



## ANÁLISE ESPACIAL INTEGRADA DOS FATORES DE RISCO GEOMORFOLÓGICO NO 1º DISTRITO DE PETRÓPOLIS (RJ)

Giselle Ferreira Borges <sup>1</sup>  
Andre de Souza Avelar <sup>2</sup>

### RESUMO

Petrópolis, situada na Região Serrana do Rio de Janeiro, apresenta elevada vulnerabilidade a desastres naturais, especialmente no 1º Distrito, área central do município. A combinação do relevo montanhoso, do crescimento urbano desordenado e das chuvas intensas contribui para a recorrência de deslizamentos, alagamentos e instabilidades geomorfológicas. A ocupação irregular de encostas e margens fluviais agrava ainda mais a instabilidade do solo, aumentando os riscos para a população. Este estudo objetivou mapear e analisar, de forma integrada, os fatores condicionantes dos riscos geomorfológicos na região, com ênfase na identificação de áreas prioritárias para ações preventivas e adaptativas. A pesquisa foi desenvolvida por meio da integração de dados geotécnicos, hidrológicos, topográficos e de uso do solo, utilizando tecnologias como sensoriamento remoto, geoprocessamento e análise espacial. Imagens de satélite e dados topográficos fornecidos pela Prefeitura de Petrópolis subsidiaram o levantamento hidrológico e geotécnico. A classificação do uso e cobertura do solo foi realizada por métodos supervisionados, identificando categorias como áreas urbanas, vegetação e solo exposto. A análise indicou que as áreas de maior risco se concentram em encostas com declividade superior a 30°, ocupação urbana densa e hidrografia modificada. O mapa identificou áreas de risco que demandam intervenções imediatas, tais como obras de contenção e reflorestamento. Os resultados fornecem subsídios técnicos essenciais para a formulação de políticas públicas voltadas à prevenção de desastres e à promoção da segurança e sustentabilidade urbana.

**Palavras-chave:** Geotecnologias; Instabilidade de Encosta; Planejamento Urbano.

### INTRODUÇÃO

A cidade de Petrópolis, situada na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, enfrenta historicamente graves problemas relacionados à ocorrência de desastres naturais, sobretudo no 1º Distrito, região que concentra elevada densidade populacional e infraestrutura urbana. A combinação de fatores naturais, como relevo montanhoso, solos intensamente intemperizados e alto índice pluviométrico, e ações antrópicas, como a expansão urbana desordenada em áreas de risco, torna o território altamente vulnerável a

---

<sup>1</sup> Professora Doutora do Instituto de Educação Santo Antônio IESA- RJ, giborgesgeouff@gmail.com;

<sup>2</sup> Professor Doutor do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ, andre.avelar@globocom;



processos geomorfológicos, tais como deslizamentos, inundações e enxurradas (GUERRA; CUNHA, 2022).

A distribuição espacial dos riscos naturais em Petrópolis, especialmente no 1º Distrito, é determinada por uma interação complexa entre os elementos físicos do relevo e os padrões de ocupação urbana. O relevo montanhoso, típico da Serra do Mar, com declividades acentuadas, favorece a instabilidade das encostas, sobretudo em áreas onde houve alteração da cobertura vegetal e intensificação dos processos erosivos (GUERRA; CUNHA, 2022). A presença de solos tropicais profundamente intemperizados, como latossolos e cambissolos, potencializa a susceptibilidade a deslizamentos, especialmente sob condições de elevada umidade.

Por outro lado, a expansão urbana desordenada, sem critérios técnicos para avaliação de risco, amplia a vulnerabilidade da população frente a esses processos. Ocupações irregulares em áreas de encosta e margens de rios, frequentemente associadas à baixa renda e à ausência de infraestrutura urbana adequada, resultam em maior exposição a desastres naturais (CEMADEN, 2023; FREITAS; MORAES, 2019). A remoção da vegetação nativa e a impermeabilização do solo reduzem a infiltração e aumentam o escoamento superficial, agravando os riscos de enxurradas e inundações (GUERRA; SOUZA, 2021).

Portanto, é a combinação entre a predisposição natural da paisagem e a ocupação antrópica inadequada que explica a distribuição espacial dos riscos. Essa realidade exige uma abordagem integrada que articule planejamento urbano, gestão ambiental e tecnologias geoespaciais (CUNHA; FREITAS, 2020).

Eventos extremos recentes, como os desastres ocorridos em 2011 e 2022, evidenciam a urgência de uma abordagem preventiva pautada no conhecimento técnico e científico. Relatórios do CEMADEN (2023) classificam Petrópolis entre os municípios brasileiros com maior suscetibilidade a desastres, revelando a lacuna entre o crescimento urbano e o ordenamento territorial orientado por critérios ambientais.

Nesse contexto, o uso de geotecnologias, como o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), constitui um instrumento fundamental para a identificação e gestão das áreas de risco. Essas ferramentas possibilitam análises multiescalares e integradas, essenciais para subsidiar políticas públicas de prevenção e adaptação (CUNHA; FREITAS, 2020; BRITO; CARDOSO, 2023).



A vulnerabilidade da população metropolitana diante dos desastres naturais é um fenômeno recorrente e agravado por processos de urbanização desordenada, ausência de planejamento territorial e deficiências nas políticas habitacionais. A análise integrada dos fatores condicionantes dos riscos geomorfológicos permite não apenas identificar áreas críticas, mas também compreender os mecanismos que perpetuam a vulnerabilidade socioambiental. Tal abordagem é estratégica para promover um modelo de desenvolvimento urbano sustentável e resiliente, sobretudo em regiões montanhosas, onde os impactos de eventos extremos tendem a ser mais severos (GUERRA; SOUZA, 2021; MARTINS *et al.*, 2022).

Além disso, a utilização de métodos técnicos e participativos potencializa a efetividade do planejamento urbano ao priorizar intervenções baseadas em evidências científicas (VALERIANO *et al.*, 2016). Trata-se, portanto, de uma contribuição relevante tanto para a gestão de riscos quanto para a formulação de políticas públicas ambientalmente responsáveis.

Este estudo destaca-se por contribuir diretamente ao avanço das análises territoriais aplicadas à gestão de riscos em áreas urbanas sensíveis. Ao articular fundamentos da Geografia Física, das Geotecnologias e do Planejamento Urbano, promove uma leitura integrada do espaço urbano vulnerável, alinhada às recomendações de órgãos como o CEMADEN, o IBGE e a Defesa Civil Nacional.

Ademais, reforça a necessidade de transição para modelos urbanos mais resilientes, conforme defendido por autores como Guerra e Cunha (2022), Brito e Cardoso (2023) e Valeriano *et al.* (2016), dialogando ainda com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 11 e 13), ao propor soluções baseadas em evidências para reduzir riscos e fortalecer a adaptação às mudanças climáticas.

## **METODOLOGIA**

### **ÁREA DE ESTUDO**

O 1º Distrito de Petrópolis, núcleo histórico e econômico da cidade, apresenta alta densidade populacional e relevo fortemente dissecado, com altitudes entre 500 e 1300 metros e declividades muitas vezes superiores a 30° (FREITAS; CUNHA, 2019). A geologia local é dominada por rochas gnáissicas, suscetíveis à alteração química, e solos



profundos, intensamente intemperizados e instáveis quando saturados, fatores que elevam a vulnerabilidade a deslizamentos e erosões (KLINK; MACHADO, 2021; MARTINS *et al.*, 2022).

Essa configuração física, somada ao regime pluviométrico elevado típico da Região Serrana, cria condições propícias para desastres naturais (GUERRA; SOUZA, 2021). Ademais, a ocupação urbana desordenada, sobretudo em áreas de encosta e margens de rios, amplia a exposição da população aos riscos geológicos, conforme destacado por Cunha e Freitas (2020). Por isso, conhecer as características naturais e antrópicas dessa área é fundamental para a elaboração de estratégias eficazes de prevenção e mitigação.

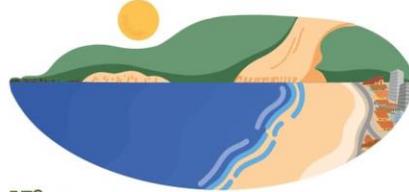
## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada da seguinte forma: primeiramente, realizou-se o levantamento de dados e o pré-processamento das informações disponíveis. Para isso, foram utilizados dados topográficos, incluindo Modelos Digitais de Elevação (MDE) e imagens de satélite fornecidas pela Prefeitura de Petrópolis, além da elaboração de mapas temáticos.

Em seguida, procedeu-se ao processamento desses dados em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Nessa etapa, foram elaboradas cartas temáticas referentes ao mapeamento geotécnico, uso e cobertura do solo, proximidade das drenagens e densidade de ocupação urbana. Para a classificação do uso do solo, aplicou-se a técnica de classificação supervisionada, que permitiu identificar categorias como áreas urbanizadas, vegetação arbórea, solo exposto e corpos d'água.

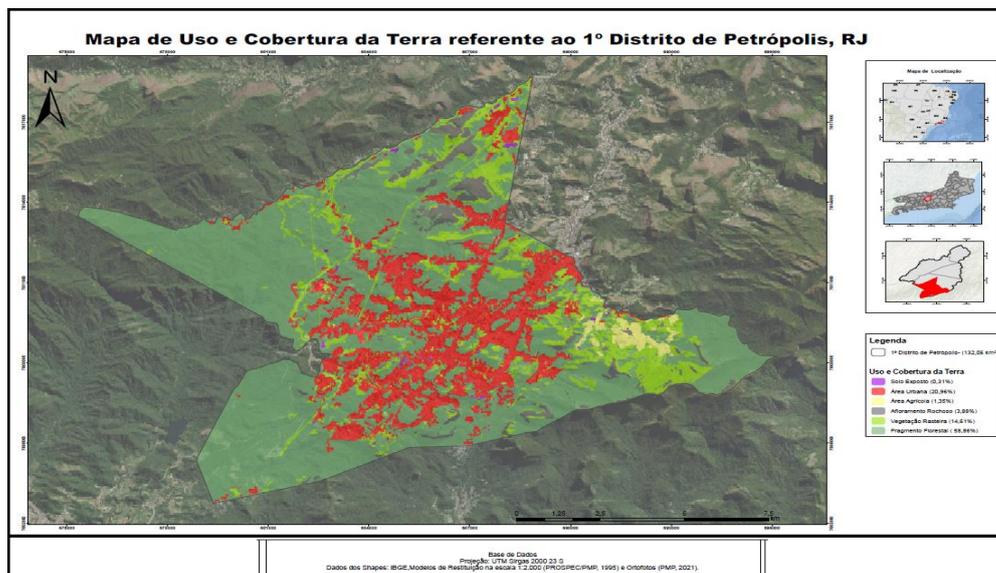
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O mapa apresenta a distribuição do uso e cobertura do solo no 1º Distrito de Petrópolis, destacando o fragmento florestal (58,06%), com predominância de áreas fragmentadas de vegetação nativa, o que indica uma paisagem muito impactada pela atividade antrópica, porém ainda com remanescentes florestais significativos (Fig. 1).



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

Fig. 1: Distribuição do Uso e Cobertura da Terra, 2024.



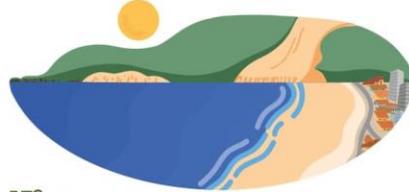
Fonte: Autores.

A análise espacial da distribuição do uso do solo em regiões montanhosas urbanizadas, como Petrópolis, demonstra um cenário típico de forte pressão antrópica sobre o ambiente natural. Segundo Freitas *et al.* (2020), a expansão urbana em áreas de relevo acidentado promove a fragmentação florestal, resultando em perda da conectividade dos habitats naturais e aumento do risco de desastres geológicos, como deslizamentos.

Além disso, o predomínio de fragmentos florestais menores, conforme apresentado no mapa, está alinhado com estudos de Klink e Machado (2021), que ressaltam que a fragmentação da vegetação nativa reduz a biodiversidade local e compromete os serviços ambientais essenciais, como regulação hídrica e controle de erosão. Essas consequências são especialmente graves em regiões com alta declividade, como o 1º Distrito de Petrópolis.

O percentual significativo de área urbana (20,96%) aponta para o contínuo processo de urbanização acelerada em Petrópolis, o que, segundo Silva e Souza (2019), está relacionado à ocupação irregular em áreas de risco e à pressão por infraestrutura, que frequentemente desconsidera a vulnerabilidade ambiental. O crescimento urbano não planejado pode agravar os riscos de enchentes e deslizamentos, comuns na região.

A vegetação rasteira, com 14,61%, pode ser interpretada como áreas em transição, de regeneração ou zonas degradadas. De acordo com Cunha *et al.* (2022), a restauração



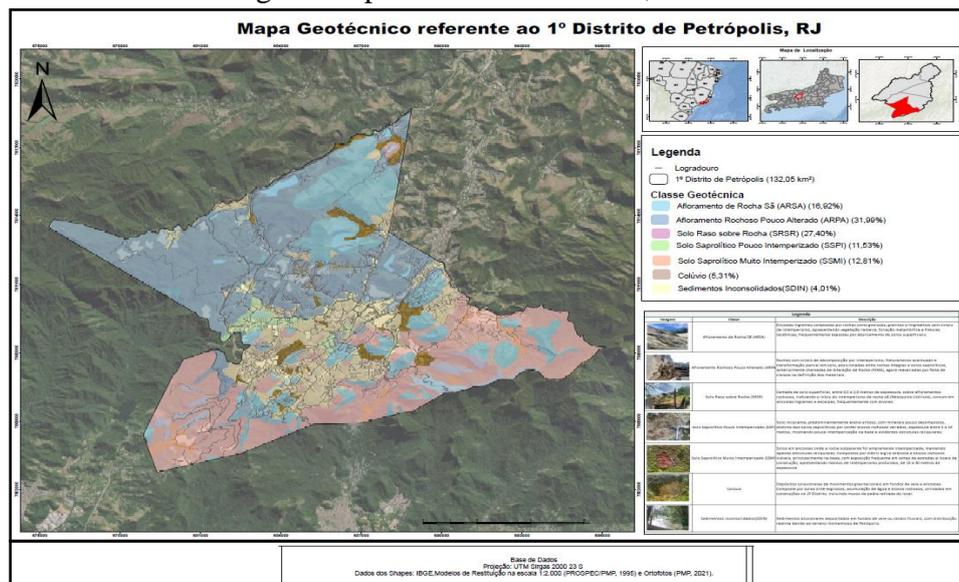
## 15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

ecológica dessas áreas é crucial para melhorar a qualidade ambiental e reduzir vulnerabilidades socioambientais em municípios com relevo complexo.

Por fim, a baixa representatividade das áreas agrícolas (1,35%) reflete a transformação do uso do solo para funções urbanas e residenciais, condizente com o processo de desagrarização observado em muitas regiões metropolitanas brasileiras, conforme apontam Oliveira e Santos (2023).

A análise geotécnica é fundamental para o planejamento urbano e gestão de riscos em áreas montanhosas como Petrópolis (Fig. 2). Segundo Saito *et al.* (2021), regiões com solos saprolíticos muito intemperizados e colúvios possuem alta vulnerabilidade à ocorrência de deslizamentos, principalmente durante eventos de chuvas intensas, fenômeno frequente em Petrópolis. Essas condições exigem monitoramento rigoroso e políticas públicas que restrinjam a ocupação desordenada.

Fig. 2: Mapeamento Geotécnico, 2024.



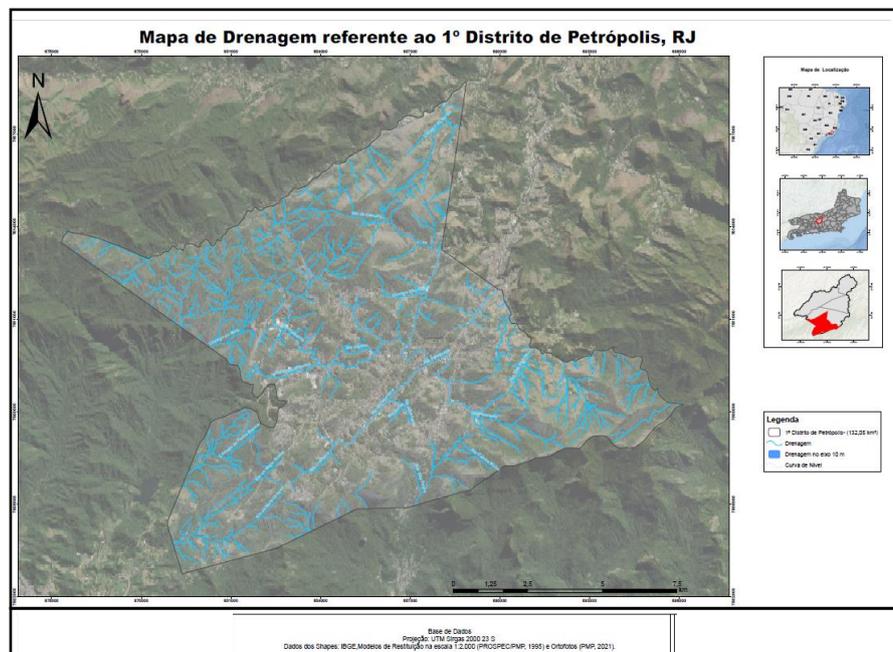
Fonte: Autores.

Além disso, estudos de Pereira e Silva (2020) apontam que a expansão urbana sem o devido estudo geotécnico em áreas com solos rasos e sedimentares pode intensificar processos erosivos e aumentar os riscos socioambientais, afetando diretamente a segurança da população. Costa *et al.* (2019) ressaltam a importância de integrar mapas geotécnicos com ferramentas de geoprocessamento (GIS) para identificar áreas críticas e

planejar intervenções preventivas, contribuindo para o ordenamento territorial e mitigação de desastres.

Analisando o mapa de drenagem referente ao 1º Distrito de Petrópolis, observa-se uma extensa rede hidrográfica que se distribui por todo o território, caracterizado por relevo montanhoso e altamente fragmentado (Fig. 3). Os cursos d'água, representados em azul claro, seguem a topografia acentuada, refletindo o padrão de drenagem dendrítico típico de regiões com solos e rochas suscetíveis à erosão (Kondolf *et al.*, 2019). Essa rede densa indica forte conexão entre a hidrografia e os processos geomorfológicos, como a suscetibilidade a enxurradas e inundações, especialmente nas áreas urbanizadas.

Fig. 3: Distribuição dos corpos hídricos.



Fonte: Autores.

A presença de numerosos córregos e rios em um relevo com declividades elevadas potencializa a ocorrência de processos erosivos e movimentos de massa, conforme destacado por Freitas e Cunha (2019), que ressaltam a importância da análise da drenagem para compreender a dinâmica das bacias hidrográficas em regiões montanhosas.

A rede de drenagem atua como canal preferencial para o escoamento superficial, e sua modificação antrópica, comum em áreas urbanas densas como o 1º Distrito, pode agravar os riscos de inundações e deslizamentos (Silva *et al.*, 2021). Além disso, a



fragmentação do relevo e a distribuição irregular das drenagens evidenciam desafios para o manejo hídrico, sobretudo quando associada à impermeabilização do solo decorrente da ocupação urbana.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada dos riscos geomorfológicos no 1º Distrito de Petrópolis demonstrou que a combinação entre fatores naturais, como a declividade e o regime hidrológico, e antrópicos, como o uso inadequado do solo e a ocupação de encostas, constitui a base da vulnerabilidade territorial do município. A metodologia aplicada, com uso de geotecnologias, revelou-se eficaz na identificação e hierarquização das áreas de risco, oferecendo subsídios técnicos e científicos ao planejamento urbano.

Os resultados reforçam a importância da implementação de políticas públicas voltadas à gestão de riscos, à regularização fundiária em áreas críticas e à promoção de programas de reflorestamento e drenagem urbana sustentável. Intervenções estruturais, como muros de contenção e sistemas de captação pluvial, devem ser acompanhadas por ações de caráter preventivo e educacional.

Ademais, o fortalecimento da governança local, com integração entre órgãos públicos, universidades e comunidades, é essencial para a construção de uma cidade resiliente e preparada para enfrentar os desafios dos desastres naturais, cada vez mais frequentes e intensos em decorrência das mudanças climáticas.

**Palavras-chave:** Trabalho completo; Normas científicas, Congresso, Realize, Boa sorte.

## REFERÊNCIAS

BRITO, A. L.; CARDOSO, M. F. Riscos naturais e planejamento urbano: metodologias aplicadas ao mapeamento em áreas de encostas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, n. 2, 2023.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Relatório de áreas de risco no Brasil. 2023. Disponível em: <https://www.cemaden.gov.br>. Acesso em: 27 jul. 2025.

COSTA, F. C.; ALMEIDA, M. S.; OLIVEIRA, R. P. Aplicação de SIG na gestão de riscos geotécnicos em Petrópolis. *Geografia*, v. 44, n. 3, p. 255–270, 2019.



CUNHA, L. M.; FREITAS, D. F. Geotecnologias aplicadas à gestão de riscos naturais: uma abordagem multicritério. *Revista Geosp*, v. 24, 2020.

CUNHA, P. L. et al. Restauração ecológica e recuperação de áreas degradadas em regiões montanhosas. *Ambiente & Sociedade*, v. 25, e02123, 2022.

FREITAS, L. M.; MORAES, R. L. Análise de vulnerabilidade socioambiental em áreas de risco no Sudeste brasileiro. *Revista Ambiente & Sociedade*, v. 22, 2019.

FREITAS, L. M. et al. Urbanização e riscos geológicos em áreas montanhosas: desafios para o planejamento territorial. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 4, p. 176–189, 2020.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Geomorfologia e riscos naturais: uma abordagem integrada*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2022.

GUERRA, A. J. T.; SOUZA, A. R. *Desastres naturais no Brasil: causas, impactos e políticas públicas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Fragmentação florestal e conservação da biodiversidade no Brasil. *Ciência e Ambiente*, v. 45, p. 12–25, 2021.

KONDOLF, G. M. et al. Changing sediment budgets in rivers: implications for restoration. *Environmental Management*, 2019.

MARTINS, E. A.; OLIVEIRA, P. H.; SANTOS, D. M. Eventos extremos e desastres urbanos: análise da vulnerabilidade em áreas montanhosas. *Cadernos Metrópole*, v. 24, 2022.

OLIVEIRA, F. J.; SANTOS, D. M. Transformações do uso do solo no entorno de grandes centros urbanos: impactos e tendências. *Geografia e Desenvolvimento*, v. 28, n. 1, p. 89–102, 2023.

PEREIRA, R. M.; SILVA, J. A. Uso do solo e vulnerabilidade geotécnica em áreas montanhosas: implicações para o planejamento urbano. *Cadernos de Geografia*, v. 40, n. 70, p. 105–123, 2020.

SAITO, L. T. et al. Riscos geotécnicos em áreas urbanas de relevo acidentado: estudos de caso no sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 51, n. 2, p. 367–383, 2021.

SILVA, J. P. et al. Impactos da impermeabilização do solo na dinâmica de enchentes em áreas urbanas. *Revista de Geografia Ambiental*, 2021.

SILVA, M. T.; SOUZA, R. F. Expansão urbana e vulnerabilidade socioambiental: o caso de Petrópolis, RJ. *Revista de Gestão Ambiental*, v. 10, n. 3, p. 45–60, 2019.

VALERIANO, M. M. et al. *Modelagem de terrenos para estudos ambientais*. São José dos Campos: INPE, 2016.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

