

# MAPAS DE SUSCEPTIBILIDADE A ESCORREGAMENTOS RASOS, USANDO OS MODELOS SHALSTAB E SINMAP, DA BACIA DO RIO PAQUEQUER - TERESÓPOLIS – RJ

Susceptibility Maps for Shallow Landslides using  
Shalstab and Sinmap Models of Paquequer River Basin -  
Teresópolis – RJ

Francisco Dourado<sup>1</sup>  
Henrique Roig<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geologia  
Aplicada/Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro

<sup>2</sup> Departamento de Geologia Geral e  
Aplicada/Universidade de Brasília

---

## Resumo

Nos últimos anos a região montanhosa do Estado do Rio de Janeiro foi onde, no Brasil, ocorreu o maior número de vítimas fatais devido a desastres naturais relacionados a eventos climáticos extremos. A comunidade científica mundial vem desenvolvendo diversos modelos de previsão das áreas de maior susceptibilidade a movimentos de massa. Alguns modelos utilizam estatísticas, enquanto outros usam parâmetros físicos do solo, como densidade, ângulo de atrito e coesão, para esse cálculo. Este trabalho analisou os resultados dos modelos SHALSTAB e SINMAP para a bacia do rio Paquequer em Teresópolis, RJ nas escalas 1:10.000 e 1:50.000. O modelo SINMAP apresentou, para a área de estudo, uma correlação de até 47%, quase cinco vezes maior quando comparado aos resultados do SHALSTAB de apresentaram no máximo 10%. Com a mudança da escala da base cartográfica de 1:50.000 para a escala 1:10.000, o índice de correlação entre as áreas susceptíveis a escorregamento calculado pelos modelos e as cicatrizes de escorregamentos apresentou um incremento de até dez pontos percentuais. Porém, o trabalho com base nesta escala inviabiliza-se devido ao alto custo financeiro e a pouca disponibilidade de dados nesta escala. A baixa correlação entre as classes susceptíveis e as cicatrizes de escorregamento deveu-se: limitações dos modelos, falta de discretização dos tipos de solo e seus parâmetros físicos e influência antrópica.

**Palavras-chave:** Escorregamentos, Modelagem, Modelos, Geoprocessamento, Rio Paquequer e Teresópolis.

## Abstract

In the last years, the mountainous region of the state of Rio de Janeiro was where, in Brazil, the greatest number of deaths due to natural disasters occurred, and was related to extreme weather events. The world scientific community has developed several models to forecast the areas of greatest susceptibility to landslides. Some models use statistics data, while others use physical parameters such as density, friction angle and cohesion for this calculation. This study analyzed the results of the models and SHALSTAB SINMAP for Paquequer river basin in Teresopolis, Rio de Janeiro at 1:10,000 and 1:50,000 map scales. The model SINMAP findings with correlation of up to 47%, almost five times higher compared to the results presented SHALSTAB

## Correspondência:

Francisco Dourado  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro –  
Faculdade de Geologia - Departamento de  
Geologia Aplicada - Rua São Francisco  
Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro -  
CEP: 20550-900 – RJ, Brasil.  
Email: fdourado@uerj.br

Recebido em outubro de 2012  
Aprovado em novembro de 2012  
Artigo disponível em  
[www.cadegeo.uff.br](http://www.cadegeo.uff.br)

that was 10%. With the change of the scale of the base map from 1:50,000 to 1:10,000, the correlation between the susceptibility areas calculated by the models increased up to ten percentage points. However, the work based on this scale is unfeasible due to the high cost and limited availability of this data scale. The low correlation found between calculated high susceptibility areas and old landslides scars occurred by: limitations of models, lack of discretization of soil types and their physical parameters and human influence.

**Keywords:** Landslide, Modeling, Models, Paquequer River, Teresópolis.

---

## INTRODUÇÃO

Todos os anos, no período das chuvas, dezenas de vidas são perdidas e milhares de dólares são gastos em acidentes relacionados a desastres naturais. Os desastres naturais (escorregamentos, tsunamis, terremotos, erupções, secas, inundações, etc.) são bem mais comuns e danosos do que o grande público imagina. Relatórios anuais da defesa civil da ONU registraram bilhões de dólares em prejuízos econômicos (WP/WLI, 1990 e 1994). O Brasil é um país onde os desastres naturais consomem muitos recursos financeiros, em especial na região Nordeste, devido à seca, região Sudeste com os escorregamentos e na região Sul com as inundações.

Movimentos de massa são processos naturais associados à dinâmica externa da Terra, sendo um dos responsáveis pela modelagem da paisagem. São movimentos gravitacionais rápidos, normalmente desenvolvidos no manto de alteração das rochas (Guerra *et al.* 1999 e Taioli & Cordani, 2000).

Os movimentos de massa translacionais rasos são um tipo específico de escorregamentos, onde em geral o pacote de material que desliza, em movimentos rápidos e de curta duração, é limitado por uma descontinuidade plana que pode ser, por exemplo, o contato entre duas camadas de solos distintas (colúvio e elúvio) ou o limite entre manto de alteração e a rocha sã. (Guidicini e Nieble, 1984; Augusto Filho, 1992; WP/WLI, 1994; Fernandes & Amaral, 1996).

Este trabalho tem como objetivo gerar e comparar os mapas de susceptibilidade a movimentos de massa, do tipo translacional raso, baseado nos modelos determinísticos SINMAP e SHALSTAB, usando como área de testes a bacia do rio Paquequer, localizada no município de Teresópolis, RJ validando através da comparação de cicatrizes de movimentos de massa históricos levantados a partir de fotografias aéreas e imagens de satélites.

## LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo, a bacia do rio Paquequer, fica situada na porção oeste do município de Teresópolis, na qual está inserida a principal área urbana do município. Encontra-se limitada pelas coordenadas 22° 12' 56" a 22° 28' 35" de latitude e 42° 52' 53" a 43° 03' 19" de longitude (Figura 1), possui uma área aproximada de 269,01 km<sup>2</sup> e sua altitude varia entre 699 e 2218 metros. O rio Paquequer é afluente do rio Preto, que por sua vez faz parte da bacia do rio Paraíba do Sul.

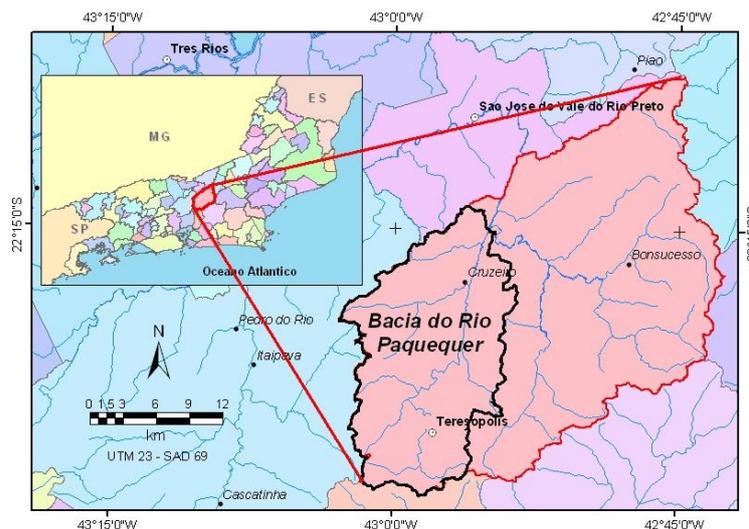


Figura 1. Mapa de localização da bacia do rio Paquequer.

## OS MODELOS

Uma estratégia para mitigarmos as perdas causadas por estes tipos de evento é a criação de mapas de áreas susceptíveis a movimentos de Massa. Esses mapas podem ser uma importante ferramenta para o planejamento territorial e gestão municipal. Normalmente, são baseados em modelos matemáticos, que podem ser divididos em dois grupos: os modelos estocásticos e os modelos determinísticos.

No primeiro grupo, a probabilidade de um escorregamento ocorrer é calculada através do cruzamento de informações (uso e ocupação do solo, geologia, geomorfologia, etc.) baseado na análise dos dados históricos sobre o fenômeno. Uma escala de probabilidade de ocorrência é definida a partir da ponderação de peso atribuído a cada parâmetro, que pode ser orientada pelo dado (*data-driven*) ou pelo usuário (*knowledge-driven*) (Bonham-Carter, 1994; Braghin, 1998; Gonzales, 2000; Crosta & Souza Filho, 2003). A cada intervalo de notas atribui-se uma classe de risco, como por exemplo, alto, médio e baixo risco.

No segundo grupo, no qual focamos esse trabalho, a probabilidade de ocorrência do escorregamento é calculada levando-se em consideração os parâmetros físicos do meio. A partir dos valores resultantes do modelo defini-se um limite de segurança, a partir do qual a área é considerada susceptível ao deslizamento e é definida como Área de Risco (Dietrich *et al.*, 1993; Montgomery & Dietrich, 1994;; Montgomery & Dietrich, 1994; Lee, 2002; Guimarães, 2003; Fernandes, 2004). Os modelos SHALSTAB - Shallow Landsliding Stability

Model - (Dietrich *et al.*, 1998) e SINMAP - Stability Index MAPping - (Pack *et al.*, 1998(a); Pack *et al.*, 1998(b)) comparados neste trabalho fazem parte deste grupo.

## METODOLOGIA

As bases de dados utilizadas no trabalho foram:

Cartas Topográficas na escala 1:50.000 - Folhas Itaipava, Teresópolis, Friburgo, Antas e Duas Barras, confeccionadas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no início da década de setenta.

Fotografias aéreas e imagens de sensores orbitais:

- fotografias aéreas de 1956 e 1958 na escala 1:33.000;

- 1976 na escala 1:40.000
- 1994 na escala de 1:8.000 (disponibilizadas pela Prefeitura de Teresópolis);
- ortofotos de 2004 na escala 1:10.000
- imagens SPOT-3 de 1996,
- imagens Landsat 5 e 7, para o período de 1997 a 2000; e
- imagens IKONOS, datada de 2000.

Mapas geológicos do mapeamento geológico sistemático do Estado do Rio de Janeiro realizado pelo DRM-RJ (Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro), chamado Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro na escala 1:50.000.

A base de escorregamentos históricos da dissertação de mestrado de Gonzales (2000) intitulada "Aplicação de métodos de geoprocessamento para o estudo da instabilidade de encostas no município de Teresópolis – RJ" que contava com 272 (duzentos e setenta e duas) ocorrências de movimentos de Massa.

Usando a base histórica como referência, a partir das imagens de satélites IKONOS e as ortofotos 1:10.000, cicatrizes de escorregamentos foram mapeadas e cadastradas em uma base de dados para a validação dos modelos. Para situações onde existia dúvidas ou a região estava coberta por nuvens foram utilizadas as fotografias aéreas na escala de 1:8.000, 1:33.000 e 1:40.000 e as imagens dos satélites SPOT e Landsat.

Dentro deste contexto as unidades geológicas encontradas na área são: Complexo Rio Negro - São gnaisses migmatíticos são caracterizados pelas estruturas estromáticas, predominantemente composto de leucossoma bi-gnaiss de grão médio a pegmatóide e melanossoma anfibolítico. Este Complexo é constituído por duas unidades, a primeira caracterizada por gnaisses migmatíticos (PeVnm), e a segunda por gnaisses tonalíticos (PeVrng) ou ho-bi-gnaiss (UERJ/IBGE, 1999). Batólito Serra dos Órgãos - As litologias deste batólitos podem ser agrupadas em duas unidades: os granitos (Pegrqd) e leucogranito gnáissicos (Pelgr) de grão médio a grosseiro, (UERJ/IBGE, 1999). Granito Teresópolis - A unidade é composta por rochas graníticas pós-tectônicas intrusivas. É composta por duas fácies principais: Granito Teresópolis de Grão Médio (GrM) e Granito Teresópolis de Grão Fino (GrF). Diques Básicos (Ktb) - A região da bacia apresenta espessos diques, de idade K-Ar em rocha total variando entre 126 e 141 Ma (Conceição *et al.*, 1998; Conceição *et al.*, 1997), com direção predominante NE. Os litotipos são formados por basaltos, diabásios e microgabros (DRM-RJ/GEOSOL Ltda., 1982). Coberturas Aluvionares e Depósitos de Encosta (Q) - São depósitos sedimentares de idade quaternária, geralmente formados nas margens dos rios na forma de terraços ou em suas planícies de alagamento. Estes sedimentos são arenosos, de granulometria de média a fina, associadas a lentes argilosas e níveis de cascalhos (UERJ/IBGE, 1999).

Em um Sistema Geográfico de Informações (ArcGis 9.0) Usando a base cartográfica na escala 1:50.000, foi gerado uma malha regular de pontos (*grid*), com algoritmo de interpolação *Topo to raster* (específico para análise hidrológica), de resolução espacial de 10 metros. A partir desta base foram gerados outros *grids*: declividade, orientação da vertente (aspecto), forma de relevo, área de contribuição (fluxo distribuído e fluxo multidirecional) e os de susceptibilidade.

Na modelagem foram utilizados os seguintes valores como constantes:  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ,  $\rho_{\text{solo}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{\text{água}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ , ângulo de atrito =  $45^\circ$  e espessura do solo = 2000 mm.

## RESULTADOS

Na interpretação visual das imagens de satélite e fotografias áreas foram identificadas 124 cicatrizes e nos trabalhos de campo foram observados mais 27 novos movimentos de massa, totalizando 151 cicatrizes identificáveis na bacia (escorregamentos históricos).

Correlacionando-se estas cicatrizes com a litologia, observou-se que apesar do maior número de escorregamentos no granito do Batólito Serra dos Órgãos (65), é na unidade Rio Negro migmatítica (PeVrnm) que apresenta a maior densidade de escorregamentos (em função da área), ultrapassando um escorregamento por quilometro quadrado (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição dos escorregamentos históricos x litologia.

| Litologia    | Escorregamentos | %            | Escorregamentos/km <sup>2</sup> |
|--------------|-----------------|--------------|---------------------------------|
| PeVrng       | 33              | 21.9         | 0.44                            |
| PeVrnm       | 14              | 9.3          | 1.12                            |
| Pegrqd       | 65              | 43.0         | 0.62                            |
| Pelgr        | 36              | 23.8         | 0.62                            |
| GrF          | 2               | 1.3          | 0.16                            |
| GrM          | 1               | 0.7          | 0.38                            |
| Ktb          | 0               | 0.0          | 0.00                            |
| Q            | 0               | 0.0          | 0.00                            |
| <b>Total</b> | <b>151</b>      | <b>100.0</b> | <b>0.56</b>                     |

Na correlação entre cicatrizes identificadas na bacia e o *grid* de declividade, foi observada uma baixa correlação entre gradientes maiores que 45° (Tabela 2).

Tabela 2. Declividade x escorregamentos históricos.

| Declividade  | Escorregamentos | %  | Area (m <sup>2</sup> ) | %  |
|--------------|-----------------|----|------------------------|----|
| 0-5          | 6               | 4  | 19188219               | 7  |
| 5-15         | 24              | 16 | 131569434              | 49 |
| 15-30        | 84              | 56 | 47625200               | 18 |
| 30-45        | 34              | 23 | 65686702               | 24 |
| maior que 45 | 3               | 2  | 5537220                | 2  |

Também foi calculada a relação entre estes escorregamentos e a orientação das vertentes. Nos resultados da Tabela 3 observou-se uma leve tendência nos escorregamentos para a vertente a este (E).

Tabela 3. Aspecto x escorregamentos históricos.

| Aspecto | Escorregamentos | %  | Area (m <sup>2</sup> ) | %  |
|---------|-----------------|----|------------------------|----|
| N       | 37              | 25 | 72078310               | 27 |
| E       | 48              | 32 | 63385596               | 24 |
| S       | 41              | 27 | 71853392               | 27 |
| W       | 25              | 17 | 62283592               | 23 |

A relação da forma de relevo (formas côncavo e convexa) e as cicatrizes dos escorregamentos históricos e as foi equilibrada, bem próximo da relação 1 para 1, não demonstrando nenhuma tendência de um número maior de cicatrizes para nenhum das duas formas de relevo (Tabela 4).

Tabela 4. Forma de relevo x escorregamentos históricos.

| Forma   | Escorregamentos | %  | Area (m <sup>2</sup> ) | %  |
|---------|-----------------|----|------------------------|----|
| Concavo | 70              | 46 | 41841945               | 16 |
| Plano   | 15              | 10 | 184864873              | 69 |
| Convexo | 66              | 44 | 42695442               | 16 |

No *grid* de susceptibilidade a movimentos de massa calculado pelo modelo SHALSTAB (Figura 2), a maior parte da bacia é classificada como altamente estável (com quase quatro vezes mais área do que a segunda maior classe, a pouco estável). As cinco demais classes (estável, moderadamente estável, pouco estável, moderadamente instável ou instável) ocupam juntas, um pouco menos que 50% da área. Pode-se observar a distribuição das cicatrizes de escorregamento nas classes susceptibilidade (área de contribuição x declividade x índice de umidade) no Gráfico 1.

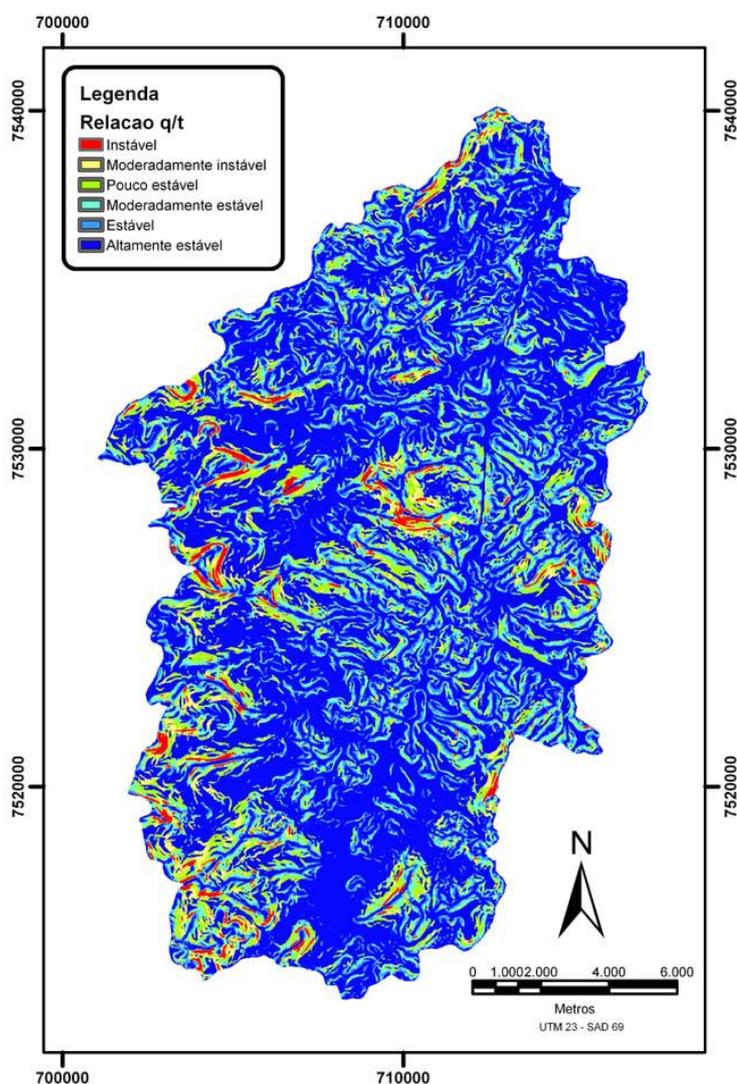


Figura 2. Mapa de susceptibilidade a movimentos de massa da bacia do rio Paquequer utilizando o modelo SHALSTAB com a base na escala 1:50.000.

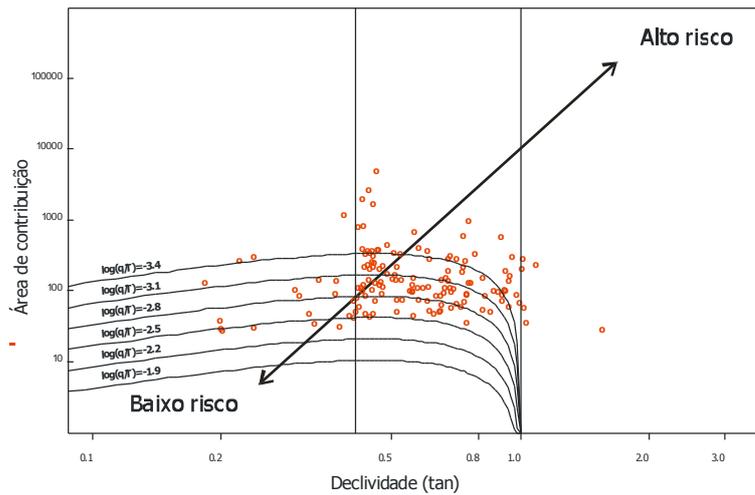


Gráfico 1. Distribuição das cicatrizes de escorregamento nas classes susceptibilidade geradas pelo modelo SHALSTAB.

No *grid* de susceptibilidade a movimentos de massa calculado pelo modelo SINMAP (Figura 3) a classe predominante é também a altamente estável, ocupando 38% da área. O gráfico de distribuição de classes equivalente para este modelo é o Gráfico 2.

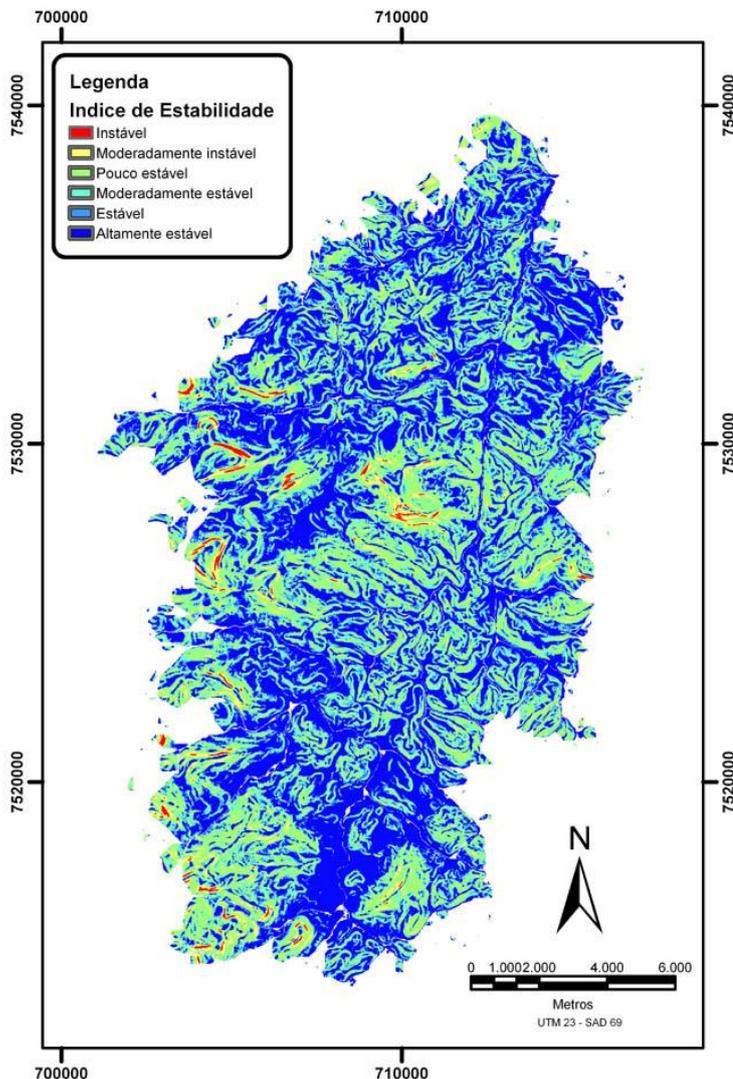


Figura 3. Mapa de Susceptibilidade a Movimentos de massa da bacia do rio Paquequer utilizando o modelo SINMAP com a base na escala 1:50.000.

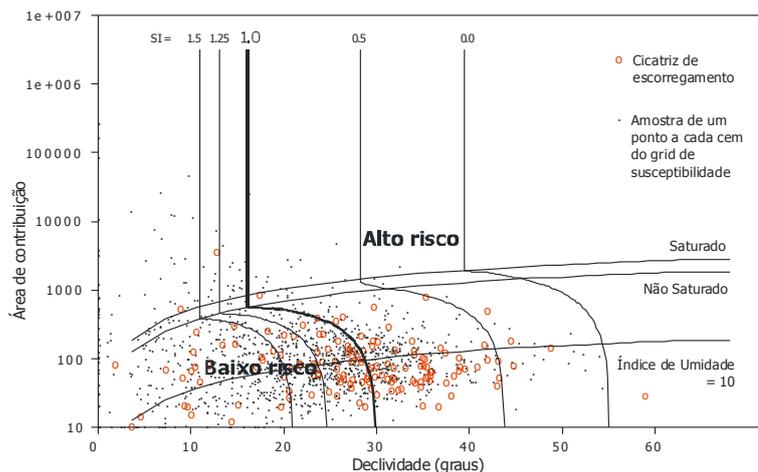


Gráfico 2. Distribuição das cicatrizes de escorregamento nas classes susceptibilidade geradas pelo modelo SINMAP.

Comparando os resultados dos dois modelos, podemos observar que correlação entre as cicatrizes de escorregamentos históricos e as classes de estabilidade foi baixa nas classes Instável e Moderadamente Instável e Pouco Estável (entre 8% e 37%), enquanto para as classes Altamente Estáveis ou Estáveis essa correlação foi entre 46% e 74% (Tabela 5).

Tabela 5. Correlação entre as cicatrizes mapeadas e as classes de susceptibilidade calculadas nos modelos SHALSTAB x SINMAP

| Classe                        | SHALSTAB | %  | SINMAP | %  |
|-------------------------------|----------|----|--------|----|
| <b>Instável</b>               | 3        | 2  | 1      | 1  |
| <b>Moderadamente instável</b> | 8        | 5  | 6      | 4  |
| <b>Pouco estável</b>          | 4        | 3  | 48     | 32 |
| <b>Moderadamente estável</b>  | 24       | 16 | 26     | 17 |
| <b>Estável</b>                | 36       | 24 | 21     | 14 |
| <b>Altamente estável</b>      | 76       | 50 | 49     | 32 |

## DISCUSSÕES

Durante a execução do trabalho, foi observada uma pequena dificuldade na identificação de algumas cicatrizes da base descritas por Gonzales (2000), fato causado em função da regeneração da vegetação ou das intervenções antrópicas nas áreas que haviam sofrido movimentos de massa há mais de um ano.

A interpretação para essa relação mais positiva é que ela se dá devido litologia (PeVrnm) descrever litologia ter passado por esforços compressivos elevados que além de uma forte foliação, gerou minerais com uma maior susceptibilidade à alteração intempérica.

A alta correlação entre as cicatrizes de escorregamento e as declividades ente 15 e 30° é explicada na literatura pela maior espessura do solo. Esperava-se uma maior tendência de escorregamentos para a vertente Sul devido à nítida relação da vegetação mais densa e sua correlação a solos mais espessos e menor para norte onde são observadas a maioria das escarpas de rocha exposta.

Na correlação entre os escorregamentos e a forma do relevo, era esperada uma correlação tendendo para um número maior nas áreas com forma côncava, visto que para este tipo de forma

há a convergência de fluxo, aumentando a saturação e subsequentemente a poro-pressão. Porém esse fato não foi observado, o que nos leva a crer que para as condições de permeabilidade do solo desta bacia esse parâmetro não é fundamental.

Em ambos os modelos de susceptibilidade as áreas de maior susceptibilidade estão intimamente relacionadas às áreas de maior declividade e por consequência as áreas de afloramento rochoso. O fato dos modelos de susceptibilidade usarem dois modelos de estabilidade diferentes é o principal fator que gera as discrepâncias entre os resultados. Outro fator, que gera essas diferenças, é o fato dos métodos de cálculo da área de contribuição também serem diferentes: no caso do SHALSTAB o método distribuído, enquanto o SINMAP usa um método chamado método multidirecional. Baseados nos resultados, podemos afirmar que os critérios usados pelos modelos para estabelecer as classes de susceptibilidade podem ser ajustados, utilizando como base de aferição uma área muito bem estudada, visando diminuir a discrepância entre os resultados dos modelos.

Os limites utilizados para estabelecer as classes em ambos os modelos não se apresentaram adequados à realidade da bacia estudada. O ajuste desses limites pode levar a uma melhoria da correlação entre as cicatrizes dos escorregamentos históricos. Há duas formas de realizar esse ajuste: empiricamente, por tentativa e erro, ou através de uma análise dos parâmetros físicos necessários para os modelos, porém para isso seria necessário a coleta em campo desses parâmetros do solo, o que demandaria investimento em recursos financeiros e humanos, não disponíveis na atual fase da pesquisa.

O uso de cinco classes de susceptibilidade, em função da correlação com as cicatrizes de escorregamentos históricos e demonstrou ser excessiva. Da mesma forma que a aplicabilidade prática para os usuários finais dos mapas resultantes (prefeituras e defesas civis) com cinco diferentes classes não demonstra ser coerente com a prática do dia-a-dia de campo. A partir dos resultados, observa-se que o uso de três classes (Baixo Risco, Médio Risco e Alto Risco) demonstra ser mais eficiente na prática.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comparativamente, entre os modelos, os melhores resultados de correlação entre as classes mais instáveis (instável, moderadamente instável, e pouco estável) foram do modelo SINMAP. Devemos destacar que a correlação entre as cicatrizes de escorregamentos históricos e as classes de alta susceptibilidade a escorregamentos nos *grids* gerados pelos modelos foi muito baixa, chegando no máximo a 37%. Esta baixa correlação está relacionada aos seguintes motivos:

*Limitações dos modelos* – Os modelos usados foram desenvolvidos para um tipo específico de movimento de Massa: os translacionais rasos, que são o tipo mais abundante na bacia, porém não o único. Desta forma sugerimos duas opções: a) Nesta modelagem se utilize apenas cicatrizes deste tipo de escorregamento ou b). Opte-se por outro modelo que seja válido para diversos tipos de escorregamento;

*Discretização dos tipos de solo e seus parâmetros físicos* – Os modelos da forma que são disponibilizados na Internet, não permitem a discretização dos diferentes tipos de solo e seus parâmetros físicos. Sugere-se que seja desenvolvida uma rotina que esses parâmetros sejam carregado no modelo através de mapas, como por exemplo: coeficiente de atrito e densidade a partir do mapa de solos;

*Influência antrópica* – Os modelos não consideram a influência antrópica no cálculo. No mapa de escorregamentos históricos é notória a concentração de cicatrizes na área urbana, o que não é observado nos mapas de susceptibilidade. Neste caso a sugestão é a aplicação de um fator multiplicador para as manchas urbanas, deste modo aumentando a susceptibilidade da área; e

A classificação da susceptibilidade – os índices numéricos (SI e q/t) relacionados a classificações empíricas de susceptibilidade a escorregamento (ex.: pouco instável muito estável, etc.) não estão adequados às condições tropicais brasileiras. Neste caso, a melhor alternativa é usar uma área muito bem estudada tanto em seus parâmetros físicos de solo, como na morfologia e dos escorregamentos históricos, para usar como base de aferição e ajuste das classes baseadas nestes índices.

Conclui-se então, que antes de usar algum destes modelos, mais estudos devem ser realizados, visando otimizar esse procedimento, pois da forma atual estes *grids* só podem ser usados associados a outras informações como um indicativo no auxílio do planejamento de ordenamento territorial, trazendo apenas subsídios para desenvolvimento de ações de prevenção nas áreas mais susceptíveis. Também é importante destacar a necessidade da adequação das classes em função das necessidades dos usuários das informações geradas e de informa-los que as áreas classificadas como “não crítica” não estão isentas da ocorrência desses fenômenos.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao LABGIS, a Marcelo Gonzales e a AMPLA pelos dados cedidos.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológica-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: conferência brasileira sobre estabilidade de encostas, 1, 1992, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ABMS/ ABGE/ PCRJ. v.2, pp.721-33, 1992.
- BRAGHIN, M. A. Utilização das lógicas Booleana e Fuzzy para análise metalogenética na folha Pilar do Sul (SP) via sistema de informações geográficas. Campinas,. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Estadual de Campinas. 1998. 122p. Acessível em <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000129143>>
- BONHAM-CARTER, H. Geographic information systems for geoscientists : modelling with GIS. Pergamon Press Oxford, IX, 1994. 398 p.
- CONCEIÇÃO, F. R.; TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.. O enxame cretácico de diques básicos granofíricos da Serra dos Orgãos, Estado do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro De Geologia, 40, 1998, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte: SBG, 1998. p. 481.
- CONCEIÇÃO, F. R.; TUPINAMBÁ, M.; TEXEIRA, W.; VALERIANO, C. M.; HEILBRON, M.; KAWASHITA, K. Proterozoic and cretaceous gabbroic rocks from the Serra dos Orgãos region, southeastern Brazil. In: South-American Symposium On Isotope Geology, 3, 1997, Campos do Jordão. Anais...Campos do Jordão: SBGq, 1997. p. 18.
- CRÓSTA, A. P., SOUZA FILHO, C. R., Geotecnologias Aplicadas à Geologia, Revista Brasileira de Geociências, V. 33 (2 – Suplemento), 2003. 227 p.
- DIETRICH, W. E. & MONTGOMERY, D. R. SHALSTAB: A Digital Terrain Model for Mapping Shallow Landslide Potencial., NCASI, Technical Report, 1998. 29 p.
- DIETRICH, W. E., WILSON, C. J., MONTGOMERY, D. R., MCKEAN, J. Analysis of Erosion Thresholds, Channel Networks and Landscape Morphology Using a Digital Terrain Model. The Journal of Geology, v. 101, pp. 259-278. 1993.
- FERNANDES, N. F. & AMARAL, C. P. Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica. In A. J. T. Guerra E S. B. Cunha (Eds.) Geomorfologia e Meio Ambiente, Bertrand, Rio de Janeiro, pp. 123-194. 1996.

- FERNANDES, N. F., GUIMARÃES, R. F., GOMES, R. A. T., VIEIRA, B. C., MONTGOMERY, D. R., GREENBERG, H. Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modeling. *CATENA*, v.33, 2004. pp. 163-181.
- GONZALES, M., Aplicação de métodos de geo-processamento para o estudo da instabilidade de encostas no município de Teresópolis – RJ. Dissertação de Mestrado, Depto. de Geologia. UFRJ, Rio de Janeiro, 157p. 2000.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M., Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340 p. 1999.
- GUIDICINI, G. E NIEBLE, C. M. Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 194 p. 1984.
- GUIMARÃES, R. F., MONTGOMERY, D. R., GREENBERG, H. M., GOMES, R. A. T., FERNANDES, N. F., CARVALHO Jr., O. A., Parametrization of soil properties for a model of topographic controls on shallow landsliding: application to Rio de Janeiro. *CATENA*, vol. 69, 2003. pp. 99-108.
- LEE, S., CHWAE, U., MIN, K., Landslide susceptibility mapping by correlation between topographic and geological structure: the Janghung area, Korea. *Geomorphology*, vol. 1153, in press. 2002.
- MONTGOMERY, D. R. & DIETRICH, W. E. A Physically Based Model for the Topographic Control on Shallow Landsliding. *Water Resources Research*, 30, 1994. pp. 1153-1171.
- PACK, R.T., TARBOTON, D.G., Goodwin, C.N. A Stability Index Approach to Terrain Stability Hazard Mapping. *SINMAP User's Manual.*, 68 p. 1998a.
- PACK, R. T., TARBOTON, D. G., Goodwin, C. N. The SINMAP approach to terrain stability mapping. In: Moore, D. P. and Hungr, O. (eds.), *Proceedings - International Congress of the International Association for Engineering Geology and the Environment 8*, v.2, A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 1998b. pp. 1157-1165.
- TAIOLI, F.; CORDANI, U. C. Capítulo 24 – A Terra, a humanidade e o desenvolvimento sustentável. in.: *Decifrando a Terra*. Ed. USP, São Paulo, Brasil, 558p. 2000.
- UERJ/IBGE. Estudo ambiental como subsídio à metodologia para o ordenamento territorial através de análise de caso: município de Teresópolis - RJ. Grupo de Estudos Territoriais, Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Diversos Volumes, Rio de Janeiro. 1999.
- WP/WLI – UNESCO. Working Party on World Landslide Inventory - A Suggest Method for Reporting a Landslide. *Bulletin of the IAEG*, nº 41, 1990. pp. 5-12.
- WP/WLI – UNESCO. Working Party on World Landslide Inventory – The Multilingual Landslide Glossary. Bitech Publishers, Richmond, British Columbia, Canadá. 1994.