



CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA DE ÁREAS AFETADAS POR ESCORREGAMENTOS RASOS NO MUNICÍPIO DE PARATY, COSTA VERDE/ RJ

Vitória Ramos de Oliveira Moraes ¹
Rosana Andrade Leal Taveira ²
Maria Carolina Villça Gomes ³

RESUMO

Os movimentos de massa constituem processos relevantes na dinâmica do relevo, mas também representam riscos significativos à sociedade. Este trabalho tem como objetivo avaliar os condicionantes geológicos e geomorfológicos de áreas afetadas por escorregamentos rasos no município de Paraty (RJ), inserido na região da Costa Verde, segmento da Serra do Mar reconhecido pela recorrência desses eventos, área que foi recentemente incluída como prioritária no enfrentamento de desastres climáticos, mas ao mesmo tempo que carece de registros sistemáticos sobre os eventos ocorridos. A metodologia adotada baseou-se na análise morfométrica de cicatrizes previamente mapeadas, utilizando dados topográficos do MDE SRTM (30 m), mapas geológicos e geomorfológicos do SGB/CPRM. Foram gerados parâmetros como declividade, curvatura e aspecto, relacionados a cada cicatriz. A análise foi realizada por meio da contagem de células afetadas e cálculo da frequência (F), concentração de cicatrizes (CC) e potencial de escorregamento (PE). Os resultados indicaram maior CC na classe de declividade entre 30°–40° (38%), com maior PE entre 50°–70° (2,21%). Encostas côncavas concentraram 56% das cicatrizes, com PE de 0,08%. As orientações predominantes foram para norte e leste, com PE de 0,11% e 0,06%, respectivamente. A unidade Granito Parati, que abrange 44% da área municipal, concentrou mais de 60% das cicatrizes. As unidades Ilha Grande e Conservatória apresentaram os maiores PEs (0,11% e 0,12%). Quanto ao relevo, as Escarpas Serranas e os Maciços Costeiros foram os únicos tipos atingidos, com 57% e 42,8% da CC, respectivamente.

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, vitoriaramos.uerj@gmail.com;

² Graduando pelo Curso de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, rosana72land@gmail.com;

³ Professora Doutora: Instituto de Geografia, Departamento de Geografia Física da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, mcarolvg@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa são processos de grande importância para a dinâmica e evolução do relevo, mas também se encontram entre os principais eventos causadores de prejuízo à sociedade. O mapeamento das ocorrências, com a caracterização geológica e geomorfológica das áreas afetadas auxiliam no processo de avaliação da suscetibilidade, através da existência, ou não, de padrões e controles topográficos nas áreas previamente afetadas.

O inventário de movimentos de massa é o registro da localização, tipologia e data de fenômenos gravitacionais de massa que deixaram vestígios na paisagem, como os depósitos de fluxos e as cicatrizes de escorregamentos (Guzzetti, 2012). No processo de investigação da suscetibilidade, o passado é fundamental, uma vez que os movimentos de massa são resultados da interação de processos físicos e leis mecânicas. Embora seja uma ferramenta importante para o planejamento ambiental, a previsão de áreas suscetíveis é uma tarefa complexa devido a diferentes fatores que controlam a estabilidade das encostas e apresentam inter-relações, como geologia, forma, declividade, entre outros (Vieira, 2007). Além dos registros de ocorrência, o entendimento das causas de deflagração dos movimentos de massa é, também, de fundamental importância para a caracterização de forma integrada das áreas conhecidamente afetadas (Fernandes e Amaral, 2003).

A região da Costa Verde, segmento da Serra do Mar no sul fluminense, reconhecida pela alta recorrência na deflagração de movimentos de massa, foi listada, em 2024, como uma das áreas prioritárias no combate a eventos climáticos extremos no projeto Rio Inclusivo e Sustentável (2024), passo importante em direção ao desenvolvimento de planos de contingência. Por outro lado, em Paraty, um dos municípios pertencentes à Costa Verde, reconhecido internacionalmente por seu patrimônio natural e cultural, não dispõe de um registro sistemático das ocorrências, o que é essencial para o monitoramento contínuo das áreas afetadas, bem como para a avaliação de áreas suscetíveis.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar o papel dos condicionantes geológicos e geomorfológicos nas áreas afetadas por escorregamentos rasos no município de Paraty, a partir de um inventário semiautomático previamente realizado (Moraes et al, 2024). A investigação considera os padrões de frequência e



distribuição espacial das cicatrizes, bem como o potencial de recorrência dos deslizamentos. Ao integrar a análise litológica e topográfica, busca-se compreender os fatores que controlam a deflagração desses processos, contribuindo para o avanço do conhecimento aplicado à avaliação de suscetibilidade e à gestão de riscos na região.

METODOLOGIA

A região da Costa Verde, compreendida nos municípios de Mangaratiba, Angra dos Reis, Paraty e Itaguaí, está localizada no litoral da região sul fluminense, no Estado do Rio de Janeiro. Com 2.116 km² de área, este setor do estado recebe esta denominação em razão da extensa presença da Serra do Mar e sua proximidade com o Oceano Atlântico. As escarpas da região são marcadas por encostas íngremes, vales encaixados e ombreiras de interflúvio, além da comum formação de depósitos de tálus e colúvios, ricos em fragmentos rochosos nos sopés das encostas, resultado da alta ocorrência de movimentos de massa na área (Silva, 2006).

O trabalho teve como recorte espacial o município de Paraty em decorrência do evento extremo ocorrido na em 2022, quando um acumulado de 400mm de chuva, em 96h, (Agritempo) deflagrou diversas ocorrências de movimentos de massa na região, levando a óbito 7 vítimas de uma única família e afetando cerca de 219 outras famílias.

Para caracterizar a topografia das áreas afetadas por escorregamentos rasos, foram utilizados dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto SRTM, com resolução de 30 metros, retirados do banco de dados do Serviço Geológico Brasileiro (SGB). A partir do MDE, software SAGA GIS, e através da ferramenta *Slope*, *Aspect*, *Curvature*, foram extraídos os parâmetros morfométricos declividade, aspecto e curvatura.

Para a declividade, adotaram-se classes entre 0-30°; 30°-40°; 40°-50°; 50°-70°, conforme Vieira (2007), visando comparações mais precisas. O aspecto foi representado em graus azimutais (0° a 360°) e classificado segundo os pontos cardeais e colaterais (Conrad et al., 2015). A curvatura geral, baseada na curvatura de perfil e de plano, foi dividida em três classes: convexo, retilíneo e côncavo (Conrad et al., 2015). Também foram extraídos dados geológicos e geomorfológicos do município a partir das cartas oficiais do SGB, utilizando-se as classes padrão do *shapefile* original.

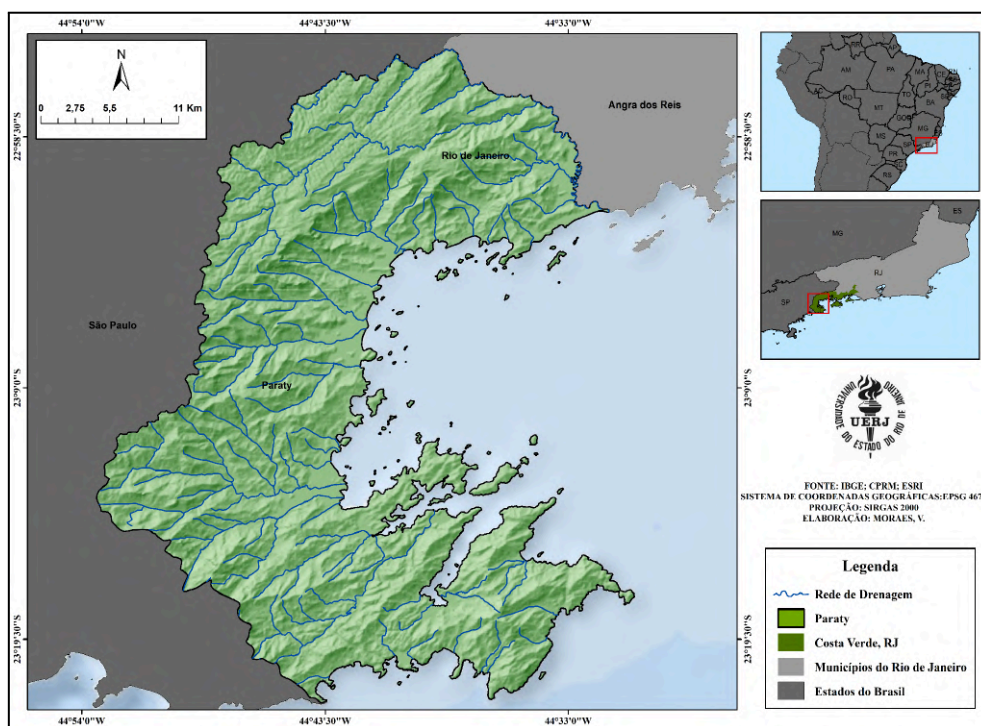
Posteriormente, as informações das 110 cicatrizes de escorregamentos identificadas em trabalho prévio e os valores das classes dos parâmetros gerados foram

cruzados, buscando realizar as análises de Frequência (F), Concentração de Cicatrizes (CC) e Potencial de Escorregamentos (PE) a partir da extração da contagem de células afetadas por classe em cada um dos mapas temáticos construídos. Os cálculos foram realizados considerando as seguintes definições:

(1) A Concentração de Cicatrizes é a razão entre o número de células afetadas em cada classe pelo total de células afetadas na bacia (GAO, 1993).

(2) O Potencial de Escorregamentos é a razão entre de células afetadas em cada classe pelo valor total de células da mesma classe (GAO, 1993).

Figura 1: Mapa de localização do município de Paraty, Costa Verde, RJ



Fonte: Elaboração própria, 2025

Enquanto a Frequência aponta a representatividade de cada classe temática na área de estudo selecionada, o Potencial de Escorregamentos busca relacionar a distribuição das cicatrizes de escorregamentos de cada classe em relação a representatividade da mesma classe e a Concentração de Cicatrizes apenas indica a distribuição das cicatrizes em cada classe (Gao, 1993).

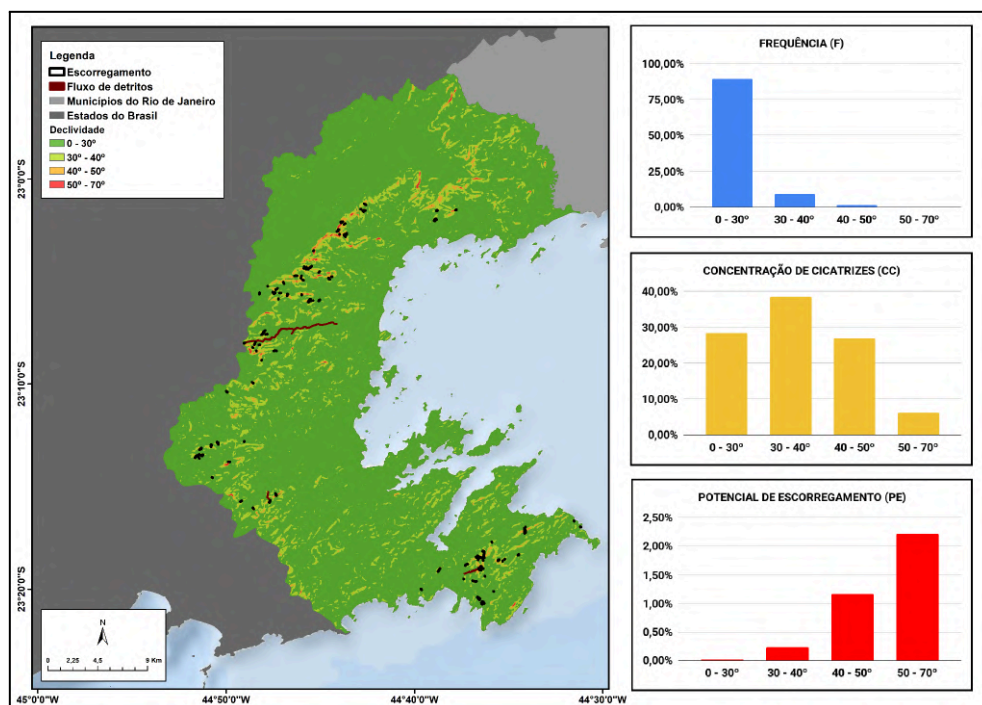
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As áreas afetadas por escorregamentos mostraram predomínio na declividade entre as classes de 30° a 40°, com 38,5%. Apesar da elevada concentração de cicatrizes

em 30° a 40°, os maiores Índice de Potencial de Escorregamento ficaram nas classes de 40° a 50° e 50° a 70°, com 1,1% e 2,2%, respectivamente.

Estudos em áreas similares da Serra do Mar também identificaram maior concentração de cicatrizes entre 30° e 40° (ex. Lopes (2006) e Nery (2009)). Diferente desses autores, os maiores valores de PE neste estudo ocorreram acima de 40°, com destaque para a classe de 50° a 70°. Essa diferença se deve à distribuição das classes de declividade: cerca de 89% de Paraty possui declividades entre 0° e 30°, o que reduz o PE nessas faixas. Já as classes mais íngremes, com menor representatividade (1,17% e 0,16%), apresentam PE mais elevado. Acredita-se que, se a análise fosse feita em escala de bacia hidrográfica, os resultados provavelmente seriam diferentes.

Figura 2: Mapa de declividade de Paraty e índices de Frequência de classes, Concentração de cicatrizes e Potencial de escorregamento associado à declividade das encostas.



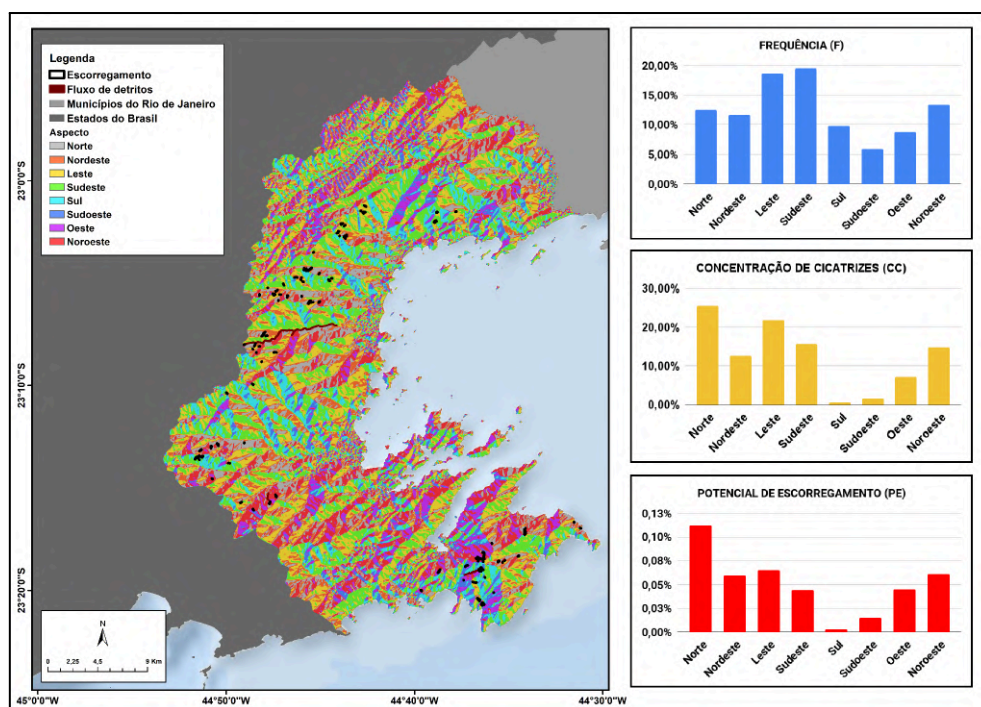
Fonte: Os autores, 2025

Já em relação ao aspecto, a maior concentração de escorregamentos aconteceu nos quadrantes voltados para norte, com 25,54%, onde também foi encontrado o maior Índice de PE, com 0,11%. As orientações a leste, com 21,96% das cicatrizes, nordeste, com 12,68%, e noroeste, 14,86%, apresentaram os mesmos valores para o PE: 0,06%. O quadrante sul, que recebe menor incidência solar, provendo maior sombreamento e

umidade nos solos e vegetação, foi o de menor número de concentração de cicatrizes, apresentando um valor de apenas 0,54%, resultando em um PE de 0%.

Diferente de autores como Vieira (2007) e Nery (2009), a concentração de mais de $\frac{1}{4}$ das cicatrizes do município de Paraty no quadrante norte sugere uma influência de fatores locais, como padrões de precipitação, direção dos ventos e até características geológicas. Assim como apresentado por Vieira (2007), Guimarães (2000) e Nery (2009) também encontraram valores altos de PE para as encostas voltadas para os quadrantes norte (Norte, Nordeste e Noroeste). No trabalho realizado no Maciço da Tijuca (Rio de Janeiro), Guimarães (2000) explicou a alta suscetibilidade para o quadrante norte em função das unidades estruturais, litológicas e seus mergulhos preferenciais.

Figura 3: Mapa de aspecto de Paraty e índices de Frequência de classes, Concentração de Cicatrizes e Potencial de Escorregamento associado à orientação das encostas.



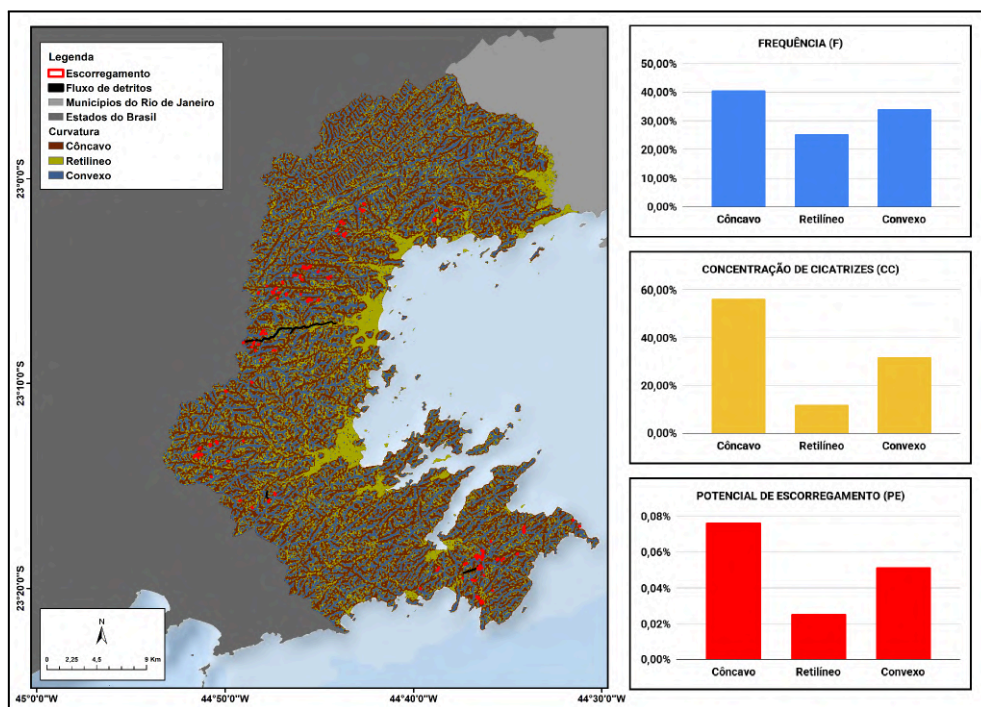
Fonte: Os autores, 2025

Em relação à curvatura, o município se apresentou bem distribuído entre as 3 classes existentes: côncava, convexo e retilínea, com 40%, 34% e 25%, respectivamente (Figura x). As áreas de curvatura retilínea se concentram nas áreas de baixadas litorâneas, e acumularam apenas 11,79% das cicatrizes, enquanto as curvaturas convexas, predominante nas áreas de topos dos morros, concentraram 31,79%,

apresentando um PE de 0,03% e 0,05%, respectivamente. As curvaturas côncavas, predominantes do meio para base das encostas, concentraram 56,43% das ocorrências de escorregamentos, apresentando o maior Índice de PE, com 0,08%.

Enquanto no município de Paraty houve o predomínio das cicatrizes em encostas côncavas, trabalhos realizados na Serra do Mar, como IPT (1984; 1986), Lopes (2006), Vieira (2007) e Nery (2009) encontraram predomínio das cicatrizes nas encostas de curvatura retilínea e convexas. A diferença nos dados encontrados pode estar relacionada ao forte controle estrutural e litológico nos vales estudados em Cubatão, refletindo no predomínio das encostas retilíneas na região. Entretanto, alguns estudos recentes também verificaram uma maior concentração de cicatrizes em porções côncavas do relevo e maior índice de PE, como Martins et al. (2017), na Serra do Mar paranaense e Dias et al. (2016) em Caraguatatuba/SP, indicando a importância da curvatura côncava como fator condicionante para a ocorrência de escorregamentos.

Figura 4: Mapa de curvatura de Paraty e índices de Frequência de classes, Concentração de Cicatrizes e Potencial de Escorregamento associado à curvatura das encostas.



Fonte: Os autores, 2025

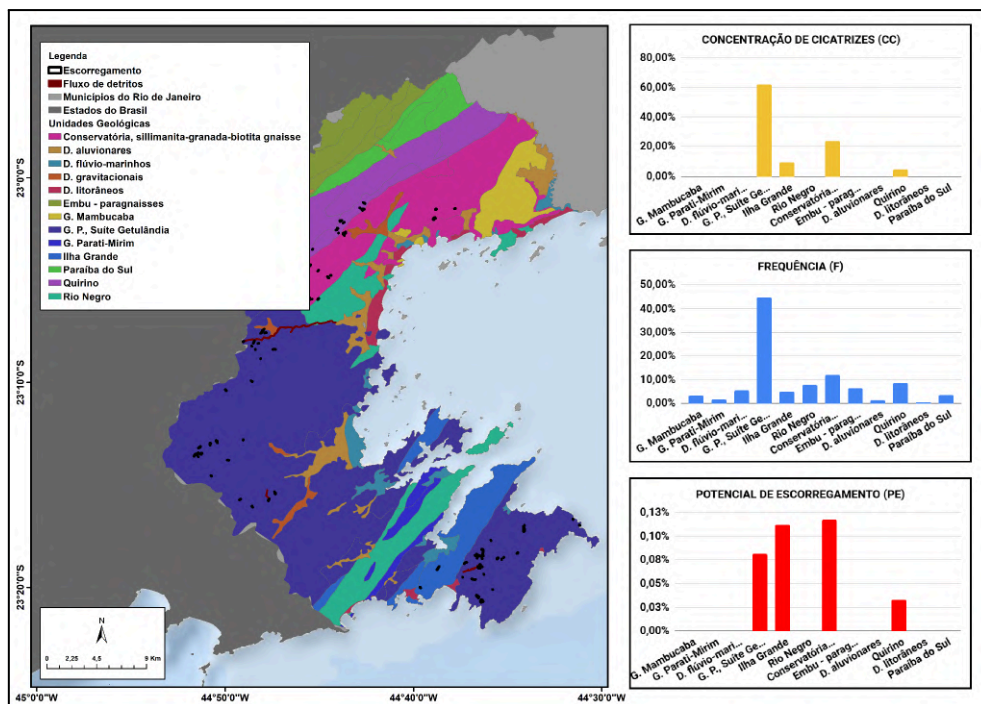
A distribuição das unidades geológicas em Paraty não ocorre de forma igualitária: a Unidade Granito Parati cobre 44,81% do território, enquanto as demais 11 unidades se distribuem de forma mais homogênea. Os escorregamentos ocorrem

principalmente no Granito Parati (61,90%), seguido pelas unidades Conservatória (23,81%) e Ilha Grande (9,52%). Apesar disso, os maiores Índices de PE ocorrem nas unidades Conservatória (11,89%) e Ilha Grande (5%), devido à sua baixa representatividade no município.

Silva (2009) identificou que, em Paraty, áreas formadas por granitos, gnaisses e depósitos colúvio-aluvionares apresentam maior suscetibilidade a escorregamentos, enquanto os granitos isotrópicos, como Parati-Mirim e Mambucaba, indicam suscetibilidade média, e as coberturas sedimentares, baixa. Posteriormente, Silva (2010) reforça a importância da inclusão de dados estruturais na análise da suscetibilidade litológica.

O município é composto majoritariamente por escarpas serranas, sendo equivalente a 67,36%, mas, apesar da grande frequência de apenas uma classe, a concentração de cicatrizes ficou dividida entre maciços costeiros e escarpas serranas, com 42,87% e 57,14%, respectivamente. O PE foi maior nas áreas de maciços costeiros, com 0,23%, resultado da grande concentração de cicatrizes em contraste com uma pequena frequência da classe no município, 11,03%.

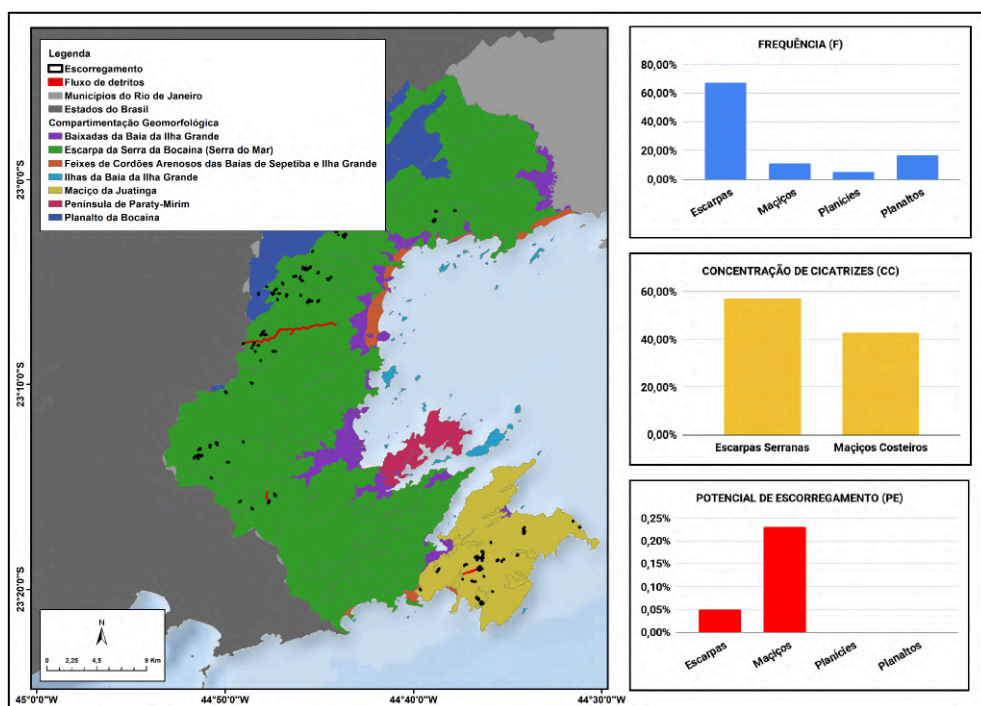
Figura 5: Mapa de unidades geológicas de Paraty e índices de Frequência de classes, Concentração de Cicatrizes e Potencial de Escorregamento associado às unidades geológicas das encostas.



Fonte: Os autores, 2025

Outros trabalhos realizados no campo da geomorfologia reafirmam a importância do papel dos relevos serranos na deflagração de movimentos gravitacionais, como Cerri (2018) e Silva (2010), que reforçam o papel das estruturas geológicas comuns em tais regiões, e Fernandes et al. (2004) e Vieira et al (2010) ao indicar as classes de declividades mais suscetíveis a tais processos.

Figura 6: Mapa de compartimentação geomorfológica de Paraty e índices de Frequência de classes, Concentração de Cicatrizes e Potencial de Escorregamento associado à compartimentação geomorfológica das encostas.



Fonte: Os autores, 2025

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os inventários de movimento de massa representam uma importante etapa na construção de mapeamentos de suscetibilidade mais precisos. Entretanto, é necessário destacar a caracterização topográfica como etapa essencial em tal processo, já que fornece informações fundamentais para identificação de padrões na instabilidade de encostas, sendo capaz de aprimorar modelos de previsão. A topografia, ao atuar como um dos principais fatores condicionantes na ocorrência dos escorregamentos, auxilia na sistematização e detalhamento nos estudos de riscos ambientais e geológicos, tornando-se um campo indispensável para o avanço científico e para criação de estratégias de gestão territorial mais eficazes.



Palavras-chave: Serra do Mar; Inventário; Controle Topográfico.

REFERÊNCIAS

- CERRI, R. A. **Estudo de estabilidade de encostas utilizando modelagem numérica tridimensional**. 2018. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.
- CONRAD, Olaf et al. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v.2.1.4. **Geoscientific Model Development**, [S.l.], v. 8, n. 7, p. 1991–2007, 2015.
- DIAS, Tulus et al. **Caracterização dos depósitos da corrida de detritos no córrego Guarda-Mão, Itaoca/SP, utilizando drone**. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2016, Porto Alegre: UFRGS, 2016.
- FERNANDES, N. F. et al. Movimentos de massa em encostas: processos, mapeamento e modelagem. In: MENDONÇA, F. A.; DANTAS, E. W. (Org.). **Geografia física: temas e metodologias de pesquisa**. São Paulo: Contexto, 2004. p. 123–145.
- GAO, J. Identification of Topographic Settings Conducive to Landsliding From Nelson County, Virginia, U.S.A. **Earth Surface Processes and Landforms**: 579–591, 1993.
- GUIMARÃES, R. F. **Utilização de um modelo de previsão de áreas suscetíveis a escorregamentos rasos com controle topográfico: adequação e calibração em duas bacias de drenagem**. 2000. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- 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:10.1016/J.EARSCIREV.2012.02.001
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Estudos das instabilizações de encostas da Serra do Mar na região de Cubatão**. São Paulo: IPT, 1984.
- LOPES, R. P. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2006.
- MARTINS, Tiago Damas et al. Análise dos parâmetros morfológicos de escorregamentos rasos na Serra do Mar, Paraná. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 63, p. 223–236, 2017.
- NERY, Tulus Dias. **Estudo de caso: escorregamentos e ocupação urbana na Serra do Mar – Cubatão (SP)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- SILVA, Luiz Guilherme Almeida Eirado. **A interação entre os eventos tectônicos e a evolução geomorfológica da Serra da Bocaina, Sudeste do Brasil**. 2006.
- SILVA, R. A. **Análise de estabilidade de taludes em áreas de risco no município de São Paulo**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- VIEIRA, Bianca Carvalho. Modelos em geografia física: conceitos e aplicações na previsão de escorregamentos. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 1, p. 194–206, 2007.
- VIEIRA, B. C.; FERNANDES, N. F.; FILHO, O. A. Shallow landslide prediction in the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 10, n. 9, p. 1829–1837, 2010.