estabilidade das vertentes foram menores naquelas com característica convexa nas áreas de baixa e média vertente devido a espessura do solo.

VIEIRA (2007) em revisão bibliográfica verificou que a maioria dos autores entendem que nas porções côncavas, por concentrarem maior volume de água e sedimentos, provocam a elevação da poro-pressão, a qual tem o papel de reduzir a estabilidade das vertentes. Entretanto, numa bacia piloto localizada entre as Serras de Cubatão e Paranapiacaba na Serra do Mar Paulista encontrou a concentração de cicatrizes de escorregamentos translacionais, principalmente, entre as altitudes de 400 e 800m, em encostas com curvatura convexa ou retilínea na faixa de 40° a 50°.

Fica evidente na revisão bibliográfica realizada a falta de consenso entre os autores em afirmar qual a curvatura da vertente é mais propícia aos movimentos de massa, apesar de ser unânime a influência desse parâmetro na sua estabilidade. Assim sendo, o avanço dos estudos no que concerne a análise das formas das vertentes, contribui para o esclarecimento da devida relevância desse parâmetro no seu grau de estabilidade.

Desta maneira, o objetivo da presente pesquisa é contribuir para o desenvolvimento da temática ao analisar a ocorrência de escorregamentos translacionais na sub-bacia hidrográfica do rio Sagrado, Morretes (PR) representada pela Fig 1.

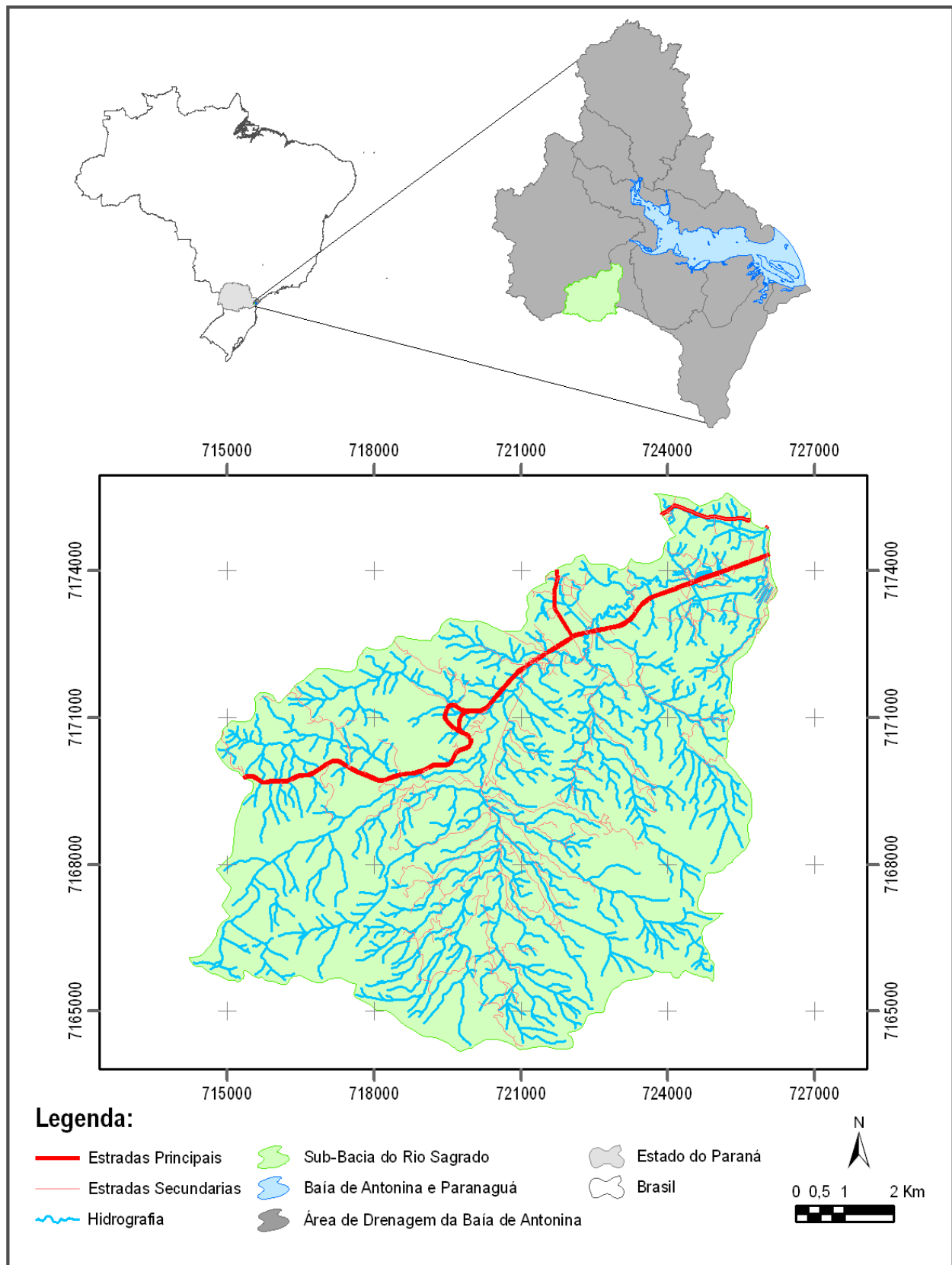


Figura 1 Localização da sub-bacia hidrográfica do Rio Sagrado.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS



Segundo GUIMARÃES (2003) o SHALSTAB (Shallow Stability) combina um modelo hidrológico com um outro de estabilidade de encostas, a partir de modelos digitais do terreno (MDT's).

Na sub-bacia do rio Sagrado, para gerar um MDT, utilizou-se base cartográfica na escala 1: 25.000 com curvas de nível de 10 metros de equidistância, pontos cotados e hidrografia. O módulo utilizado foi o *Topo to Raster* (ferramenta *3D Analyst*) do programa *ArcMap 9.3 (ArcGis 9)*. A interpolação deste módulo é baseada no trabalho desenvolvido por HUTCHINSON (1989) *apud* CARVALHO JÚNIOR *et al.*, (2008) que consiste em criar um MDT hidrológicamente corrigido, o qual contém as propriedades de drenagem e os dados de fluxo de direção. O procedimento mantém as características hidrográficas ao tentar remover o maior número de pontos de depressão.

No entanto, para o caso dessa sub-bacia, houve a necessidade de completar a remoção dos pontos de depressão pertencentes ao MDT na ferramenta SHALtop pertencente ao modelo SHALSTAB. A partir desse MDT, ainda na ferramenta SHALtop, foram utilizados os dados para gerar a “Área de Contribuição e a “Declive”. Posteriormente, esses serviram como base cartográfica para a geração do mapa de suscetibilidade, enquanto que os parâmetros como ângulo de atrito interno, densidade do solo, espessura do solo e coesão do solo adotou-se os valores *default*, 45 °C, 1.700 kg/m³, 1 m, 2.000 n/m², respectivamente.

O mapa de suscetibilidade possibilitou que fossem adquiridas as informações relativas ao grau de instabilidade das vertentes tendo a posição das cicatrizes dos escorregamentos translacionais como referência para a definição. Conforme mapeamento realizado por MARÉS MIKOSIK *et al.*, (2009).

Em relação a informação relativa ao atributo curvatura das vertente (perfil/plano) em que há a presença dos escorregamentos translacionais tomou-se como referência o mapeamento elaborado por PAULA (2010). A curvatura da vertente foi analisada por meio do grau de predominância dos *pixels*, como pode ser demonstrada na Fig 2, presentes nas cicatrizes dos escorregados translacionais.

Por fim, organizou-se em forma de tabela as informações identificadas no mapa de suscetibilidade ao agrupá-las em 3 grandes classes de suscetibilidade (áreas estáveis, áreas de média estabilidade e áreas instáveis), conforme CARVALHO, 2009. Também foram inseridas as informações extraídas do mapeamento referente a curvatura da vertente, bem como a posição das cicatrizes dos escorregamentos translacionais nas vertentes.

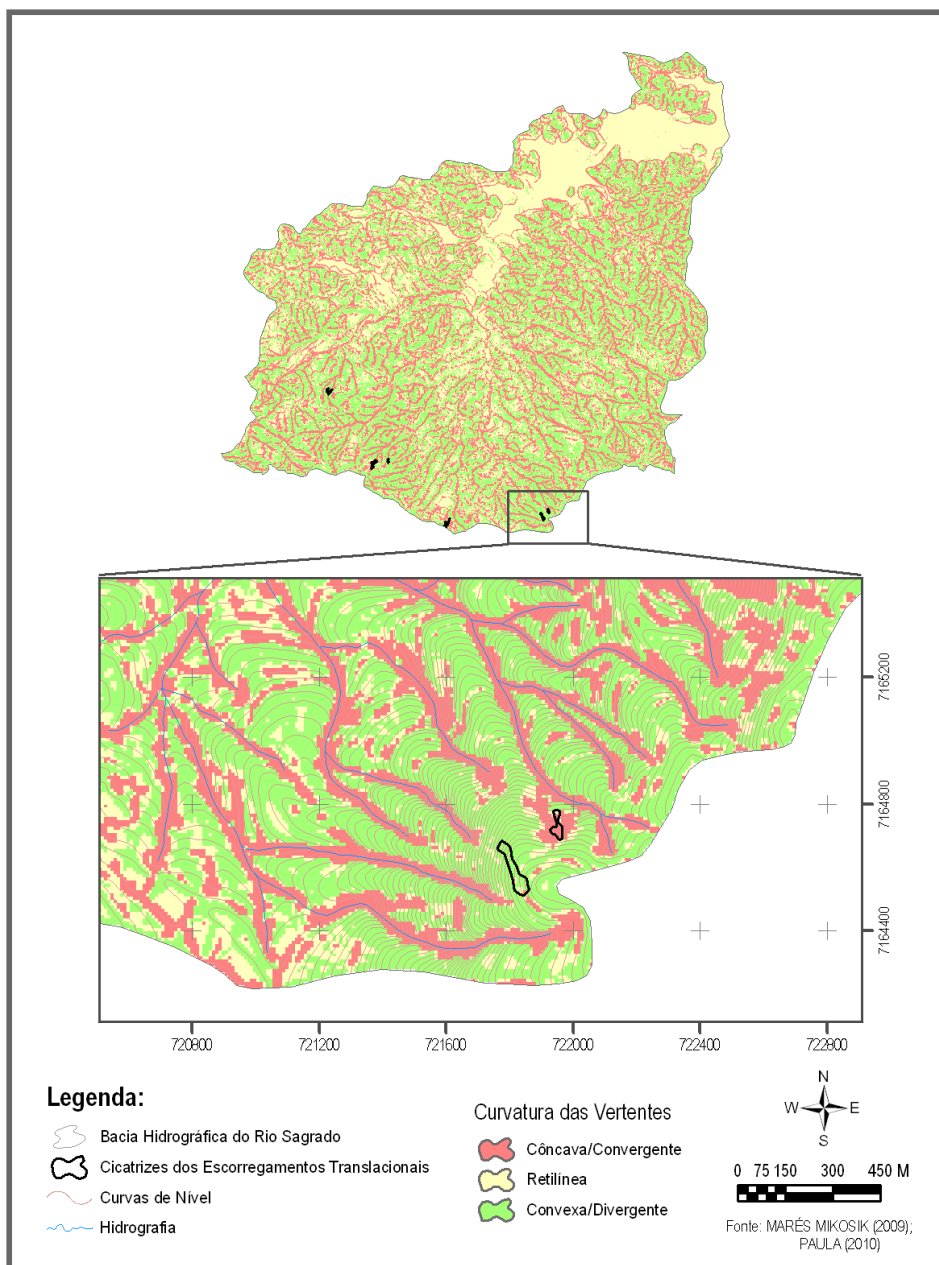


Figura 2 Detalhe do tipo predominante de curvatura das vertentes encontrada nas cicatrizes de escorregamentos translacionais.

3 – RESULTADO

A partir da aplicação do SHALSTAB foi possível gerar o “Mapa de Suscetibilidade” para a sub-bacia do Rio Sagrado, conforme exposto na Fig 3.

Nota-se que no mapa prevalece a classes de suscetibilidade “Áreas Estáveis” (“Incondicionalmente Estável e Saturado” e “Incondicionalmente Estável e Não Saturado”) e a “Área de Média Estabilidade” (“Estável e Não Saturado, Instável e Não Saturado e Instável



e Saturado), as quais totalizam, respectivamente, 73,1% e 21,7% da área da bacia. A justificativa para esse alto percentual está vinculada as características geomorfológicas, pois nessas classes predominam planícies aluviais (17,29%), áreas colúvias montanhosas (5,02%), morros (3,15%) colinas (2,48%) e áreas colúvias (1,32%).

Em relação, as “Áreas Instáveis” (“Incondicionalmente Instável e Saturado” e “Incondicionalmente Instável e Não Saturado”), correspondem a 5,1%, sendo que prevalecem em áreas de serra (58,14%) da bacia.

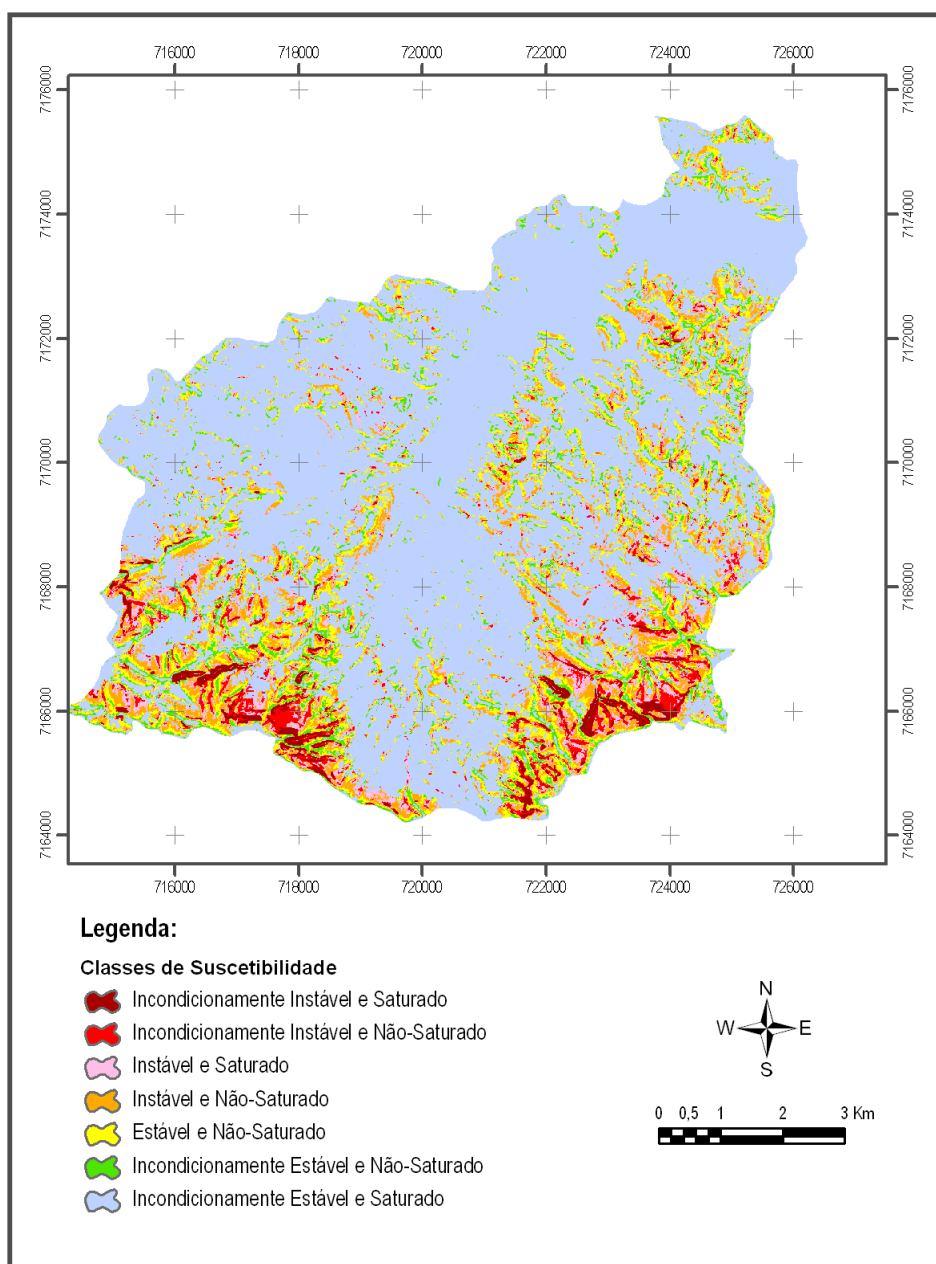


Figura 3 Mapa de Suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos translacionais na sub-bacia do rio Sagrado (Morretes/Pr).



Por meio da análise integrada que corresponde a curvatura da vertente, a posição das cicatrizes de escorregamentos translacionais na vertente e a suscetibilidade aos escorregamentos translacionais nas vertentes, obteve-se na Tab. 1, a síntese dos mesmos.

Cicatriz	Curvatura da Vertente		Posição da Cicatriz na Vertente	Classes		
	Plano	Perfil		Áreas Estáveis	Áreas Média Estabilidade	Áreas Instáveis
1	Côncava	Convergente	Terço Médio			X
2	Côncava	Convergente	Terço Inferior		X	
3	Côncava	Convergente	Terço Inferior		X	
6	Cônvexa	Divergente	Terço Superior	X		
7a	Cônvexa	Divergente	Terço Superior	X		
	Côncava	Convergente	Terço Médio/Inferior		X	
7b	Cônvexa	Divergente	Terço Superior	X		
	Côncava	Convergente	Terço Superior/Médio			X
	Cônvexa	Divergente	Médio/Inferior		X	
	Côncava	Convergente	Inferior	X		
10	Cônvexa	Divergente	Terço Médio	X		
15	Côncava	Convergente	Terço Médio			X

Legenda:
Áreas Estáveis: Incondicionalmente Estável e Saturado + Incondicionalmente Estável e Não-Saturado
Área Média Estabilidade: Estável e Não-Saturado + Instável e Não-Saturado + Instável e Saturado
Áreas Instáveis: Incondicionalmente Instável e Não-Saturado + Incondicionalmente Instável e Saturado

Tab. 1 Síntese da tabulação dos dados.

Pelos dados apresentados na Tab. 1, nota-se que as vertentes com plano côncavo e perfil convergente, apresentaram maior suscetibilidade aos escorregamentos translacionais independente da posição da cicatriz na vertente.

Verificou-se que 2 cicatrizes com características de “área de média instabilidade” estão localizadas na posição inferior da vertente, enquanto que outra cicatriz também com a mesma característica de instabilidade situa-se no médio/inferior. Nas 3 cicatrizes com “áreas instáveis”, 2 delas encontram-se na média posição e 1 na posição superior/média da vertente. Apenas uma cicatriz côncava e convergente possui atributo na classe de suscetibilidade “áreas estáveis”.

Quanto a curvatura convexa e divergente, os dados confirmaram que a suscetibilidade abrange tanto as “áreas estáveis” como as “áreas de média estabilidade”. Com isso tem-se 3 cicatrizes consideradas estáveis, sendo que 2 na porção superior e 1 na média vertente. Em relação as “áreas de média estabilidade” foram encontradas 2 cicatrizes, 1 no setor superior da vertente e a outra na parte considerada média/inferior.



5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em particular neste trabalho verificou-se que a forma da vertente côncava com perfil convergente exerce forte influência na possibilidade da ocorrência dos escorregamentos translacionais.

GUIMARÃES (2003), defende que as zonas de convergência (*hollows*) concentram o material transportado na superfície ou favorecem a formação de zonas de saturação. Defendemos que essa explicação é plausível para os resultados encontrados, pois a aplicação do modelo SHALSTAB na sub-bacia do Rio Sagrado demonstrou que as áreas mais suscetíveis aos escorregamentos translacionais são típicas de porções das vertentes com características de concavidade e convergência do fluxo d'água.

Acreditamos ser de suma relevância que os estudos pertinentes à forma das vertentes avancem ainda mais no sentido de contribuir para a elucidação da problemática. Nesse sentido, FERNANDES *et al.*, (2001) afirmam que uma melhor investigação da forma da vertente pode proporcionar uma melhor compreensão dos mecanismos de ruptura envolvidos nas vertentes e uma previsão mais efetiva na escala regional. Assim, poderá se esclarecer qual a devida relevância desse parâmetro no grau de estabilidade das vertentes.

Importante ressaltar que outras características da vertente também são de suma relevância quando envolvem de movimentos de massa sendo elas: comprimento de rampa e o declive. Nesse sentido, a velocidade do deslocamento de material de solo ou rocha e, portanto, a capacidade de transporte de massas sólidas e líquidas são proporcionais ao comprimento de rampa e a inclinação caracterizada pela declividade, conforme atestam diversos autores.

Desta forma, a perspectiva é de aprimorar o entendimento dessas características das vertentes em trabalhos futuros.

6 – AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo financiamento do Edital 44/2008 ao qual este trabalho pode ser elaborado. À Professora Doutora Bianca Carvalho Vieira e ao Professor Irani dos Santos por suas contribuições na aplicação e compreensão do modelo SHALSTAB. Ao acadêmico Felipe Costa Abreu por sua ajuda na realização de etapas deste trabalho.



7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLOOM, A. L. **Superfície da Terra**. São Paulo: Edgard Blücher, [1970]. 184 p.

CARVALHO JUNIOR, O. A.; COELHO, M. A. N.; MARTINS, E. S.; GOMES, R. A. T.; COUTO JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, S. N.; SANTANA, O. A. **Mapeamento da vegetação na floresta Atlântica usando o classificador de árvore de decisão para integrar dado de sensoriamento remoto e modelo digital de terreno**. Revista Brasileira de Geofísica, v. 26, p. 331-345, 2008.

CARVALHO, D. M. ; PESSOA, O. A. A. ; SILVEIRA, I. A. ; CARVALHO JUNIOR, O. A. ; GOMES, R. A. T. . **Aplicação do Modelo SHALSTAB para a Demarcação de Áreas Suscetíveis a Escorregamentos no Município de Itatiaia-RJ**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, VIÇOSA.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. M. **Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: teoria, evidências de campo e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 2, n. 1, p. 51-71, 2001.

GUIMARÃES, R. F.; FERNANDES, N. F. **Fundamentação Teórica do Modelo Matemático para Previsão de Escorregamentos Rasos – Shallow Stability**. Espaço & Geografia, v. 6, n. 2, p. 133-150, 2003.

MARÉS MIKOSIK, A. P.; PAULA, E. V.; SANTOS, L. J. C. **Espacialização das cicatrizes de movimento de massa na bacia hidrográfica do rio Sagrado (Morretes/PR): Subsídios para a delimitação das áreas prioritárias à recuperação ambiental**. XIII Simpósio de Geografia Física Aplicada – SBGFA. Viçosa, 2009.

MÜLLER FILHO, I. L.; SARTORI M. G. B. **Elementos para interpretação geomorfológica de cartas topográficas: Contribuição à análise ambiental**. 1ª ed., Santa Maria: UFSM, 1999.



PAULA, E. V.; [CUNICO, C.](#); HARO, R.; LAGO, M. **Delimitação das Formas de Vertentes e Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno (Antonina/PR)**. Antonina: ADEMADAN, 2007. Relatório Técnico Terminais Marítimos da Cattalini.

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 (no prelo).

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1983.

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.

STABILE, R. A. ; VIEIRA, B. C. **O Papel da Declividade e da Forma das Vertentes na Distribuição das Feições Erosivas da Bacia Água da Faca, Piratininga (SP)**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa (MG). XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009.

VIEIRA, B. C. **Previsão de Escorregamentos Translacionais Rasos na Serra do Mar (SP) a partir de Modelos Matemáticos em Bases Físicas**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.