



INVENTÁRIO MULTITEMPORAL DE ESCORREGAMENTOS EM ANGRA DOS REIS, COSTA VERDE (RJ): CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DAS OCORRÊNCIAS NO PERÍODO 2001-2023

Pamella Oliveira da Silva¹
Juliana Soares Barbosa²
Paulo Jorge Vaitsman Leal³
Maria Carolina Villaça Gomes⁴

RESUMO

O município de Angra dos Reis (RJ) apresenta alta suscetibilidade a escorregamentos devido às suas características geológicas, geomorfológicas e climáticas. A expansão urbana sobre áreas suscetíveis agrava o cenário, fazendo com que a população conviva com os riscos associados a esses eventos. Nesse contexto, o melhor entendimento sobre os processos é essencial para o planejamento territorial e para a gestão dos riscos de desastres. Este trabalho tem como objetivo realizar uma caracterização geológica-geomorfológica do inventário de escorregamentos de Angra dos Reis, para o período de 2001-2023. As análises foram realizadas no software QGIS, a partir da integração de diferentes bases cartográficas. Os parâmetros morfométricos (declividade e orientação) foram derivados de um MDT, fornecido pela Prefeitura de Angra dos Reis. Foram utilizados dados geológicos (CPRM, 1:400.000), geomorfológicos (CPRM, 1:120.000) e pedológicos (EMBRAPA, 1:250.000). Posteriormente, foi atualizado o inventário de escorregamentos translacionais (até 2023) e aplicados os índices de Concentração de Cicatrizes (CC) e Potencial de Escorregamentos (PE). O inventário possui 2.974 cicatrizes de escorregamentos (2001-2023), com maior concentração na litologia sillimanita-granada-biotita gnaisse (32%), na unidade geomorfológica das Escarpas Serranas (80,05%) e na unidade pedológica dos Cambissolos (50,28%). Em relação ao controle topográfico, observou-se uma CC de 31,2 % na declividade 30°- 40°, enquanto o PE de 22,3% se concentrou nas classes maiores que 50°. Em relação à orientação das encostas, observou-se maior CC (22,9%) em encostas voltadas para Norte, que também apresentaram maior PE (2,0%). Estes resultados indicam que a distribuição destes escorregamentos está associada a fatores geológicos e morfométricos. A elaboração do inventário multitemporal é essencial para entender a dinâmica dos escorregamentos e subsidiar estratégias de mitigação de riscos e gestão territorial. Além disso, o inventário constitui uma ferramenta importante para a análise da suscetibilidade, especialmente no uso de metodologias estatísticas.

¹ Mestranda em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, pamellaoliveira@id.uff.br;

² Mestranda em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, cjsoaresb@outlook.com;

³ Professor Doutor no Curso de Geografia da Universidade Federal Fluminense - UFF, pivleal@id.uff.br;

⁴ Professora Orientadora: Instituto de Geografia, Departamento de Geografia Física da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, mcarolvg@gmail.com;



INTRODUÇÃO

As áreas de domínio montanhoso, como a Serra do Mar, apresentam um conjunto de características geológicas e geomorfológicas que favorecem a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, especialmente os escorregamentos translacionais e os fluxos de detritos (Selby, 1993). Além de seu papel fundamental na modelagem e dinâmica da paisagem, os movimentos gravitacionais de massa também constituem importantes ameaças à ocupação humana, especialmente em áreas urbanas marcadas profundas desigualdades socioespaciais (Acsehrad, 2006).

O município de Angra dos Reis (RJ), inserido nesse contexto montanhoso e caracterizado por intensa urbanização em encostas íngremes (Leal *et al.*, 2022), tem sido recorrentemente afetado por desastres associados a escorregamentos. Entre os principais eventos registrados nas últimas décadas, destacam-se os desastres de dezembro de 2002, janeiro de 2010, abril de 2022 e dezembro de 2023, os quais, juntos, somaram mais de uma centena de mortes e milhares de pessoas desalojadas ou desabrigadas. Tais ocorrências evidenciam a predisposição das encostas no município frente a eventos extremos, potencializados tanto pelos condicionantes físicos quanto sociais.

Diante dessa realidade, torna-se imprescindível adotar estratégias integradas de gestão territorial que incorporem os riscos de desastres como elemento central na formulação de políticas públicas. Entre os instrumentos fundamentais para esse processo, destacam-se os inventários de escorregamentos, que consistem no registro sistemático e georreferenciado de eventos pretéritos, fornecendo informações sobre localização, tipo de movimento, extensão e data de ocorrência. Quando elaborados com abordagem multitemporal, esses inventários permitem identificar padrões espaciais e temporais de recorrência dos eventos, contribuindo significativamente para a análise da suscetibilidade e para a compreensão da dinâmica dos processos ao longo do tempo (GUZZETTI *et al.*, 2012).

Este trabalho tem como objetivo realizar uma caracterização geológica-geomorfológica do inventário de escorregamentos de Angra dos Reis, para o período de 2001-2023.



REFERENCIAL TEÓRICO

A compreensão dos escorregamentos como processos naturais recorrentes em regiões montanhosas requer, como etapa inicial, a sistematização de dados históricos sobre suas ocorrências. Esses dados, organizados em inventários, são fundamentais não apenas para o diagnóstico da dinâmica geomorfológica local, mas também para subsidiar ações preventivas no âmbito da gestão de riscos (Guzzetti, 2012).

Os inventários consistem em registros sistematizados de eventos passados, possibilitando a análise da frequência, magnitude e impactos dos escorregamentos em uma região específica. No contexto da gestão de riscos, eles fornecem subsídios essenciais para o ordenamento territorial, a definição de áreas prioritárias para intervenção e a elaboração de políticas públicas de redução de vulnerabilidades (Leal et al., 2022).

Independentemente do método ou classificação, é essencial que esses documentos incluam dados detalhados, como a localização exata dos movimentos, os mecanismos de ruptura envolvidos, os fatores deflagradores, a frequência dos eventos, sua magnitude e os danos, quando associados. Essas informações, quando organizadas e integradas a sistemas de informação geográfica (SIG), ampliam a capacidade de análise (Guzzetti, 2012; Corominas et al., 2014).

Os inventários são fundamentais, pois podem ser integrados a bases contendo parâmetros morfométricos, geológicos, pedológicos e geomorfológicos, possibilitando a análise dos contextos em que os processos de escorregamento estão mais concentrados. No contexto da Serra do Mar, diversos trabalhos já analisaram os escorregamentos à luz de parâmetros considerados essenciais para o entendimento desses processos.

Destacam-se os estudos de Dias et al. (2017), que demonstraram, na bacia do rio Santo Antônio (Caraguatatuba/SP), uma maior suscetibilidade em encostas côncavas com declividades superiores a 30°, além de associarem a instabilidade à presença de quartzitos intensamente fraturados. Já Schwarz et al. (2023) analisaram cicatrizes de escorregamentos com base em parâmetros morfométricos e geomorfológicos, como área, comprimento, fator de forma, altitude, declividade, índice de umidade topográfica e índice de poder do fluxo, demonstrando que tais características são essenciais na compreensão da deflagração e no mapeamento da suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Ambos os trabalhos citados, evidenciam a importância da

caracterização integrada aos parâmetros para compreender a dinâmica dos escorregamentos no contexto da Serra do Mar.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Angra dos Reis (Fig. 1) está localizado na região Sul do estado do Rio de Janeiro, com uma área de aproximadamente 813,42 km². Considerando suas características físicas e a recorrência de eventos relacionados a movimentos gravitacionais de massa, aqui são apresentados os procedimentos adotados no trabalho: a construção e atualização do inventário de escorregamentos, a caracterização das cicatrizes mapeadas e a proporção da área afetada por esses eventos em relação ao território municipal.

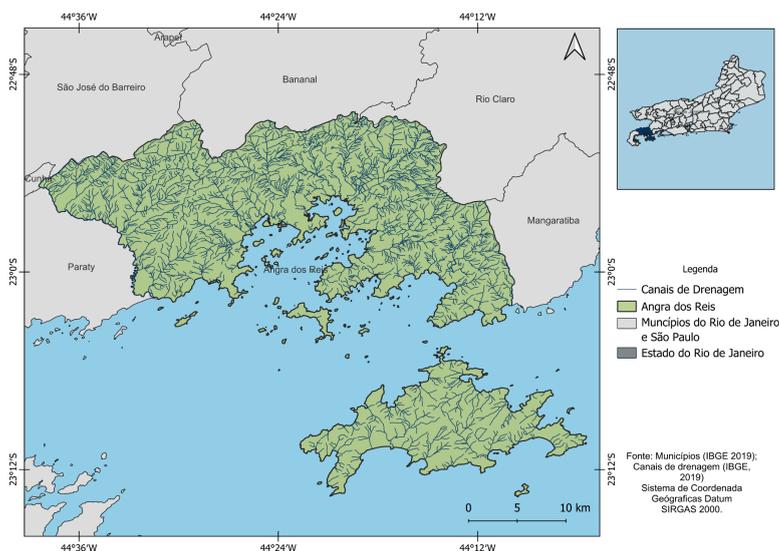


Figura 1: Mapa de localização do município de Angra dos Reis, RJ.

Fonte: Os autores, 2025.

Construção e atualização do inventário de movimentos de massa

As cicatrizes de escorregamentos foram vetorizadas em formato vetorial, com base na interpretação visual de imagens de satélite e outras fontes. Esse processo vem sendo realizado de forma sistemática em todo o território do município de Angra dos Reis, visando a construção e a constante atualização do inventário de movimentos de massa (Leal et al., 2022; Silva, 2023).



Caracterização das cicatrizes

A metodologia adotada para a análise fisiográfica das cicatrizes de escorregamentos incluiu a geração dos mapas de declividade e orientação das encostas a partir de um Modelo Digital de Terreno (MDT) do município de Angra dos Reis (PMAR, 2019). As declividades foram calculadas e reclassificadas em intervalos de 5° (0° a 90°), enquanto as orientações das encostas foram agrupadas em oito classes (N, NE, L, SE, S, SO, O e NO), utilizando critérios padronizados. Ambas as camadas raster foram convertidas para o formato vetorial, e, em seguida, intersectadas com o shapefile das cicatrizes de escorregamento. Essas interseções permitiram identificar a distribuição dos escorregamentos por classes de declividade e orientação, sendo calculadas as áreas dos polígonos e extraídas estatísticas por categoria.

Também foi realizada a caracterização temática das cicatrizes por meio da interseção com os mapas geológico da CPRM (2016), pedológico da EMBRAPA (2013) e geomorfológico da CPRM (2019), nas respectivas escalas 1:400.000, 1:250.000 e 1:100.000. Para cada variável, foi criado um campo de área, e aplicada a ferramenta de “Estatísticas por Categoria”, com posterior exportação para planilha eletrônica. Os dados foram utilizados para calcular os índices de Concentração de Cicatrizes (CC) e Potencial de Escorregamento (PE), sendo o índice CC aplicado a todas as variáveis, e o PE calculado apenas para declividade e orientação. Todo o trabalho de análise espacial, interseção e extração de dados foi realizado no software QGIS.

Proporção da área afetada por escorregamento em relação a área total do município

Para calcular a proporção das áreas deslizadas em relação à área total dos escorregamentos, a área dos polígonos de escorregamento foi calculada em m² utilizando a calculadora de campo no programa QGIS. O arquivo gerado foi exportado no formato .xlsx e todos os polígonos foram somados, em planilha eletrônica. Para determinar a área total do município, foi adotado o mesmo procedimento. Com esses dados, foi possível calcular a proporção da área afetada por escorregamentos no município.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas 2.974 cicatrizes de escorregamentos rasos, considerando inclusive os casos de recorrência. A área total afetada resultante dessas ocorrências é de 4.377.235,80 m² e, considerando que Angra dos Reis possui 813.419.602 m², representa 0,54% do município.

No que se refere à litologia, destaca-se a predominância da unidade Conservatória, composta por sillimanita-granada-biotita gnaisse, que concentra 32,58% do total de cicatrizes registradas (Fig. 2). Em seguida, as formações graníticas Mangaratiba e Rio Negro representam, respectivamente, 11,24% e 31,00% das ocorrências, compondo, junto à unidade Conservatória, um grupo litológico que responde por mais de 74% dos escorregamentos mapeados. Outras unidades, como o Granito Vila Dois Rios (7,64%), a formação Ilha Grande (7,94%) e os Depósitos Flúvio-Marinheiros (5,18%), apresentam valores intermediários, enquanto litologias menos expressivas, como Arcádia Areal (0,61%) e Granito Serra do Piloto (0,40%), concentram as menores proporções de cicatrizes.

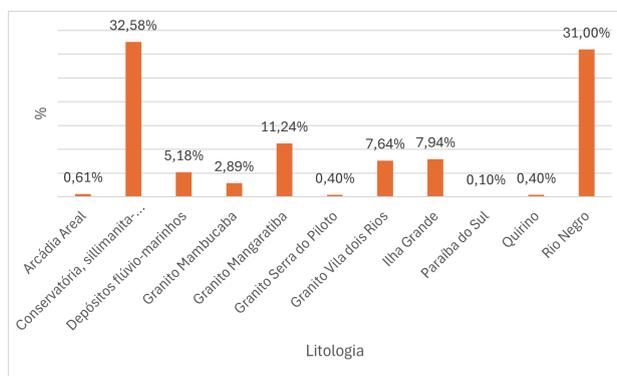
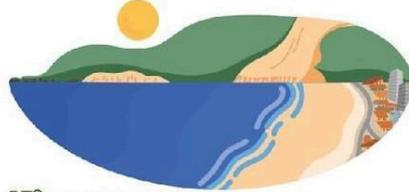


Figura 2. Concentração de Cicatrizes nas unidades litológicas.

Fonte: Os autores, 2025.

Em relação à compartimentação geomorfológica (Fig. 3), verifica-se uma clara predominância das Escarpas Serranas, responsáveis por 80,05% das cicatrizes mapeadas. Essa feição é sucedida pelos Maciços Costeiros, que concentram 15,52% das ocorrências. Já os Planaltos Residuais (1,97%) e as Planícies Flúvio-Marinhas (2,17%) apresentam percentuais significativamente menores. As Ilhas, as Planícies Costeiras e a



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

área urbana somam, juntas, menos de 1,5% das cicatrizes identificadas no inventário, indicando uma baixa frequência de escorregamentos nesses compartimentos.

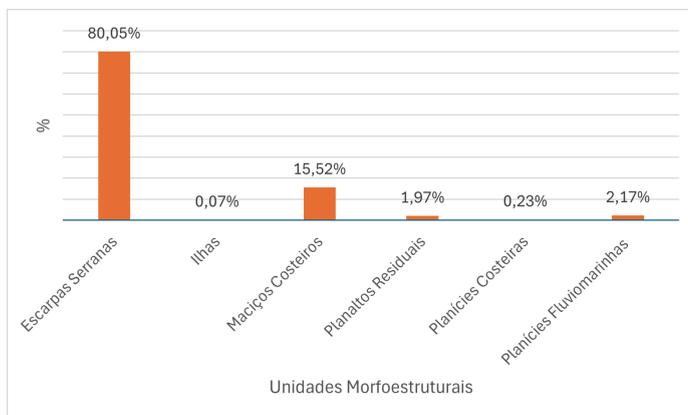


Figura 3: Concentração de Cicatrizes nas Unidades Morfoestruturais.

Fonte: Os autores, 2025.

No que tange à cobertura pedológica (Fig. 4), os Cambissolos são os solos mais associados às cicatrizes, concentrando 50,28% dos casos registrados. Os Neossolos aparecem em segundo lugar, com 27,64%, seguidos pelos Latossolos, que respondem por 20,92% das ocorrências. Por fim, os Espodossolos apresentaram uma ocorrência bastante reduzida, de apenas 0,20%, demonstrando baixa representatividade no contexto dos escorregamentos analisados.

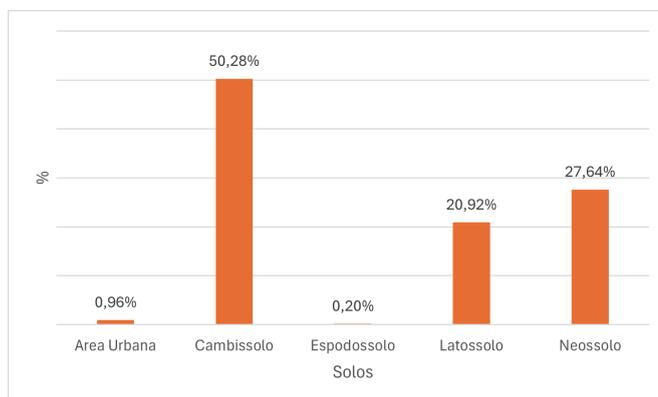
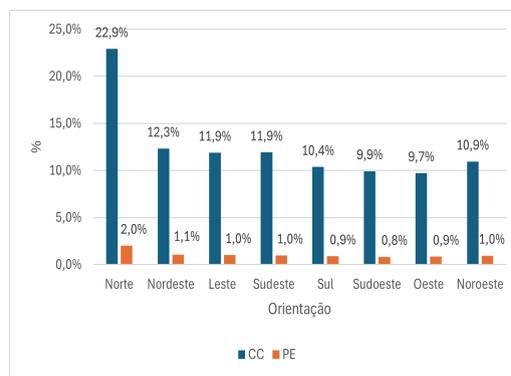
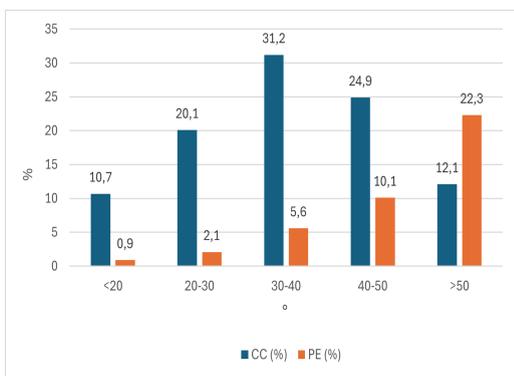


Figura 4: Concentração de Cicatrizes nas Unidades Pedológicas.

Fonte: Os autores, 2025.

Com relação à declividade (Fig. 5), a maior concentração de escorregamentos ocorre na faixa entre 30° e 40° (31,2%), enquanto o maior valor de Potencial de Escorregamento (PE) foi registrado em áreas com declividades superiores a 50° (22,3%).

Já a orientação das encostas (Fig. 6) revelou predominância de cicatrizes voltadas para o setor Norte (22,9%), que também apresentou o maior PE (2,0%). Os setores Nordeste (12,3%), Leste (11,9%) e Sudeste (11,9%) também concentraram proporções expressivas, com valores de PE entre 1,0% e 1,1%. Os setores Oeste, Sudoeste e Sul apresentaram as menores ocorrências, sendo o Oeste o menos expressivo (9,7% da CC e PE de 0,9%).



Figuras 5 e 6: Concentração e Potencial de Cicatriz associados aos intervalos de declividade e a orientação das encostas, respectivamente.

Fonte: Os autores, 2025.

A análise integrada das variáveis fisiográficas em Angra dos Reis permite estabelecer paralelos com estudos realizados em outros setores da Serra do Mar. A predominância de escorregamentos em gnaisses e granitos é compatível com os achados de Florencio (2017) e Gabelini et al. (2019), que também observaram maior concentração de cicatrizes nesses litotipos. Embora resistentes, essas rochas favorecem instabilidades sob fortes declividades e alta pluviosidade. A compartimentação geomorfológica também apresentou convergência, com ênfase nas escarpas serranas, unidades críticas destacadas por Gabelini et al. (2019) e por Florencio (2017), sobretudo em áreas com declividade superior a 30° e grandes amplitudes altimétricas.

A cobertura pedológica reforça a suscetibilidade observada, especialmente em Cambissolos e Neossolos, que dominam as áreas com escorregamentos no município



analisado. Em relação à declividade, os dados de Angra corroboram os de Nery (2011) e Avelar et al. (2012), ao indicar maior frequência de escorregamentos entre 30° e 40°, e PE elevado em declividades acima de 50°, o que confirma o papel crítico das encostas íngremes, também ressaltado por Florencio (2017), que atribuiu 60% de peso à declividade em seu modelo.

Os resultados obtidos para o município de Angra dos Reis evidenciam forte coerência com os padrões identificados em trabalhos científicos realizados em outros setores da Serra do Mar. A análise integrada das características fisiográficas, abrangendo fatores geológicos, geomorfológicos, pedológicos e morfométricos, revela uma clara associação dos escorregamentos mapeados com esses elementos, permitindo estabelecer paralelos significativos com estudos de Florencio (2017), Gabelini et al. (2019), Alvear et al. (2012), Nery (2011) e Schwarz et al. (2023). Dessa forma, a aplicação de uma abordagem combinada demonstra-se eficaz na identificação das áreas mais suscetíveis, ao mesmo tempo em que reforça a necessidade de análises locais para o aprimoramento dos instrumentos de gestão de riscos e ordenamento territorial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os inventários de movimentos de massa, aliados às análises detalhadas das características fisiográficas, são fundamentais para o entendimento e a gestão dos riscos associados aos escorregamentos. Essas ferramentas possibilitam a identificação precisa das áreas mais suscetíveis, contribuindo para o aprimoramento dos modelos preditivos e para a tomada de decisões mais eficazes. Assim, a integração entre inventários e análises topográficas e ambientais é indispensável para o desenvolvimento de estratégias de gestão territorial que promovam a segurança e a sustentabilidade das comunidades afetadas.

Palavras-chave: Controle topográfico; Serra do Mar; Desastres.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Prefeitura Municipal de Angra dos Reis, especialmente o setor de geoprocessamento pelo fornecimento dos dados.



REFERÊNCIAS

ACSELRAD, Henri. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. **Comunicação ao II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais, FIBGE, Rio de Janeiro**, v. 25, 2006.

ALVEAR, M. L. S. et al. Análise de fatores topográficos na distribuição de escorregamentos na Serra do Mar, Teresópolis (RJ): estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Vieira. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA – SINAGEO**, 9., 2012, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012.

COROMINAS, J. et al. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, v. 73, n. 2, p. 209–263, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10064-013-0538-8>.

DIAS, H. C.; DIAS, V. C.; VIEIRA, B. C. Condicionantes morfológicos e geológicos dos escorregamentos rasos na Bacia do Rio Santo Antônio, Caraguatatuba/SP. *Revista do Departamento de Geografia*, v. especial – Eixo 8, p. 157–163, 2017. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.132714>.

FLORÊNCIO, G. M. Avaliação dos condicionantes geológicos e fisiográficos na dinâmica de escorregamentos na Serra do Mar: estudo de caso nas sub-bacias dos rios Perequê e Mogi, Cubatão (SP). 2017. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2017.

GABELINI, B. M. et al. Avaliação da suscetibilidade a escorregamento na Serra do Mar pela aplicação da compartimentação fisiográfica. *Geologia USP – Série Científica*, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 199–211, mar. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v19-138528>. Acesso em: 23 jul. 2025.

GUZZETTI, F. et al. Landslide inventory maps: new tools for an old problem. *Earth-Science Reviews*, v. 112, n. 1–2, p. 42–66, 1 abr. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.02.001>.

LEAL, P. J. V.; PIRES, F. J. S.; MAGALHÃES, P. A produção e análise de dados na Costa Verde: o caso dos movimentos de massa de Angra dos Reis. In: **RODRIGUES, A.; DEL RIO, A.; MONTEIRO, L. C.; MARTON, S.** (Org.). *Textos formativos desde as margens: periferia, território e interdisciplinaridade*. p. 156–172, 2022.

NERY, T. D. Avaliação da suscetibilidade a escorregamentos translacionais rasos na bacia da Ultrafértil, Serra do Mar (SP). 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SCHWARZ, H. et al. Uso de caracterização morfométrica e geomorfológica na análise de mapeamentos de cicatrizes de escorregamentos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 24, n. 1, e2185, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2185>. Acesso em: 23 jul. 2025.

SELBY, M. J. *Hillslope materials and processes*. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 1993.

SILVA, P. O.; LEAL, P. J. V. Construção do inventário de cicatrizes de deslizamentos de Angra dos Reis, RJ. In: IV Congresso Brasileiro de Redução de Risco e Desastres, 2023, Vitória. Fatores Ambientais e Sociais Indutores de Riscos e Desastres: Experimentos e novas tecnologias., 2023.